



ARTICLES/ARTIGOS/ARTÍCULOS/ARTICLES

Mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari – SP

Graduada Thais Michele Rosan

Graduação em Geografia. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *Campus* de Presidente Prudente. Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305, CEP 9060-900 - Presidente Prudente, SP. E-mail: tmrgeo@gmail.com

Graduada Talita Lopes Ruano

Graduação em Geografia. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *Campus* de Presidente Prudente. Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-900 - Presidente Prudente, SP. E-mail: tl.ruano@uol.com.br

Doutor Enner Herenio de Alcântara

Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, Departamento de Cartografia. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *Campus* de Presidente Prudente. Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-900 - Presidente Prudente, SP. E-mail: enner@fct.unesp.br

RESUMO

ARTICLE HISTORY

Received: 12 July 2013

Accepted: 20 December 2013

PALAVRAS-CHAVE:

Mapeamento

Uso e cobertura da terra

Bacia hidrográfica

Geoprocessamento

O mapeamento do uso e cobertura da terra é fundamental para subsidiar o planejamento e o ordenamento territorial das bacias hidrográficas, cuja finalidade é garantir a qualidade e a disponibilidade dos recursos naturais existentes, assim como orientar a tomada de decisão nessa unidade de estudo para fins de planejamento. Estes estudos também representam um importante instrumento de avaliação de impactos ambientais, contribuindo para a identificação de alternativas que visam o desenvolvimento de técnicas para a recuperação dessas áreas. Dessa forma este trabalho tem como objetivo delimitar a bacia hidrográfica do rio Mandaguari automaticamente via técnicas de geoprocessamento e mapear o uso e cobertura da terra. Para a execução deste trabalho foram necessárias algumas etapas, como a delimitação automática da bacia

hidrográfica, assim como a elaboração de um mapa de uso e cobertura da terra de 2013 utilizando imagens do sensor Operational Land Imager (OLI) a bordo do Landsat 8.

KEY-WORDS:
Mapping;
Land Use Land Cover
Watershed
Geoprocessing

ABSTRACT – LAND USE AND LAND COVER MAPPING IN THE MANDAGUARI RIVER BASIN - SP. The mapping of Land Use Land Cover (LULC) is fundamental to subsidize the territorial planning in the watersheds, for which purpose is ensure the quality and availability of natural resources and guide decisions for planning purposes. These studies represent an important assessment tool for environmental impacts, contributing to identify alternatives which aimed to development techniques for recovering these areas. Therefore, this work aims to delimit the watershed of Mandaguari River automatically by geoprocessing techniques and mapping Land Use Land Cover. For execution of this work some steps were necessary, automatic delimitation of watershed, elaboration of LULC map of 2013 using sensor images of Operational Land Imager (OLI) on board of Landsat 8.

PALABRAS-CLAVE:
Cartografía
Uso y cobertura de la tierra
Cuenca hidrográfica
Geoprociamiento

RESUMEN: CARTOGRAFÍA DEL USO Y COBERTURA DE LA TIERRA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL "RIO MANDAGUARI – SP". La cartografía del uso y cobertura de la tierra es fundamental para subsidiar la planificación y el ordenamiento territorial de las cuencas hidrográficas, cuya finalidad es garantizar la calidad y la disponibilidad de los recursos naturales existentes, así como orientar la toma de decisiones en esa unidad de estudio para fines de planificación. Estos estudios también representan una importante herramienta para la evaluación de impactos ambientales, contribuyendo para la identificación de alternativas que tiene como objetivo el desarrollo de técnicas para la recuperación de esas zonas. Así, este estudio tiene como objetivo delimitar la cuenca hidrográfica del río Mandaguari automáticamente a través de técnicas de geoprociamiento y mapear el uso y cobertura de la tierra. Para la ejecución de este trabajo fueron necesarias algunas etapas, como la delimitación automática de la cuenca hidrográfica, así como la elaboración de un mapa de uso y cobertura de la tierra de 2013 utilizando imágenes del sensor *Operational Land Imager* (OLI) a bordo del Landsat 8.

Introdução

O conhecimento sobre o uso e cobertura da terra consiste em identificar as diferentes formas de apropriação do ambiente, ferramenta fundamental para ser

utilizada na gestão pública como subsidio as políticas de planejamento e ordenamento territorial.

“No contexto das mudanças globais, os levantamentos de uso e de cobertura da terra fornecem subsidios para as análises e avaliações dos impactos ambientais, como os provenientes de desmatamentos, da perda da biodiversidade, das mudanças climáticas, das doenças reincidentes, ou, ainda, dos inúmeros impactos gerados pelos altos índices de urbanização e pelas transformações rurais que se cristalizam em um grande contingente de população sem emprego, vivendo nos limites das condições de sobrevivência. (SANTOS, 1988).

Rosa (1992) destaca que a expressão “uso da terra”, pode ser entendida como a forma pela qual o espaço está sendo apropriado pelo homem e quais são os impactos causados pelo tipo de exploração; ou seja, se é explorado de forma sustentável mantendo a qualidade ambiental.

É sabido que os desequilíbrios sociais, a pressão que o capital exerce sobre os recursos naturais, a má gestão e a falta de conscientização da população contribuem para a degradação ambiental. Esse processo é afirmado por Santos (1988) “em cada região do País os problemas se repetem, mas também se diferenciam a partir das formas e dos tipos de ocupação e do uso da terra, que são delineados a partir dos processos definidos nos diferentes circuitos de produção”.

Silva (1995, p.18) acredita que ao mostrar de forma sistemática as razões e os resultados da interferência do homem sobre o ambiente, a Geografia torna-se um veículo poderoso de conscientização quanto aos problemas de desequilíbrios ambientais na ocupação desordenada do território.

O avanço das tecnologias espaciais e a disponibilidade de dados de sensores remotos propiciou um grande progresso para os estudos de uso e cobertura da terra. De acordo com Câmara e Medeiros (1998) o geoprocessamento oferece, por meio de seus instrumentos computacionais, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), análises complexas, além de automatizar a produção de documentos cartográficos. Por meio desta ferramenta, é possível elaborar o mapeamento sistemático da área de estudo em um menor tempo, com custos, relativamente mais baixos, do que métodos tradicionais, como a utilização de fotografias aéreas.

As vantagens de se utilizar dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento para o levantamento dessas informações é a de atingir áreas remotas de difícil acesso, além da repetitividade de imageamento, propiciando o monitoramento dessas áreas.

Uma das técnicas mais utilizadas para a extração de informações das imagens é a classificação supervisionada, na qual é necessário que o usuário possua conhecimento prévio da área a ser classificada.

Desse modo, este trabalho tem como objetivo realizar o mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari a fim de traçar um panorama atual e contribuir para a tomada de decisão e planejamento desta área.

Material e métodos

Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Mandaguari (Figura 1) situa-se no oeste do estado de São Paulo e deságua no Rio do Peixe, entre as coordenadas 51°41'10" O 22°22'20" S e 51°12'00" L 21°82'00" N.

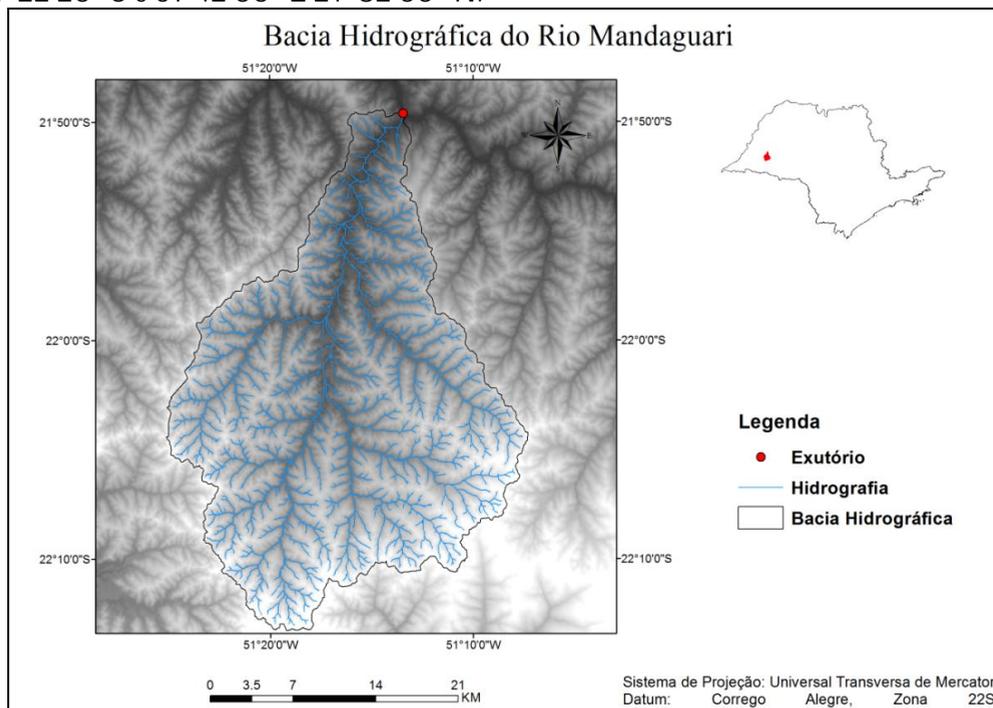


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Mandaguari.

A bacia hidrográfica localiza-se entre os municípios de Anhumas, Caiabu, Martinópolis, Indiana, Presidente Prudente e Regente Feijó, com algumas nascentes já degradadas visto que estão próximas a áreas urbanas.

Essa área apresenta crescente expansão da monocultura da cana-de-açúcar em decorrência da instalação da Usina de açúcar e álcool Alto Alegre inaugurada em 1996. A cultura da cana-de-açúcar vem se expandindo do médio curso do rio Mandaguari para o baixo curso, o que tem causado alguns impactos ambientais, como a poluição do solo e água, além do desmatamento de áreas de preservação permanente para a plantação de cana-de-açúcar.

Dados

Dados de Sensoriamento Remoto

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados de altimetria do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizados pela Embrapa, disponível em < <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm>>, folhas SF-22-V-D e SF-22-Y-B.

Foi utilizada a imagem do sensor OLI (*Operational Land Imager*) a bordo do satélite landsat 8, da data 1 de Maio de 2013, órbita/ponto: 222/75, adquiridas no endereço eletrônico

<<http://glovis.usgs.gov/>>, composição colorida R (6) G (5) B (4).

Procedimentos Metodológicos

Delimitação Automática da Bacia Hidrográfica

O primeiro passo para o mapeamento do uso e cobertura da terra é realizar a delimitação da bacia hidrográfica em estudo em um Sistema de Informações Geográficas na qual são

“utilizadas informações de relevo, que podem ser representadas por uma estrutura numérica de dados correspondente à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno, denominada Modelo Numérico de Terreno (MNT). O MNT pode ser obtido por meio da interpolação de curvas de nível extraídas de uma carta topográfica ou através de imagens de sensores remotos.” (SOBRINHO et al, 2010)

Para realizar a delimitação automática da bacia hidrográfica via dados topográficos do SRTM, foi utilizado a extensão *Spatial Analyst* do software ArcGIS®. Os procedimentos consistiram nas seguintes etapas (ver Figura 2): 1) Preenchimento de falhas nos dados topográficos do SRTM (Fill Sinks) originadas da presença de corpos hídricos e relevo acidentado que causa sombreamento; 2) Determinação da Direção de Fluxo na área de estudo (Flow Direction), para definir as relações hidrológicas entre pontos diferentes dentro de uma bacia; 3) Determinação da acumulação de fluxo (Flow Accumulation), para definir o grau de confluência do escoamento associado ao comprimento de rampa, ou seja, a área de captação; 4) Delimitação da rede drenagem (Watershed), na qual é utilizado o dado matricial de direção de fluxo e fluxo acumulado para extrair a drenagem; 5) Delimitação da bacia por meio da ferramenta *watershed*, utilizando um dado do tipo vetorial *para indicar o exutório da bacia que se deseja delimitar.*

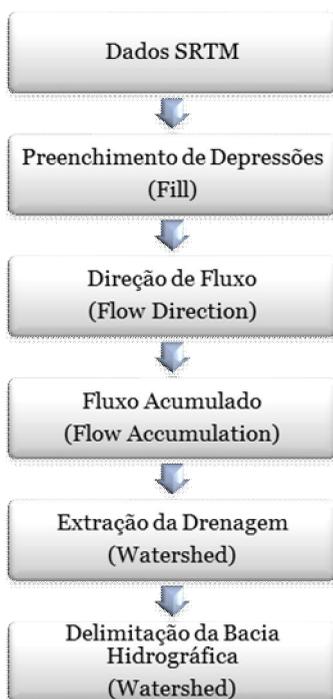


Figura 2 – Principais etapas para a delimitação automática da bacia hidrográfica.

Dados Morfométricos

Os dados derivados de radares (MNT – Modelo Numérico de Terreno) e interpretação de imagens de satélite são essenciais para estudos em bacias hidrográficas, visto que permite um levantamento mais rápido de informações morfométricas, como declividade e hipsometria.

Para a elaboração dos mapas hipsométrico e de declividade utilizamos os dados de altimetria do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), as curvas de nível foram extraídas a partir da ferramenta contour da extensão *3D Analyst* do ArcGIS®, com equidistância de 20 metros. Posteriormente, foi criada uma grade TIN (Triangulated Irregular Network) para gerar o mapa hipsométrico.

Na elaboração do mapa de declividade foi utilizada a ferramenta *Slope* da extensão *3D Analyst*. O fatiamento das classes de declividade foi elaborado de acordo com as fases do relevo da Embrapa (2006). A figura 3 apresenta os procedimentos utilizados para a elaboração de ambos os mapas.

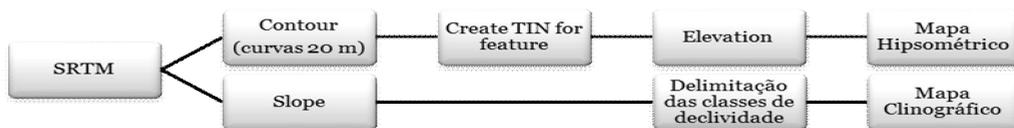


Figura 3 – Etapas para a elaboração dos mapas de hipsometria e declividade em ambiente ArcGIS.

Classificação do Uso e Cobertura da terra

Para gerar o mapa de uso e cobertura da terra a imagem do sensor OLI/Landsat-8 foi co-registrada utilizando como referência as cartas topográficas vetoriais do IBGE na escala de 1:50.000, disponível em <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapeamento_sistemático/topograficos/escala_50mil/>, para tanto foi utilizado o *software* ArcGIS®. Para a realização desta etapa foi preciso reprojeter a imagem para o mesmo sistema de referência das cartas topográficas. Após o co-registro, a área da bacia hidrográfica foi recortada por meio do limite vetorial da bacia e da ferramenta *extraction by mask*.

O trabalho pautou-se na classificação supervisionada de imagens. Segundo Novo (2008) o analista está em constante interação com o sistema de análise digital, dispondo de informações sobre a cena. Essas informações são utilizadas pelo sistema como “amostras de treinamento”, representando o comportamento médio das classes que serão mapeadas automaticamente.

Para a realização da classificação foi utilizado o aplicativo SPRING (Câmara et al. 2006). Na primeira etapa foram definidas as classes utilizadas para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra e extraídas as amostras de treinamento. De acordo com a realidade do local de estudo e o conhecimento prévio sobre a área, foram definidas as seguintes classes: Água, Área Urbana, Solo exposto, Área de Preservação Permanente (APP)/Mata, Cana-de-açúcar e Pastagem/outros (Tabela 1).

Classe	Características
Água	Área onde se localiza o percurso do rio Mandaguari;
Área Urbana	Áreas residenciais horizontais (casas) ou verticais (prédios), setor de serviços (padarias, mercados, farmácias, clínicas particulares, entre outros) e também por vias de circulação pavimentadas, com grande índice de impermeabilização do solo;
Solo exposto	Área onde o solo está exposto, sem nenhuma cobertura vegetal. Isto é decorrente do solo desta área estar sendo preparado para receber o plantio da cana-de-açúcar
APP e Mata	Representa os trechos que respeitam ou possuem mesmo que de forma rarefeita vegetação no entorno do rio Mandaguari;
Cana-de-açúcar	Áreas onde é realizado o plantio da cana-de-açúcar, estando diretamente relacionado à Usina de Açúcar e Álcool Alto Alegre;
Pastagem/outros	Composta em grande maioria por pasto e gramínea, esta área representa também residências de final de semana (chácaras e sítios) e outras culturas agrícolas de baixa importância.

Tabela 1 - Características das classes de uso e cobertura da terra

Após a extração das amostras de treinamento, foi feita a análise das amostras, com resultado de 0,97% de confusão entre estas. O classificador que apresentou melhor resultado para a classificação foi o de Máxima Verossimilhança.

A classificação por máxima verossimilhança (MaxVer) considera a ponderação das distâncias entre a média dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos (Lillesand, Kiefer e Chipman, 2007). Nessa classificação cada pixel é destinado à classe que tem mais alta probabilidade de ser similar, ou

seja, a máxima verossimilhança. É um classificador mais eficiente porque são utilizadas classes de treinamento para estimar a forma de distribuição dos pixels contidos em cada classe. (MENESES; SANO, 2012, p. 205)

Em seguida, a imagem classificada foi editada por meio da ferramenta edição matricial com a finalidade de corrigir erros, além de melhorar o resultado final do mapa. Nesta etapa foi importante o conhecimento prévio sobre a área de estudo e o comportamento dos alvos.

Após essa etapa, foi feito o mapeamento de classes para imagem temática no SPRING® e esta foi exportada para o aplicativo ArcGIS® para a composição do *layout* final. As etapas da elaboração do mapa de uso e cobertura da terra imagem estão resumidas na Figura 4.

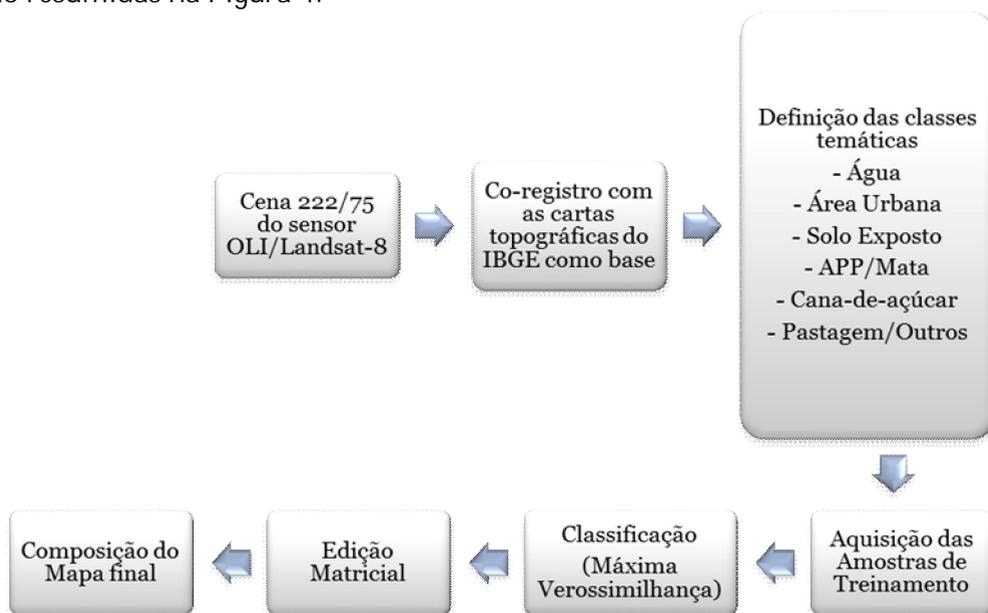


Figura 4 – Etapas da elaboração do mapa de uso e cobertura da terra.

Discussão

Análises Morfométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Mandaguari

O mapa hipsométrico (Figura 5) permite uma melhor avaliação do comportamento do relevo na área de estudo. As cotas altimétricas da área de estudo variam entre 300 a 520 metros. É possível observar que, de acordo com o mapa de uso e cobertura da terra (Figura 7), as áreas urbanas encontram-se nas partes mais elevadas do relevo, entre as cotas de 440 a 520 metros, ou seja, nos espigões, decorrente da construção das cidades ligadas à ferrovia que perpassava pelos espigões das bacias hidrográficas.

Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Mandaguari

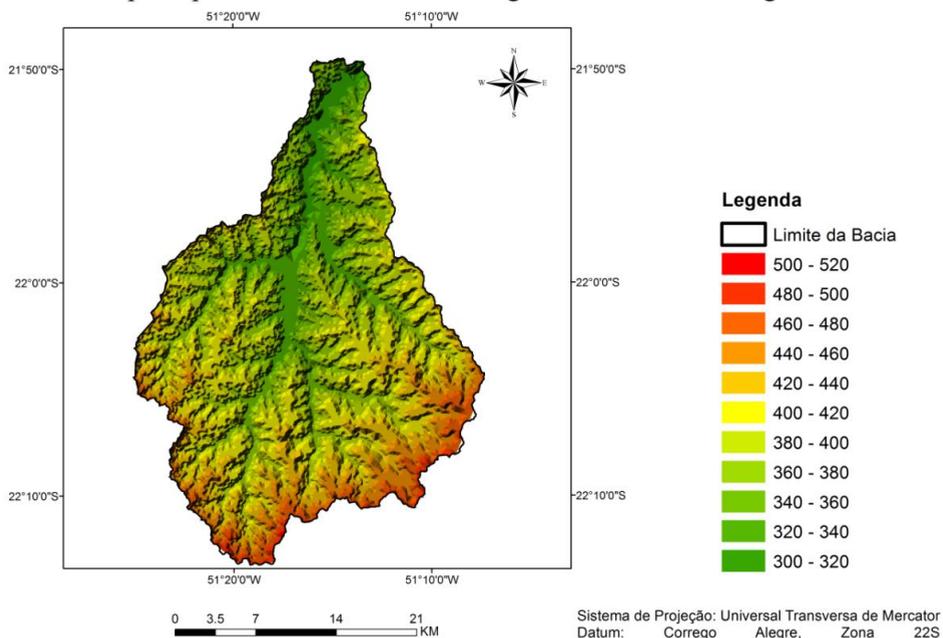


Figura 5 – Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Mandaguari

As classes de declividade foram determinadas de acordo com a proposta da Embrapa (2006). No mapa clinográfico (Figura 6), é possível observar que há predomínio de 3.0 – 8% e 8.0 – 20% de classes de declividade na bacia hidrográfica do rio Mandaguari, tornando-se uma área propícia para a agricultura mecanizada, como vem ocorrendo nas áreas de cana-de-açúcar.

Mapa Clinográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Mandaguari

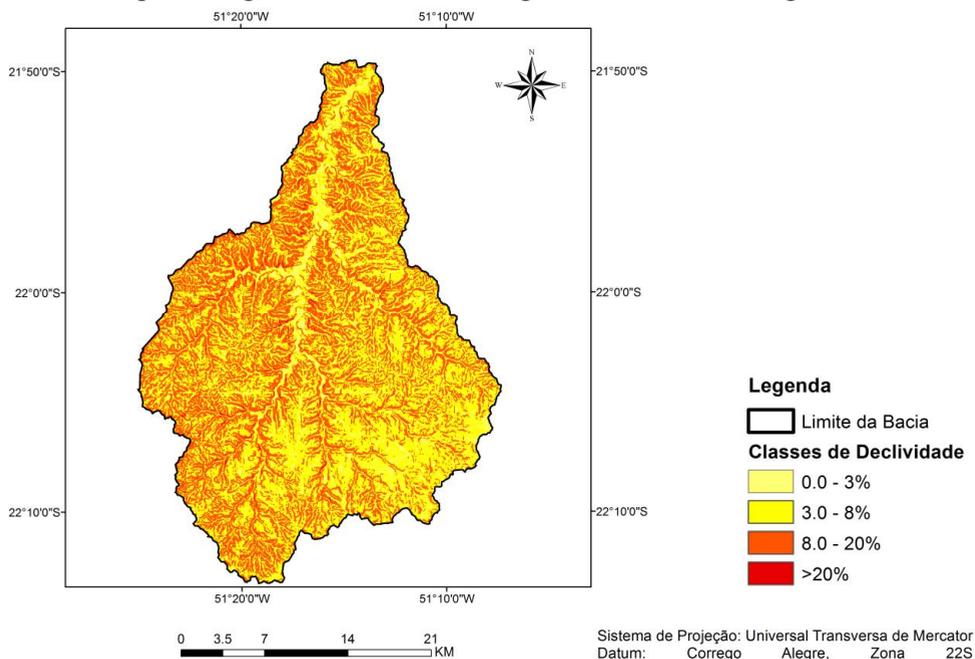


Figura 6 – Mapa Clinográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Mandaguari

Mapa de Uso e Cobertura da terra

O mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Mandaguari (Figura 4) foi elaborado para dar um panorama geral e atual dos quais tipos de uso e cobertura da terra são predominantes.

Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Rio Mandaguari

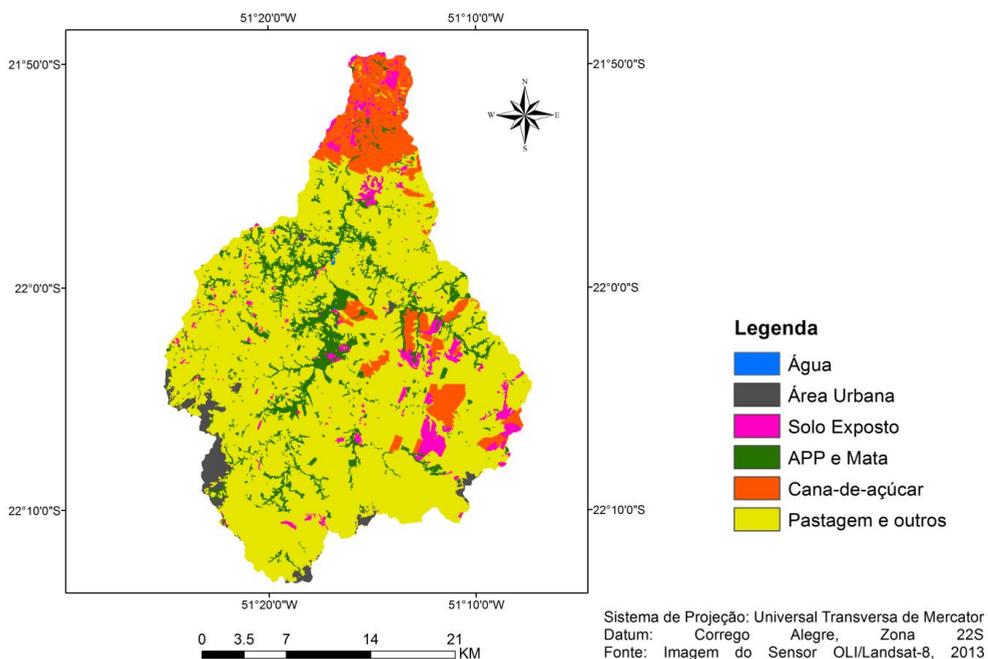


Figura 7 – Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Mandaguari.

Com os dados obtidos por meio da classificação do uso e cobertura da terra foi possível estimar a área ocupada por cada classe (Tabela 2). Pode-se observar que as áreas cobertas por pastagem e outros usos compõem grande parte da bacia hidrográfica. A área de cana-de-açúcar ocupa 72,51 km² da bacia hidrográfica e as de pastagem e outros usos 535,43 km². As áreas de pastagens tem grande potencial de serem diminuídas e ocupadas por outro tipo de uso, principalmente cana-de-açúcar, visto que há forte interesse econômico que a Usina de Açúcar e Álcool da Alto Alegre em expandir suas áreas de produção de cana-de-açúcar.

Classes	Área (km ²)
Água	0,37
Área Urbana	18,66
Solo Exposto	30,74
APP e Mata	76,78
Cana-de-açúcar	72,51
Pastagem e Outros	535,43
Σ	734,49

Tabela 2 – Área (km²) estimada das classes de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Mandaguari

As áreas de preservação permanente e mata ocupam cerca de 76,78 km². É possível inferir observando a figura 7, que em alguns trechos do percurso do rio Mandaguari e seus afluentes a vegetação é muito esparsa, visto que há intensa intervenção antrópica na área. O desmatamento das áreas de preservação permanente nos afluentes do Mandaguari pode desencadear vários impactos ambientais para a conservação dos recursos hídricos nesta área, como a degradação das nascentes e o assoreamento, uma vez que a presença de vegetação tem papel importante para o controle de processos erosivos, diminuição da carga de sedimentos, além da manutenção da biodiversidade.

Outro fator importante é a presença de áreas urbanas (18,66 km²) nas cabeceiras de drenagem da bacia, uma vez que a lógica econômica imobiliária, em muitos casos, se apropria de áreas não propícias para a ocupação urbana, como áreas de nascentes, que são aterradas para a construção de condomínios. Além disso, há o risco de contaminação dos recursos hídricos por resíduos despejados inadequadamente nessas áreas.

Para reverter este cenário se faz precisa a conscientização da população sobre a importância da preservação das áreas de preservação permanente em rios e córregos, além de uma efetiva fiscalização tanto das Prefeituras Municipais envolvidas quanto da própria Polícia Ambiental, a fim de garantir a conservação dos recursos naturais.

Conclusões

O objetivo do presente trabalho foi mapear o uso e cobertura da terra atual na bacia hidrográfica do rio Mandaguari a fim de avaliar e contribuir para o planejamento e preservação dos recursos naturais presentes nessa área de estudo.

A delimitação automática da bacia hidrográfica por meio do SRTM permitiu a otimização do tempo, uma vez que a delimitação tradicional via cartas topográficas demandaria um tempo maior.

A elaboração dos mapas de hipsometria e declividade foram importantes para a análise da morfometria da área de estudo, bem como sua relação do uso e cobertura da terra.

A classificação de imagem por meio do classificador de máxima verossimilhança foi satisfatória, contudo foi preciso à edição matricial para corrigir alguns erros de classificação, o que foi possível em decorrência da experiência prévia e conhecimento da área de estudo, propiciando melhor resultado final.

Por fim, os estudos do uso e cobertura da terra envolvem aspectos naturais e das sociedades que ali habitam, colocando em foco a necessidade de políticas públicas que visam o planejamento e manejo dessas áreas. O mapeamento dessas áreas serve como ferramenta para a avaliação e tomada de decisão dos gestores públicos e privada, para subsidiar a elaboração de políticas públicas e conscientização da população para a preservação dos recursos naturais.

Referências

- CÂMARA, G. S; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: Sistema de Informações Geográficas: Aplicados na agricultura, 2 ed. Brasília: Embrapa, 1998. pp. 3-12.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS U. M.; GARRIDO, J. C. P. Spring: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling. Computers and Graphics, v.15, n.6, p.13-22, 1996.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Brasília, DF: Serviço de Produção de Informação (SPI), 2006.
- LILLESAND, KIEFER E CHIPMAN. Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley; 6 edition (November 6, 2007).
- MENESES, P. R.; SANO, E. E. Classificação Pixel a Pixel de Imagens. In: Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Meses, P. R; Almeida, T. de. (Org.). Brasília, 2012.
- NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações, São Paulo. Blucher, 3ed., 2008.
- ROSA, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto. 2ªed.rev. Uberlândia. Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 1992. 264p.
- SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. O Brasil: território e sociedade no início do século XXI. 6. ed. Rio de Janeiro: Record, 2004. 473 p.
- SANTOS, M; Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia. Colaboração de Denise Elias. São Paulo: Hucitec, 1988. 124 p. (Geografia: teoria e realidade).
- SILVA, J. A. X. da. A pesquisa ambiental no Brasil: uma visão crítica. In: Cadernos de Geociências, Rio de Janeiro: IBGE, n.14, p. 15-27, abr./jun. 1995.
- SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. In: Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.1, p.46-57, jan./fev. 2010.