

Sérgio Campos - Marcelo Campos
Yara Manfrin Garcia - Gabriel Rondina Pupo da Silveira

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO
NA CARACTERIZAÇÃO DE
BACIAS HIDROGRÁFICAS VISANDO
A SUA SUSTENTABILIDADE**

1º Edição

Curitiba
EDITORA REFLEXÃO ACADÊMICA
2021



**Sérgio Campos - Marcelo Campos
Yara Manfrin Garcia - Gabriel Rondina Pupo da Silveira**



**GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA
CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS
HIDROGRÁFICAS VISANDO A SUA
SUSTENTABILIDADE**

1º Edição

**Curitiba
2021**

Copyright © Editora Reflexão Acadêmica
Copyright do Texto © 2021 O Autor
Copyright da Edição © 2021 Editora Reflexão Acadêmica
Editora-Chefe: Profa. Msc. Barbara Bonfim
Diagramação: Sabrina B.
Edição de Arte: Sabrina Binotti
Revisão: Os autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva da autora. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos a autora, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial:

Prof. Dr. Alasse Oliveira da Silva, Universidade Federal Rural Rural da Amazônia - UFRA

Prof. Msc. Mauro Sergio Pinheiro dos Santos de Souza, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

Prof^a. Msc. Rebeka Correia de Souza Cunha, Universidade Federal da Paraíba- UFPB

Prof. Msc. Andre Alves Sobreira, Universidade do Estado do Pará- UEPA

Prof^a. Dr^a. Clara Mariana Gonçalves Lima, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Prof^a. PhD Jalsi Tacon Arruda, Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA

Prof^a. Dr^a. Adriana Avanzi Marques Pinto, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho- UNESP

Prof. Dr. Francisco Souto de Sousa Júnior, Universidade Federal Rural do Semi-Árido -UFERSA

Prof. Dr. Renan Gustavo Pacheco Soares, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE



Reflexão Acadêmica
editora

Ano 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C198p Campos, Sérgio

Geoprocessamento aplicado na caracterização de bacias hidrográficas visando a sua sustentabilidade / Sérgio Campos. Curitiba: Editora Reflexão Acadêmica, 2021. 182 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui: Bibliografia

ISBN: 978-65-84610-03-3

DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000228

1. Bacias hidrográficas. 2. Sustentabilidade. I. Campos, Sérgio. II. Título.

Editora Reflexão Acadêmica
Curitiba – Paraná – Brasil
contato@reflexaoacademica.com.br



Reflexão Acadêmica
editora

Ano 2021

COORDENADOR DA OBRA



Sérgio Campos - Possui graduação em Agronomia em 1977 pela Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu – FCMBB, atualmente Universidade Estadual Paulista – UNESP, Especialização em 1980 pela Universidade Estadual Paulista/UNESP, mestrado e doutorado em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu, respectivamente em 1985 e 1995, Livre-Docência em 1997 pela Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu. Atualmente é Professor Titular da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu, desde 2010.

ORGANIZADORES DA OBRA

Yara Manfrin Garcia - Possui graduação em Geografia pela UNESP – Presidente Prudente – SP (2010), Mestrado em Agronomia (2014), doutorado em Agronomia (2017) e Pós-Doc em Agronomia (2020) na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho UNESP/FCAV/Câmpus de Botucatu.

Gabriel Rondina Pupo Da Silveira - Possui graduação em Agronomia pela UNESP – Botucatu – SP (2019), Mestrado em Agronomia (2016), doutorado em Agronomia (2013) e Pós-Doc em Agronomia (2020) pelo Programa Energia na Agricultura na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho UNESP/FCAV/Câmpus de Botucatu.

Marcelo Campos - Possui graduação em Licenciatura Plena e Bacharelado em Física, respectivamente em 2006 e 2007 pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), onde também concluiu o Mestrado em Física (2009) e Doutorado em Ciências (2013). Realizou Pós-Doutorado na Embrapa Instrumentação, São Carlos-SP em 2014 e atualmente é Professor Doutor na Faculdade de Ciências e Engenharia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Tupã, desde janeiro de 2015.

PREFÁCIO

O livro “GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS VISANDO A SUA SUSTENTABILIDADE” é uma coletânea de trabalhos resultante de pesquisas, principalmente dos pesquisadores dos grupos de pesquisas “Grupo de Estudos e Pesquisas em Geotecnologia, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Topografia – GEPEGEO” e “Grupo de Pesquisas Avançadas em Inteligência Artificial no Setor Agroflorestal - LINEAR, cadastrados junto ao CNPQ.

A crescente demanda dos recursos naturais, faz-se necessário estudos e planejamentos que maximizem a manutenção desses recursos naturais.

A deterioração dos recursos naturais, principalmente solo e água, cresce assustadoramente, atingindo níveis críticos, provocando o assoreamento e a poluição dos espelhos e cursos d'água, com prejuízo à saúde dos seres vivos; na destruição de estradas; pontes e bueiros; na geração de energia; na disponibilidade de água para irrigação e abastecimento; na redução da produtividade agrícola; na diminuição da renda líquida e, conseqüentemente, no empobrecimento do meio rural, com reflexos danosos para a economia nacional.

O planejamento do uso da terra vem se tornando cada vez mais uma importante atividade para os meios rural e urbano. Nesse sentido, o uso adequado da terra, de maneira a protegê-la contra a erosão e visando aumentar gradativamente a sua capacidade produtiva, requer sempre um planejamento inicial, efetivo e eficiente.

Nesse contexto, surgiu a agricultura de precisão, que utilizam os mapas criados a partir de dados do sensoriamento remoto e de SIG's, havendo a necessidade de atualização constante dos registros de uso da terra, para que as tendências sejam analisadas e utilizadas de forma mais técnica, adequada e racional possível.

Assim, para que se possa estruturar e viabilizar um planejamento e a implementação de uma política agrícola adequada há necessidade de se ter informações confiáveis e atualizadas referentes ao uso e ocupação da terra atual.

Portanto, esse livro contém trabalhos de pesquisa sobre a discriminação, mapeamento e quantificação do uso do solo, área de preservação permanente, fragilidade ambiental, etc., que visam o prolongamento da capacidade produtiva, a racionalidade no uso e a conservação das terras, principalmente de bacias hidrográficas através de Sistemas de Informações Geográficas - SIG, pois essas geotecnologias permitem obter resultados com maior agilidade quanto à integração e manipulação dos dados.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01	1
GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA IDENTIFICAÇÃO DE CONFLITOS DE USO EM APPs EM LENÇÓIS PAULISTA/SP A PARTIR DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	
Milena Montanholi Mileski Yara Manfrin Garcia Sérgio Campos	
CAPÍTULO 02	33
AGRUPAMENTO DE MICROBACIAS EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO E DAS VARIÁVEIS DIMENSIONAIS E DO PADRÃO DE DRENAGEM	
Sérgio Campos Teresa Cristina Tarlé Pissarra Daniela Polizeli Traficante Elen Fittipaldi Brasília Carrega Nathália Maria Salvadeo Parizoto	
CAPÍTULO 03	54
ANÁLISE DA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA	
Yara Manfrin Garcia Sérgio Campos Gabriel Rondina Pupo da Silveira	
CAPÍTULO 04	72
GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA ESPACIALIZAÇÃO DAS AREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E AREAS DE CONFLITOS NA SUBBACIA RIBEIRÃO HORTELÃ	
Sérgio Campos Marina Granato Muriel Cicatti Emanoeli Soares Raquel Cavasini Débora Marques de Araújo Monica Yuri Mashiki Júnia Ruggiero Mariana Wagner Toledo Piza	
CAPÍTULO 05	84
INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA TEMPERATURA APARENTE DA SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU/SP	
Mônica Yuri Mashiki Sérgio Campos	
CAPÍTULO 06	98
USO INADEQUADO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	
Sérgio Campos Mariana Wagner de Toledo Piza Milena Montanholi Mileski Elen Fittipalde Brasília Carrega Muriel Cicatti Emanoeli Soares Mariana Di Siervo	

Gabriel Rondina Pupo da Silveira	
CAPÍTULO 07	107
AGRUPAMENTO DE MICROBACIAS EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO	
Sérgio Campos	
Teresa Cristina Tarlé Pissarra	
Daniela Polizeli Traficante	
Elen Fittipaldi Brasília Carrega	
Nathalia Maria Salvadeo Parizoto	
CAPÍTULO 08	123
GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA	
CAPACIDADE DE USO DE UMA MICROBACIA	
Francisco Gallati Filho	
Sérgio Campos	
CAPÍTULO 09	144
VULNERABILIDADE À EROÇÃO DO SOLO DO ALTO RIO PARDO -	
PARDINHO (SP)	
Fernanda Leite Ribeiro	
Sérgio Campos	
CAPÍTULO 10	161
ANÁLISE DO USO INADEQUADO DA TERRA ATRAVÉS DO SIG-IDRISI	
Sérgio Campos	
Cristiane Lopes da Silva	
Thiago Godinho dos Santos	
Edson Luís Pirolí	

CAPÍTULO 01

GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA IDENTIFICAÇÃO DE CONFLITOS DE USO EM APPs EM LENÇÓIS PAULISTA/SP A PARTIR DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Milena Montanholi Mileski

Universidade Estadual Paulista – UNESP

E-mail: milena_mileski@hotmail.com.br

Yara Manfrin Garcia

Faculdade de Ciências e Engenharias – UNESP – Botucatu, SP

E-mail: yaramanfrin@hotmail.br

Sérgio Campos

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, SP.

E-mail: sergio.campos@unesp.br

RESUMO: A expansão agrícola e os diferentes processos de uso e ocupação do solo de forma inadequada têm culminado em problemas erosivos e hídricos, tornando-se necessária a reorganização do espaço e o gerenciamento dos recursos naturais. A preservação e conservação das matas nativas, especialmente aquelas situadas ao longo de cursos d'água e nascentes, têm ocupado destaque pela importância na proteção de recursos hídricos, e frente a isso, temos a Legislação Ambiental Brasileira, que pode ser considerada uma das mais avançadas do mundo. Assim, o presente trabalho teve como objetivo verificar a aplicação do Código Florestal Brasileiro (CFB) quanto as Áreas de Preservação Permanente (APPs) no município de Lençóis Paulista (SP) como subsídio para a conservação do solo e dos recursos hídricos, já que grande parte deste é de terras agrícolas cultivadas, especialmente a cana-de-açúcar. Os procedimentos realizados utilizaram técnicas de geoprocessamento, sendo realizado no Sistema de Informações Geográficas - Idrisi. O conflito de uso e ocupação da Terra foi obtido ao se cruzarem os planos de informações Uso da Terra e Áreas de Preservação Permanente. A partir das análises ficou evidenciado o conflito entre a utilização do CFB e o uso das terras para as diversas áreas e principalmente quando se refere a agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: Lençóis Paulista; Código Florestal Brasileiro; APPs, SIG; Uso das Terras.

SUMMARY: The agriculture expansion and the different processes of use and improper occupation of the land have culminated in erosive and hydric problems, which require the need of reorganization of the space, as well as the management of the natural resources. The preservation and conservation of the native vegetations, specifically those located along the water courses and riverheads, are in a prominence position because of the importance of the protection of hydric resources and, related to that, there are the Brazilian Environment Laws, which may be considered on the of most advanced in the world. Thus, this work aims to verify the application of the Brazilian Forest Code (CFP) in connection with the Permanent Preservation Areas (APPs) located at the city of Lençóis Paulista (SP) as a subsidy for the conservation of the land of the hydric resources, since a major part of this area is of cultivated

agricultural lands, especially the sugar cane. The procedures which were carried out made use of geoprocessing techniques, undertaken in the Idrisi Geographical Information System. The conflict of the use and occupation of the Land was obtained by means of the crossing of the information plans "Use of Land" and "Permanent Preservation Areas". From this analysis, it was evidenced the conflict between the CFP the use of lands for several areas and mainly in relation to the agriculture.

KEYWORDS: Lençóis Paulista, Brazilian Forest Code, APPs, GIS, Use of Lands.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento (econômico e social) de um país refere-se ao potencial perante todos os países do mundo e perante as suas responsabilidades com sua população. No entanto, o desenvolvimento de um país está intimamente ligado ao seu potencial energético, pois este potencial é visto como o “carro-chefe” para a produção econômica e social de um país.

É nesse contexto que a agricultura ganha um grande enfoque como potencial energético. Hoje, o biodiesel tem ocupado um lugar de destaque. Ele é um combustível de queima limpa derivado de fontes renováveis e naturais, e apresenta redução na emissão de hidrocarbonetos, monóxido de carbono e matéria particulada. O biodiesel pode ser também misturado a outros combustíveis. As culturas como girassol, dendê, amendoim, sementes de girassol e algodão, mamona e soja são grandes fontes de óleo (oleaginosas), ou seja, caracterizam-se como matéria-prima para a produção de biodiesel. O biodiesel apresenta também em sua composição o etanol. Além do biodiesel, a biomassa tem um grande potencial energético. A biomassa pode ser compreendida como um recurso renovável oriundo de matéria orgânica como os derivados de madeira (carvão vegetal, briquetes) e de origem animal. A biomassa apresenta um alto poder calorífico aproveitado através da combustão, pirólise ou cogeração de energia.

Na agricultura, a produção de cana-de-açúcar representa um grande potencial energético. Como produtos desse cultivo, temos açúcar, álcool, vinhoto e bagaço. O álcool (etanol) tem sido um dos principais combustíveis automobilísticos utilizados atualmente e o bagaço de cana moída apresenta um grande potencial energético. A cultura de milho também é responsável pela geração de energia, produzindo o etanol. Outro grande potencial energético resultante de atividades agrícolas são os bagaços e palhas. O grande desafio brasileiro é conciliar a expansão de áreas para cultivo de oleaginosas e cana-de-açúcar e áreas florestais com uma ocupação ordenada e sustentável. O fortalecimento da agroenergia brasileira não fará sentido se não houver uma preocupação com o meio ambiente e com o aspecto social.

De acordo com a Secretaria de Agricultura do município, como base econômica, o município de Lençóis Paulista apresenta a agricultura, a pecuária e a indústria. O setor agropecuário emprega 20 % dos postos de trabalho, enquanto que

o setor industrial gera 32 % de emprego. A produção de cana-de-açúcar ocupa 99% das áreas agrícolas destinadas à lavoura temporária. Além disso, no setor primário da economia, Lençóis Paulista apresenta a atividade de reflorestamento. A principal economia do município destina-se do setor sucroalcooleiro, produção de celulose e indústrias de reciclagem de material plástico e óleo combustível. O município, nos últimos anos, vem apresentando consideráveis índices de crescimento econômico e social. Os produtos oriundos do setor sucroalcooleiro, óleo lubrificante e combustível têm abastecido o mercado regional e nacional, revelando um grande potencial econômico e energético no município, além da capacidade energética na produção rural lençoense.

Decorrente a isto, surgem os problemas ambientais e que preocupam a sociedade, entre eles, a degradação dos solos, queimadas, desmatamentos, contaminação dos recursos hídricos, assoreamentos, enchentes, perda da biodiversidade, escassez de recursos naturais, dentre outros.

Cabe assim a Legislação Ambiental Brasileira regulamentar a proteção do meio ambiente já que é considerada como uma das legislações mais avançadas do mundo, seu desenvolvimento está de acordo com a importância que a preservação do meio ambiente vem ganhando, porém, está nem sempre é aplicada e fiscalizada de maneira adequada.

Desta forma, tem-se o Código Florestal Brasileiro na qual sua primeira versão foi criada em 1934, uma nova edição em 15 de setembro de 1965 através da Lei nº. 4.771 que definiu de forma minuciosa os princípios necessários para proteger o meio ambiente e garantir o bem estar da população do país e através desta que tratava das duas principais fontes de proteção ambiental – previstas através de situações de preservação e conservação – que são as Áreas de Preservação Permanente (APP) e a Reserva Legal (RL) e sofreu diversas alterações ao longo dos anos, sendo que a partir de 2009 foi intensificado o debate, gerando em maio de 2012, a Lei nº 12.651 e posteriormente em 17 de outubro do mesmo ano, a Lei nº 12.727.

O presente trabalho teve como objetivo verificar a aplicação do Código Florestal Brasileiro quanto as Áreas de Preservação Permanente no município de Lençóis Paulista (SP) como subsídio para a conservação do solo e dos recursos hídricos, já que grande parte deste é de terras agrícolas cultivadas, especialmente a cana-de-açúcar.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Geotecnologia como Ferramenta o Estudo Ambiental

Segundo Rosa (2005), as geotecnologias se baseiam na coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software peopleware que juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões.

Segundo Fitz (2008), o estudo do espaço geográfico e dos aspectos ambientais nele inseridos pressupõe uma série de conhecimentos e informações que podem ser trabalhados maneira mais ágil, fácil e rápida com novas tecnologias. E de acordo com o mesmo autor, as geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências e correlatas, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico.

O termo geotecnologias ainda é mais genérico que engloba os geoprocessamentos (GIS- sistemas de Informação Geográfica, Cartografia Digital, processamento digital de imagem), além do Sensoriamento Remoto, do Sistema de Posicionamento Global (ex. GPS), da Aerofotogrametria, da Geodésia e da Topografia Clássica, dentre outros (INFO GEO, 2002 apud LEITE e ROSA, 2006).

Juntamente com as geotecnologias, tem-se o geoprocessamento que é o processamento de dados georreferenciados, ou seja, com correções geométricas de acordo com a localização geográfica do local.

Dainese (2001) afirmou que o geoprocessamento é destinado ao processamento de dados georreferenciados desde a coleta de dados até o produto final, na forma de mapas, relatórios, arquivos.

Segundo Câmara e Medeiros (1998), o termo geoprocessamento compreende algumas áreas da ciência humana que utilizam técnicas computacionais e aritméticas para processar informações geográficas. Apresenta amplo potencial em países com grandes extensões territoriais e que sofrem com a falta de informações apropriadas para adoção de práticas que solucionem os problemas urbanos e ambientais. Tal método se torna possível por se tratar de uma tecnologia de custo relativamente

inferior quando comparada às demais e que permite adquirir dados locais de determinada região.

Para monitoramento ambiental, várias técnicas de geoprocessamento como o Sistema de Informações Geográficas e o Sensoriamento Remoto podem ser utilizadas (JIM, 2006).

Piroli (2010) define o termo geoprocessamento como sendo um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando aplicativos (normalmente SIGs), equipamentos (computadores e periféricos), dados de diversas fontes e profissionais especializados.

Ponzoni e Shimabukuro (2007) afirmaram que o geoprocessamento engloba o processamento digital de imagens, cartografia digital, e os sistemas informativos geográficos e assim, implanta um processo que traga uma exatidão na representação da Terra.

Nascimento *et al.*, (2005) ressalta à importância do geoprocessamento principalmente em análises de grandes espaços territoriais, onde: "o uso dessa opção tecnológica adquire maior importância à medida que o problema a ser analisado apresenta-se em grandes dimensões, complexidade e com custos para operacionalização em campo bastante elevados".

Sobre o Sensoriamento remoto, este é definido como o conjunto de sensores, equipamentos de transmissão de dados e de processamento de dados com o objetivo de estudar fenômenos e processos ocorridos na superfície terrestre (NOVO, 2008).

Segundo Galatti Filho (2006), sensoriamento significa obtenção de dados e remoto, distante, sendo assim, é uma tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre por meio de captação e registro da energia refletida da superfície.

Para Rosa (2007) essa energia, em forma de radiação eletromagnética é gerada por fontes naturais, como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais, como o radar. Completando, Rosa (2007) relatou que o sensoriamento remoto é composto por duas fases: a de aquisição de dados (detecção e registro de informações) e utilização e análise dos dados (tratamento e extração de informações dos dados obtidos).

Silva (2009) diz que os produtos do sensoriamento remoto se tornaram mais frequentes nos levantamentos, explorações e planejamentos do uso do solo, porque

substituí com vantagens bases cartográficas e oferece riqueza em detalhes, aumentando o rendimento e precisão do mapeamento.

Vale ressaltar neste trabalho, o conceito de geoprocessamento como sendo uma importante ferramenta vinculada a um SIG que segundo Fitz (2000) “busca a realização de levantamentos, análises e cruzamentos de informações georreferenciadas visando a realização do planejamento, manejo e/ou gerenciamento de um espaço específico”.

Segundo Rosa (2007), o Sistema de Informações Geográficas processa dados gráficos e não gráficos através de análises espaciais e modelagens de superfícies. Ainda, de acordo com Rosa (2007) através de dados georreferenciados, o SIG é um conjunto de ferramentas computacionais que integra dados, pessoas e instituições de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a disponibilização de dados sobre o espaço geográfico.

Celinski (2008) afirmou que os SIG são desenvolvidos com base em técnicas matemáticas e computacionais, e permitem inserir e integrar informações espaciais, com dados de sensoriamento remoto, mapas, entre outros, em uma única base de dados e ainda, permite a manipulação dessas informações através de algoritmos de processamento de imagens, além de outras funcionalidades como a visualização e impressão do conteúdo da base de dados.

Dainese (2001) relatou que, devido ao avanço dos SIG, a utilização de dados orbitais no mapeamento do uso do solo aumentou, pois o tempo menor gasto para a análise dos elementos e a eficácia para análise dos dados beneficiaram o seu uso.

Os Sistemas de Informações Geográficas possibilitam melhores estratégias para o manejo do meio ambiente, pois permite manipular e analisar os dados da área em estudo apresentando os resultados na forma de mapas, permitindo assim planejar ações para solucionar impactos no meio (ORSI, 2004).

Diversos trabalhos utilizando-se de SIG têm sido desenvolvidos com a finalidade de delimitar as APPs e identificar a ocorrência de conflito de uso da terra fazendo uso desta ferramenta, como exemplo, Nardini (2009) utilizou Sistemas de Informação Geográfica para determinar os conflitos de uso e ocupação do solo em APPs na microbacia do Ribeirão Água Fria em Bofete/SP.

Criado (2012), mapeou o uso da terra da bacia do Córrego Espreado, com o foco principal nas APPs das nascentes e dos corpos d'água, como subsídio para

Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), através de imagens de satélite e do SIG - Idrisi. Já, Pollo (2013) fez também uso para o diagnóstico do uso do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso em São Manuel (SP).

O monitoramento das Áreas de Preservação Permanente tem sido um grande desafio sob aspecto técnico e econômico, pois os critérios de delimitação com base na topografia exigem o envolvimento de pessoal especializado e de informações detalhadas da unidade espacial em análise (NASCIMENTO *et al.*, 2005).

2.2 Código Florestal Brasileiro e o Desencadeamento das Discussões Atuais

No Brasil, a estratégia governamental para garantir o uso sustentado dos recursos naturais em propriedades privadas está baseada na adoção de medidas de comando e controle estabelecidas pelo Código Florestal, sob a forma de Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reservas Legais (RL). Assim, a primeira versão do Código Florestal foi aprovada em 23 de janeiro 1934, no governo de Getúlio Vargas, através do Decreto nº 23.793 e surgiu devido a preocupação com o rápido processo de derrubada das florestas nativas para a exploração de madeira (GARCIA, 2011).

Em 1962 foi proposto um “novo” Código Florestal sancionado em 1965 pela Lei Federal nº. 4.771. O novo Código Florestal embora tivesse algumas modificações manteve seus pressupostos e objetivos. Essa lei se preocupou com a preservação dos recursos hídricos e as áreas de risco (encostas íngremes e dunas) denominando assim de “florestas protetoras”, ou melhor, Áreas de Preservação Permanente.

Enquanto o Código de 1934 tratava de proteger as florestas contra a dilapidação do patrimônio florestal do país, limitando aos particulares o irrestrito poder sobre as propriedades imóveis rurais, o Código de 1965 reflete uma política intervencionista do Estado sobre a propriedade imóvel agrária privada na medida em que as florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação são consideradas bens de interesse comum a todos os habitantes do País (LAUREANO; MAGALHÃES, 2011).

Desde então, a lei foi sendo alterada, conforme necessidade, para corrigir algumas falhas ou criando mais restrições através das Medidas Provisórias, para se ter uma ideia, de 1996 a 2001 o Código Florestal sofreu 67 alterações através dessas

medidas. Porém, foi a partir de 1999 que se intensificou o debate em torno de sua alteração.

A Câmara dos Deputados vem discutindo a atualização do Código Florestal desde 1999, porém, foi em setembro de 2009 que foi criada uma Comissão Especial para analisar os seus diversos Projetos de Lei, sendo nomeado o deputado Aldo Rebelo (PCdoB-SP) como relator do projeto.

Em junho de 2010, Aldo Rebelo apresentou seu relatório sobre o projeto de lei 1.876, de 1999, e outras onze iniciativas de parlamentares para alterar a legislação florestal vigente no qual alguns pontos foram de “conflitos” entre o setor rural e o ambiental e cientistas.

Encaminhado a Comissão Especial do Código Florestal foi aprovado no dia 06 de julho de 2010 o relatório para modificação e foi acatada pela comissão seguindo para apreciação no plenário da Câmara.

No dia 02 de maio de 2011 foi apresentado o relatório final com as propostas de alterações para ser votado na Câmara, apesar de algumas, o relatório ainda não estava totalmente de acordo com os pedidos dos ambientalistas. E, após ficar um tempo parado e depois de vários encontros, negociações e trocas de acusações, foi aprovado em 24 de maio de 2011, na Câmara dos Deputados o texto-base do projeto do novo Código Florestal.

Para Silva *et al.*, (2010) as alterações ao Código Florestal não consideraram o posicionamento da comunidade científica, e sim os interesses de uma parcela da sociedade brasileira, a do *agrobusiness*, interessada na expansão desenfreada da fronteira agrícola, no qual não levavam em consideração a necessidade de proteção da biodiversidade e das diversas paisagens no país, bem como o bem estar de toda a população e a segurança alimentar.

Já no Senado Federal, o Código Florestal foi para análise das Comissões de Constituição, Justiça e Cidadania (CCJ), Meio Ambiente (CMA), Agricultura (CRA) e Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática (CCT). Assim, diversas audiências públicas foram constantemente realizadas no Senado. Após a aprovação pelas comissões, o Projeto de Lei 1.876/99 foi aprovado pelo plenário da Câmara Federal em 25 de abril de 2012 onde acolheu o parecer do deputado Paulo Piau.

Entre os diversos aspectos do projeto, pelo menos quatro têm gerado grande polêmica: a regulação sobre Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva

Legal; as atividades produtivas permitidas em áreas protegidas; a definição de competências em matéria ambiental; e os incentivos visando à recomposição de APP e áreas de Reserva Legal.

Uma das justificativas para as alterações do Código Florestal é o alto impacto do atual sobre o agricultor e a atividade agropecuária, porém, em contrapartida, estudos científicos apontam que não é necessário revisar o Código Florestal para permitir o desenvolvimento do setor agropecuário, o ideal seria que levassem em conta as diferenças de seu território para que assim não favorecesse apenas uma parcela dos interessados.

No dia 25 de maio de 2012 foi apresentado os vetos e as alterações da presidenta Dilma Rousseff sobre o Código Florestal. O governo editou uma Medida Provisória (MP) para regulamentar os pontos que sofreram intervenção. Os vetos e a MP foram publicados na edição do dia 28 de maio do Diário Oficial da União, o novo Código Florestal foi publicado através da Lei 12.651. As Diretrizes que seguiram para definir os vetos foram:

Preservação de acordos e respeito ao Congresso Nacional;

- Não anistiar o desmatador;
- Preservar os pequenos proprietários;
- Responsabilizar todos pela recuperação ambiental;
- Manter os estatutos de Área de Preservação Permanente e Reserva Legal.

Após isto, uma comissão mista sobre a Medida Provisória que altera o novo Código Florestal (MP 571/12) foi instaurada no dia 5 de junho de 2012 sendo formada por deputados e senadores. Ao todo foram 26 parlamentares divididos igualmente entre deputados e senadores que tiveram a responsabilidade em fazer um relatório que continha uma síntese do texto apresentado pelo governo e das mais de 727 emendas de parlamentares.

Em 25 de setembro de 2012, foi aprovada no Senado a Medida Provisória - que preenchia lacunas deixadas pelos vetos de Dilma ao novo Código Florestal – e tinha prazo para sua aprovação até o dia 8 de outubro, sob pena de perder a validade.

Com a publicação da Lei nº 12.727, aprovada em 17 de outubro de 2012 - que altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012 - instituiu-se o novo Código Florestal brasileiro e colocou fim nas discussões sobre a legislação florestal, após idas e vindas entre o Congresso e a Presidência da República. Vale enfatizar que, segundo

Soares-Filho (2012) embora o Congresso ainda possa modificá-la e sua constitucionalidade esteja sendo questionadas, as chances de alteração são pequenas, implicando que o processo de revisão possa já ser uma página virada e que o novo código esteja aí para ser colocado em prática.

2.3 Novo” Código Florestal – Lei nº 12.727

A Lei nº 12.727 foi sancionada pela presidente Dilma Rousseff, no entanto, ela vetou nove pontos do texto acatado pela Câmara e pelo Senado Federal. Entre os mais comentados está o veto parcial feito ao artigo 61-A, que estabelece regras para a recuperação de Áreas de Preservação Permanentes (APPs) localizadas em beiras de rios.

Outro veto bastante comentado foi o feito ao primeiro parágrafo do artigo 35º, que dava aos produtores a possibilidade de recompor APPs degradadas a partir do plantio de espécies frutíferas e não, apenas, de vegetação nativa. Dilma não concordou e vetou parcialmente o dispositivo, proibindo a monocultura de árvores frutíferas na recuperação de APPs.

Sobre esses vetos, eles se referem a: Manter a obrigação de proteger áreas de preservação permanente em áreas urbanas; Evitar novos desmatamentos, particularmente nas regiões do bioma Cerrado localizados na Amazônia Legal; Dispensar a autorização prévia para o plantio de espécies florestais nativas e exóticas; Determinar o fim do prazo de 20 dias para que o proprietário rural passe a fazer parte do Programa de Regularização Ambiental; Recuperar os critérios para a recomposição de matas; Vedar a recuperação de Áreas de Preservação Permanente por meio do plantio contínuo de árvores frutíferas; Proibir a regra para recomposição de faixa de apenas 5 metros de Área de Proteção Permanente às margens de rios intermitentes de até 2 metros de largura; Vetar a regra que restringia a recomposição de Área de Proteção Permanente em imóveis com mais de 4 módulos fiscais a 25 % do seu tamanho e; Manter a exigência de averbação da reserva legal no cartório de registro de imóveis, o que é dispensado após o registro no Cadastro Ambiental Rural (CAR). Outros pontos que foram regulamentados se referem ao Cadastro Ambiental Rural (CAR) que será obrigatório para todos os produtores rurais, para que tenham acesso a benefícios do governo e a contratos de financiamento e os Programas de

Regularização Ambiental (PRA) no qual deverão ser assinados por todos os produtores rurais que tenham desmatado áreas sem autorização legal. Assim, o Decreto 7.830 de 17 de outubro de 2012 veio regulamentar artigos do Novo Código Florestal, especialmente o CAR e o PRA.

A obrigatoriedade da recuperação de florestas nas margens dos rios varia de acordo com o tamanho da propriedade. Vale ressaltar aqui a diferença entre Módulo rural e Módulo fiscal, sendo que o primeiro, é calculado para cada imóvel rural em separado, e sua área reflete o tipo de exploração predominante no imóvel rural, segundo sua região de localização, já o Módulo fiscal é estabelecido para cada município, e procura refletir a área mediana dos Módulos Rurais dos imóveis rurais do município.

Através do Decreto nº 84.685 de 06 de maio de 1980 é possível encontrar os valores do Módulo Fiscal para cada município sendo que eles podem variar de 5 a 110 hectares, como exemplo, no município de Lençóis Paulista equivale a 12 hectares.

Outro aspecto que vale ser ressaltado é quanto as áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente, que segundo a lei, são autorizadas, exclusivamente, para a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008 e o tamanho a ser recuperado, nos cursos d'água, é apresentado na sequência (Tabela 1).

Tabela 1. Exigências relacionadas a faixa de proteção das APPs de acordo com o Módulo Fiscal dos Imóveis Rurais.

Tamanho do Imóvel (Módulos Fiscais)	Total da Recuperação (metros)	Largura do Rio (metros)
Até 1 Módulo Fiscal	5	qualquer
1 a 2	8	qualquer
2 a 4	15	qualquer
4 a 10	20	10
Demais casos	Mínimo 30 e máximo 100 metros	Metade da largura do curso d'água

Fonte: Os autores.

2.4 Áreas de Preservação Permanente

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são áreas nas quais, por imposição da lei, a vegetação deve ser mantida intacta, tendo em vista garantir a preservação dos recursos hídricos, da estabilidade geológica e da biodiversidade, bem como o bem-estar das pessoas. A lei é bem rígida sendo permitido, às vezes, somente a supressão em caso de utilidade pública.

A Lei nº 12.727 (17 de outubro de 2012), em seu Art. 4º estabelece que:

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, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros; [...]. (BRASIL, 2012).

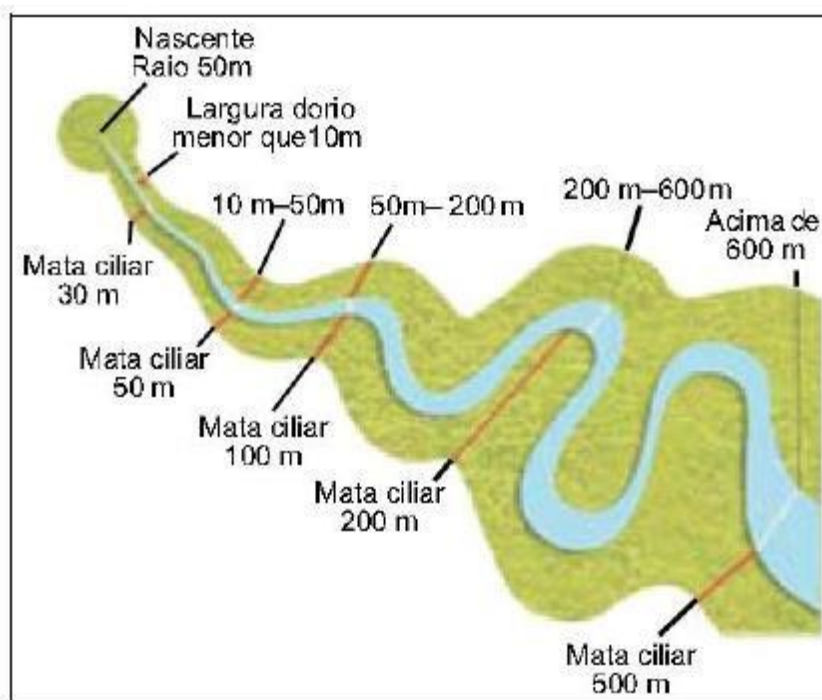
Para exemplificar o conteúdo deste artigo do Código Florestal, fez-se uma tabela síntese (Tabela 2) com a metragem em relação a faixa de preservação permanente de acordo com a largura do curso d'água.

Tabela 2 - Metragem das Áreas de Preservação Permanente.

Largura (Rios ou Córregos)	Faixa de Preservação
Até 10 metros	30 m em cada margem
Entre 10 e 50 metros	50 m em cada margem
Entre 50 e 200 metros	100 m em cada margem
Entre 200 e 600 metros	200 m em cada margem
Superior a 600 metros	500 m de cada margem
Nascentes	50 m no entorno da nascente

Fonte: BRASIL, 2012.

Figura 1. Largura da faixa de APP (vegetação ciliar) de acordo com a legislação.



Fonte: Ibama (2007) apud Revista Direito dos Humanos (2010).

Nos casos previstos pelo *caput* do art. 4º e suas alíneas, o Código Florestal cria as APPs, definindo seus limites, exemplo das faixas de proteção ao longo dos cursos d'água, ou deixando seus limites para regulamentação, como nas faixas no entorno de reservatórios, topo de morros, encostas, etc.

Vale ressaltar a definição quanto à expressão “a borda da calha do leito regular”, mencionado anteriormente, já que consiste no início da delimitação da APP. É fato que na maior parte do ano, o rio apresenta uma configuração designada

tecnicamente como “leito menor” (CHRISTOFOLETTI, 1974), esse leito corresponde à seção de escoamento em regime de estiagem, ou de níveis médios.

Porém, em épocas de altos índices pluviométricos, os cursos d’ água ampliam naturalmente sua faixa de domínio sendo denominada de “leito maior”, “planície de inundação” ou mesmo de “várzea”.

Sobre as diferentes denominações, Jean Tricart (1966) apud Salvador e Padilha (s/d, p. 9 e 10) classificam os tipos de leitos da seguinte forma:

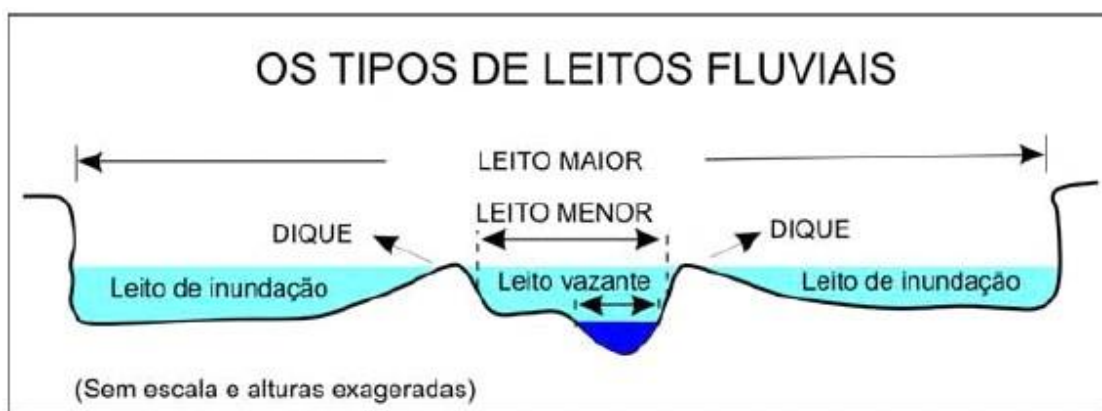
a) Leito de vazante, que está incluído no leito menor e é utilizado para o escoamento das águas baixas. Constantemente, ele serpenteia entre as margens do leito menor, acompanhando o talvegue, que é a linha de maior profundidade ao longo do leito;

b) Leito menor, que é bem delimitado, encaixado entre margens geralmente bem definidas. O escoamento das águas nesse leito tem a frequência suficiente para impedir o crescimento da vegetação. Ao longo do leito menor verifica-se a existência de irregularidades, com trechos mais profundos, as depressões (mouille ou pools), seguidas de partes menos profundas, mais retilíneas e oblíquas em relação ao eixo aparente do leito, designada umbrais (seuils ou riffles);

c) Leito maior periódico ou sazonal é regularmente ocupado pelas cheias, pelo menos uma vez a cada ano;

d) Leito maior excepcional, por onde ocorrem as cheias mais elevadas, as enchentes. É submerso em intervalos irregulares, mas, por definição, nem todos os anos.

Figura 2. Modelo dos tipos de leito.(Chirstofoletti (1991), organizado por Boin (2005).



Fonte: Chirstofoletti (1991), organizado por Boin (2005).

Segundo Boin (2005, p. 852), nos últimos tempos o homem ocupou a áreas de preservação permanente mais rápida e extensivamente que em qualquer intervalo de

tempo, na maioria das vezes para suprir a crescente demanda por alimentos, água potável, madeira e combustível. Isso acarretou uma perda substancial e, em grande medida, irreversível, para a diversidade da vida e a qualidades dos recursos hídricos em importantes regiões.

A importância da manutenção da APP ripária para minimizar a perda de solo por erosão superficial e o consequente assoreamento de riachos, ribeirões e rios foi demonstrada experimentalmente por Joly e colaboradores (JOLY *et al.*, 2000), trabalhando na bacia do rio Jacaré-Pepira, município de Brotas (SP) (SBPC, 2011).

A cobertura vegetal é importante porque atua no controle climático, no escoamento superficial das águas pluviais, ciclo hidrológico, da poluição, além de proteger contra processos erosivos, ajudar na preservação da fauna e flora formando corredores ecológicos e proporcionar melhor qualidade de vida para a população.

Os fatores relacionados à cobertura vegetal podem influenciar os processos erosivos de várias maneiras: através dos efeitos espaciais da cobertura vegetal, dos efeitos na energia cinética da chuva, e do papel da vegetação na formação de húmus, que afeta a estabilidade e teor de agregados. A densidade da cobertura vegetal é fator importante na remoção de sedimentos, no escoamento superficial e na perda de solo. O tipo e percentagem de cobertura vegetal podem reduzir os efeitos dos fatores erosivos (GUERRA, 2001, p. 161). Frente a tudo isso, percebe-se que a ação do homem em relação ao ambiente tem sido cada vez mais agravante, como por exemplo, a supressão da mata ciliar devido ao desmatamento para a expansão agrícola e áreas de pastagens, acelerando processos erosivos que desagregam o solo e transportam sedimentos que acabam assoreando os rios, as queimadas, contaminação da água decorrente de uso intensivo de agrotóxicos, entre outros.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

O município de Lençóis Paulista está localizado na latitude 22°35'55" Sul e longitude 48°48'01" Oeste, e coordenadas UTM X= 709000 e 740500 e Y= 7471300 e 7512110, apresenta altitude média de 550 metros e sua área é de 808 km² (IBGE, 2010). O principal rio que drena o município é o Rio Lençóis. O clima, de acordo com a Classificação Climática de Köppen, é tropical de altitude (CWa) e o solo predominante é o Latossolo, de acordo com a Classificação Brasileira de Solos.

De acordo com o censo IBGE de 2010, a população lençoense é de 60.507 habitantes, dos quais 96,04% residem na zona urbana. A densidade demográfica do município é elevada se comparada a do Brasil, pois o município apresenta 75,25 hab/km², enquanto que o Brasil apresenta cerca de 23 hab/km². O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município é de 0,813, o que o caracteriza como elevado.

A base econômica do município é a indústria, destacando-se a produção de açúcar, álcool, celulose, óleo e estruturas metálicas. No entanto, na agricultura, as culturas cultivadas são cana de açúcar, milho, feijão, café e eucalipto (madeira). As culturas de eucalipto e cana de açúcar são responsáveis pela geração de energia nas indústrias de açúcar e álcool e celulose do município.

De acordo com CATI (2010), o Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agropecuárias, o LUPA (2007/2008), o uso do solo no município de Lençóis Paulista é diversificado, porém, o predomínio do cultivo de cana de açúcar é extremamente notório

3.2 Base Cartográfica

As coordenadas para a delimitação do limite do Município de Lençóis Paulista e a área urbana e rural tiveram como base as cartas planialtimétricas editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), folhas de Lençóis Paulista (SF – 22 – Z – B – V – 1), Agudos (folha SF – 22 – Z – B – II – 3), Rio Palmital (folha SF – 22 – Z – B – V – 3), Pratânia (folha SF – 22 – Z – B – V – 4) e São Manoel (folha SF – 22 – Z – B – V – 2), todas em escala 1:50.000 e editadas em 1973.

Para identificação dos atributos como drenagem, áreas de preservação permanente, uso do solo e malha urbana, foram utilizadas imagens de satélite digital, bandas 3, 4 e 5 do sensor “Thematic Mapper” do LANDSAT 5, com passagem no dia 18 de abril de 2009, com resolução espacial de 30m.

3.3 Sistema de Informações Geográficas: Idrisi Andes

Todas as informações referentes à área do município, o seu limite urbano e rural, uso e ocupação do solo, drenagem, áreas de APPs, bem como as áreas de conflito de APPs foram processadas no Sistema de Informação Geográfica - Idrisi Andes.

O IDRISI foi criado na Universidade de Clark, Massachusetts, Estados Unidos da América. Seu principal desenvolvedor é o Doutor J. Ronald Eastman. Sua primeira versão surgiu em 1987, em uma parceria com a ONU. É um dos aplicativos de Sistema de Informação Geográfica de tipo raster mais empregados no mundo, sendo esta difusão devida as suas grandes capacidades e seu baixo custo (PIROLI, 2010).

Esse SIG reúne ferramentas nas áreas de processamento de imagens, sensoriamento remoto, SIG, geoestatística, apoio à tomada de decisão e análise de imagens geográficas, além disso, o usuário pode desenvolver programas específicos de forma a atender novas aplicações e tem o mesmo, permite a migração de dados para outros *software* (ROSA, 2005).

O SIG IDRISI trabalha sobre uma base de informação geográfica e processamento de imagem. É uma coleção de sub-sistemas que agem sobre uma base de dados seguindo uma sequência operacional (CAMPOS, 2001).

Além do SIG IDRISI, utilizou-se do software CartaLinx, também desenvolvido pela *Clark University*, e se aplica à construção de base de dados relacionais na forma de pontos, vetores e polígonos. Trabalha com formatos de arquivos do IDRISI e de outros softwares. Estes dados são tipicamente exportados para um SIG em coberturas (*coverages*) (GIANUCA e TAGLIANI, 2012).

3.4 Georreferenciamento e Vetorização

No georreferenciamento das cartas dos municípios, utilizou-se o programa Envi 4.2, para correção geométrica. Os pontos de correção foram colocados em todos os cruzamentos das coordenadas e o *datum horizontal* utilizado foi o SAD- 69 e a *projeção* UTM.

Após o georreferenciamento das cartas de Agudos, São Manuel, Rio Palmital, Pratânia e Lençóis Paulista, através do programa Carta Linx, os atributos de rede de drenagem, curvas de nível, malha urbana, nascentes e limite do município de Lençóis foram vetorizados, através da criação de layers com os respectivos temas, atribuindo códigos para posterior leitura no SIG Idrisi e os tipos de arquivos (linhas, polígonos ou pontos).

3.5 Obtenção dos Mapas

Para a confecção dos mapas, técnicas como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento foram fundamentais para aquisição de dados e manuseio dos mesmos até a obtenção do produto final - Mapas.

Na classificação de imagens, que é a identificação dos alvos e extração das informações, utilizou-se como base as imagens de satélite Landsat 5, bandas 3, 4 e 5, e através do SIG Idrisi Andes foi realizada a classificação supervisionada (máxima verossimilhança), que é um classificador com conhecimento a priori, para a classificação dos diferentes usos e ocupações do solo (mata, reflorestamento, solo exposto, pastagem, mata ciliar, água, malha urbana e cultura agrícola).

No mapeamento da drenagem, as cartas topográficas serviram como base e as imagens de satélite das bandas 3, 4 e 5 do sensor *Thematic Mapper* do Landsat 5, escala 1:50000, de 2009, foram utilizadas na atualização dos dados, visto que, a drenagem aparece em tons azulados escuros, caracterizando assim uma boa discriminação visual dos elementos necessários.

Definiram-se as Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água e ao redor das nascentes do Rio Lençóis. córrego da Barra Seca. Os buffers foram criados através do SIG Idrisi, menu *GIS Analysis*, ferramenta *Distance Operators - BUFFER*. Para isso, foi necessário repetir esse passo duas vezes, sendo uma para os cursos d'água e o outro para a nascente. Assim, proporcionou a criação de um raio de 50 metros circulando as áreas das nascentes e um *buffer* de 30 metros de cada lado da margem na drenagem ao longo do leito do córrego (medidas estas estipuladas, já que a largura dos cursos d'água presentes na área estudada são inferiores a 10 metros) resultando no mapa de APPs.

Em seguida, foi realizada a junção dos *buffer* através da ferramenta de álgebra de mapas. Através do menu *GIS Analysis*, ferramenta *Mathematical Operators - OVERLAY* escolheu os dois buffers gerados anteriormente e em *Overlay options* selecionou-se a opção matemática *First + Second*. Posteriormente, foi preciso juntar as feições já que os atributos das áreas comuns aos dois arquivos foram somados, de maneira que um novo atributo surgiu e no caso, é preciso que toda APP tenha o mesmo identificador, por isso, fez-se a reclassificação através do menu *GIS Analysis*, ferramenta *Distance Operators - RECLASS*.

Para identificar as áreas de conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanentes, utilizou-se a álgebra de mapas realizando uma sobreposição do mapa de uso e ocupação do solo com o mapa das APPs.

Os procedimentos foram executados no IDRISI utilizando-se a ferramenta *Mathematical Operators - OVERLAY* do menu *GIS Analysis* e selecionou-se a opção matemática *First x Second*, operação essa que pode também ser denominada de sobreposição.

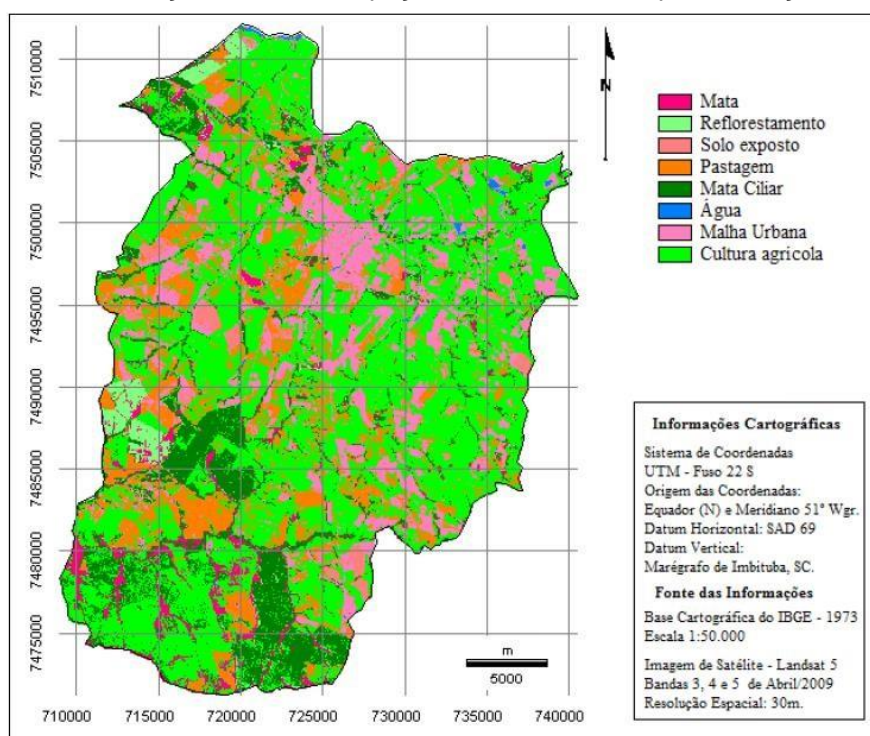
Após a sobreposição desses mapas, as áreas de ocorrência dos conflitos de acordo com as classes de uso foram devidamente quantificadas, executando as funções de cálculo de área, através da ferramenta *Area* do menu *Database Query*, pertencente ao módulo *Analysis* do IDRISI.

Foram consideradas sob uso conflitante todas as áreas cultivadas e ocupadas com outros fins presentes nas APPs das nascentes e cursos d'água.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o exposto através da Figura 3, é possível observar as diferentes classes de uso do solo no município de Lençóis Paulista. De acordo com a Figura e a Tabela 3, observasse a distribuição espacial em hectares e porcentagem (%) de cada classe de uso do solo. Ao total, o município possui 63.253,08 hectares. O cultivo agrícola corresponde a 40.878 hectares, no entanto, de acordo com o LUPA, outras culturas agrícolas são cultivadas no município de Lençóis Paulista, como a braquiária (3.400 ha), a laranja (1.100 ha), o café (570 ha), gramas (245 ha), milho (129 ha) e a uva fina, uva rústica, capim-napier, alface, tangerina e pomar doméstico que juntas correspondem a aproximadamente 21 ha. Sendo assim, o cultivo de cana de açúcar corresponde a aproximadamente 35 mil hectares, ou 86 % da área de todo o cultivo agrícola.

Figura 3. Distribuição de uso e ocupação do solo no município de Lençóis Paulista.



Fonte: Os autores.

Tabela 3. Distribuição em hectares e porcentagem do uso do solo no município de Lençóis Paulista.

Uso do solo	Hectares	Porcentagem (%)
Mata	3.293	5,2
Reflorestamento	9.304,7	14,7
Solo exposto	2.391	3,8
Pastagem	4.250,3	5,2
Mata ciliar	2.662	4,2
Água	205	0,3
Malha Urbana	1.269,4	2
Cultura agrícola	40.878	64,6
Total	63.253	100

Fonte: Os autores.

De acordo com ASCANA (2008), são cultivados aproximadamente 39 mil hectares de cana de açúcar em Lençóis Paulista. Essa diferença pode ocorrer devido ao sistema de rotação de cultura no solo e à quantidade de solo exposto (2.391 ha), que pode corresponder ao solo em preparo para o cultivo (MILESKI, 2011).

Outra classe de uso do solo de destaque no município é o reflorestamento que abrange uma área de 9.304,78 ha. O cultivo de eucalipto é o principal, no entanto, encontram-se outras espécies mencionadas anteriormente. A presença de mata e mata ciliar é pequena, ocupando 3.293 ha e 2.662 ha respectivamente. Essa quantidade é escassa, trazendo prejuízos ambientais ao município, uma vez que corresponde a apenas 9,4 % do território.

Ainda de acordo com a Figura 3, observa-se que o predomínio na imagem é do cultivo de cana de açúcar. Entre as plantações, existem algumas espécies da vegetação nativa que é o cerrado. Essas vegetações estão margeando córregos.

Desta forma, pode-se afirmar que o município de Lençóis Paulista apresenta grande parte de seu território cultivado com cana de açúcar e eucalipto, 44.717,78 ha ou 70 % do total. Ambas as culturas, através da cogeração, geram energia. Além disso, boa parte do álcool produzido é para o abastecimento de veículos. As outras culturas, como laranja, milho, feijão, entre outros, cultivadas em menor quantidade, são produzidas por pequenas unidades agrícolas e não tem participação efetiva na economia do município. Embora o município tenha um frigorífico, as áreas de pastagens são proporcionalmente menores do que as áreas de cultivo agrícola já que praticamente todos os animais para abate, são adquiridos de outros municípios ou até mesmo outros estados.

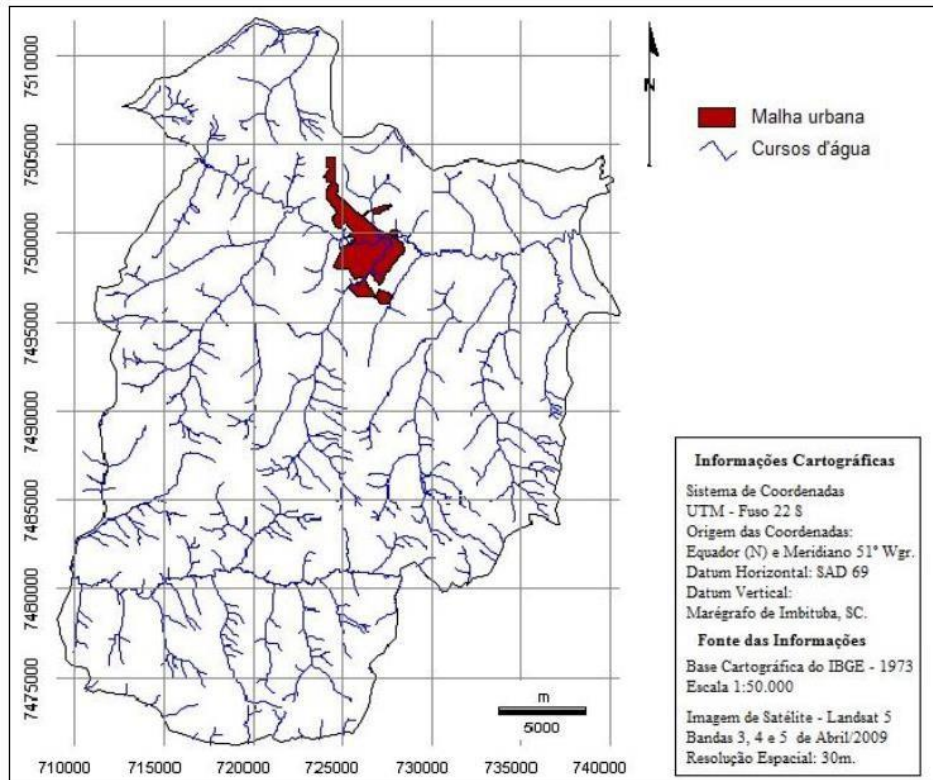
Conforme pode ser observado na Figura 4, o município de Lençóis Paulista é rico em drenagem. O Rio Lençóis abastece o município além da captação em lençóis freáticos.

No percurso do rio dentro da cidade, não existem proteção quanto as áreas de preservação permanente sendo que quando existe, atingem no máximo 5 metros. Nos períodos de precipitação elevada é comum as águas dos rios invadirem as áreas urbanas provocando enchentes, fato este decorrente por dois motivos: a malha urbana ocupa áreas que deveriam estar cobertas por mata ciliar, evitando o assoreamento do rio e enchentes e, há algumas décadas, o percurso do rio foi desviado aproximadamente na distância de um quarteirão, fato este que aumenta a probabilidade de enchentes, uma vez que os rios correm em fundos de vale (MILESKI, 2011).

Ainda, de acordo com a autora citada anteriormente, durante o período de constante precipitação, as águas do rio ficam acima do nível médio e as margens,

que deveriam estar cobertas por mata ciliar, estão ocupadas por construções residenciais e comerciais, estas sofrem alagamento, causando transtornos à população ribeirinha e aos comerciantes, o que paralisa temporariamente uma das principais ruas do centro comercial.

Figura 4. Rede de drenagem e malha urbana no município de Lençóis Paulista.

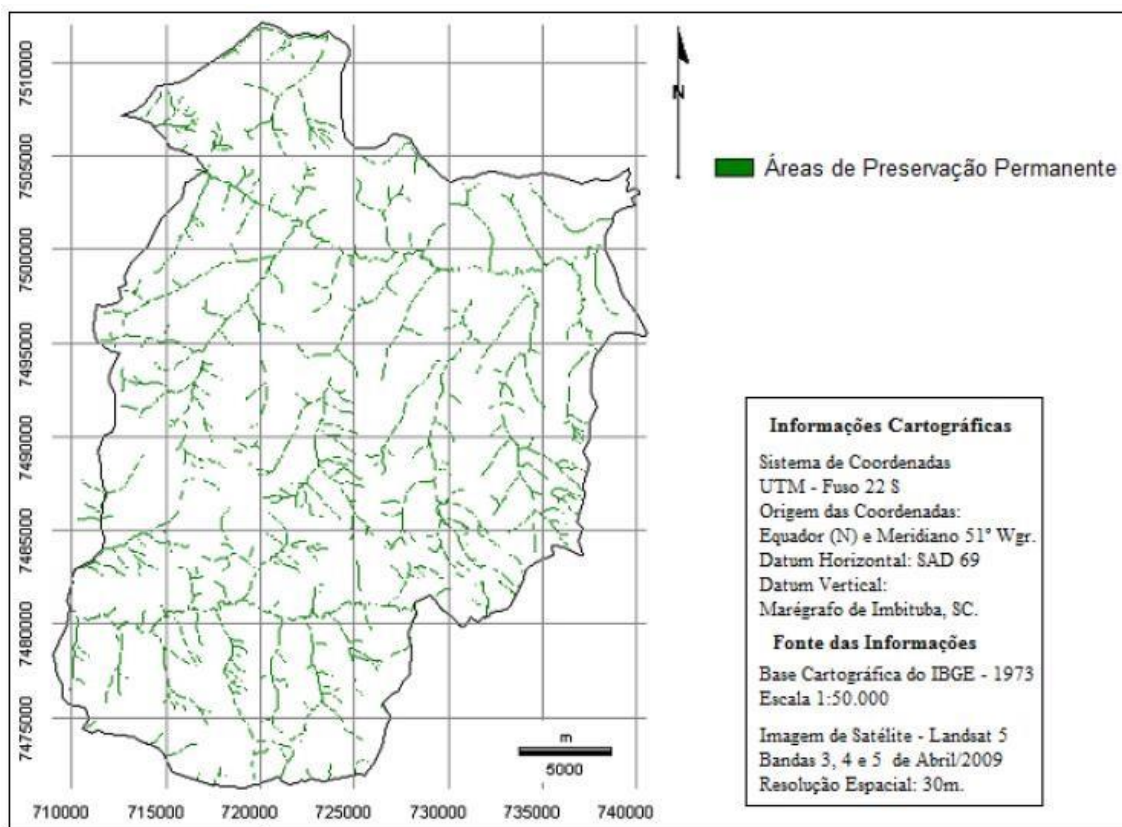


Fonte: Os autores.

A Figura 5 representa como deveria ser a paisagem das áreas com mata ciliar em torno das redes de drenagem e nascentes, respeitando os limites propostos pelo Código Florestal Brasileiro (1965). Em nascentes, as APPs devem ter no mínimo 50 metros de largura e em rios, como o do município de Lençóis Paulista, com até 10 metros de largura, as áreas devem ter 30 metros contadas a partir do leito maior.

É interessante ressaltar quanto as Áreas de Preservação Permanente que no artigo 2º do Código Florestal de 1965 são definidas como as "florestas e demais formas de vegetação natural", e no mesmo parágrafo deste artigo as definem como áreas protegidas, "cobertas ou não por vegetação nativa" e, portanto protege o espaço físico e não somente a vegetação ali existente (BOIN, 2005).

Figura 5. Áreas de Preservação Permanente de acordo com o Código Florestal de 1965.



Fonte: Os autores.

Como descrito no decorrer deste trabalho, o Código Florestal sofreu inúmeras mudanças, porém, quanto as Áreas de Preservação Permanente ao redor dos cursos d'água, a metragem continuou a mesma, sendo alterada apenas a demarcação inicial dessas áreas, no caso atual, do leito regular do rio.

Fato esta que, segundo SBPC (2011), em longo prazo, reduzir o tamanho de APPs na sua largura e extensão ou na exclusão de áreas frágeis hoje protegidas geraria impactos ambientais irreversíveis, colocando, muitas vezes, a própria vida humana em risco. Mesmo com toda a evolução do conhecimento científico e tecnológico, os custos para restaurar essas áreas são extremamente elevados e nem todos os serviços ecossistêmicos serão plenamente recuperados.

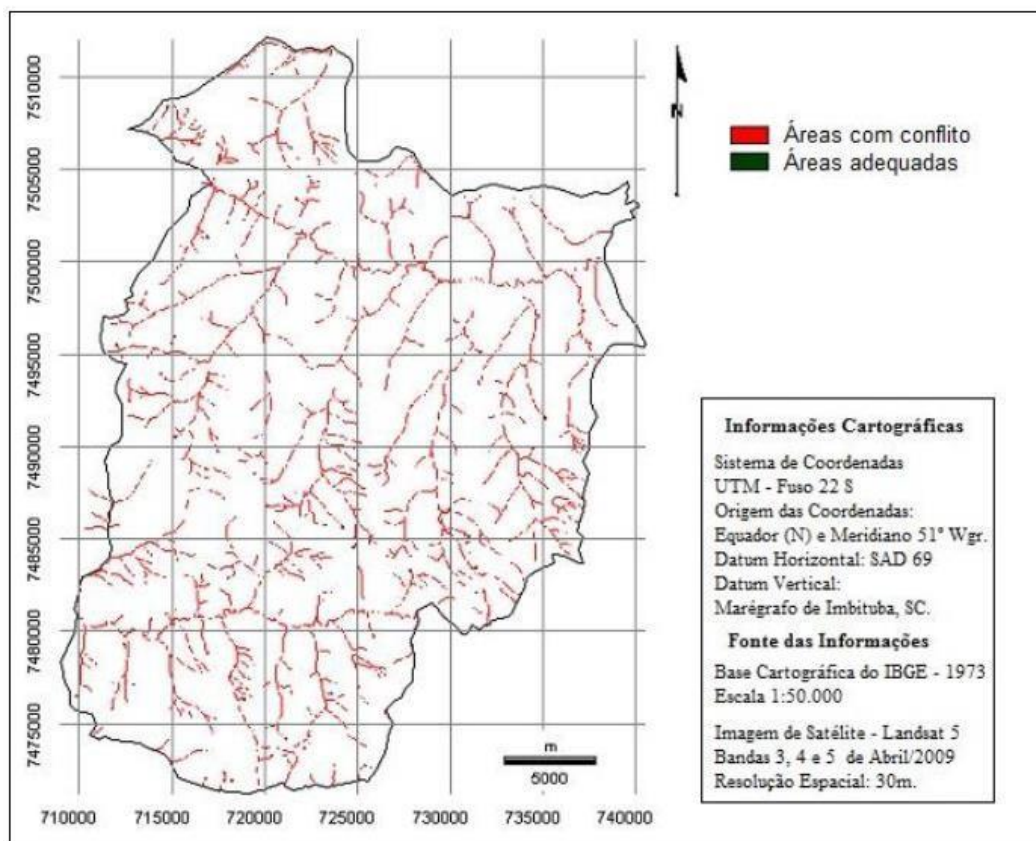
Quanto ao cumprimento da Legislação Ambiental, principalmente no que se refere à proteção dos cursos d'água no Código Florestal, verifica-se que o município de Lençóis Paulista apresenta uma realidade diferente da que está prevista na legislação, apesar da necessidade de preservação da vegetação natural ao redor das nascentes e ao longo dos rios, existe um desrespeito às normas, já que algumas áreas, não estão de acordo com a metragem estipuladas pelo Código Florestal.

Assim, em consonância com Cunico (2007) podemos afirmar que é fato que a existência de inúmeras leis, na maioria das vezes, não traduz na prática que sejam instrumentos a serem seguidos.

Fato este que se deve a falta de fiscalização por parte dos órgãos públicos e desta forma, muitas pessoas não cumprem a legislação pois sabem que a fiscalização por parte do poder público deixa a desejar. Do lado da população, tem-se as pessoas que desconhecem a lei e/ou os limites da natureza, outros, que por falta de condições financeiras não se adequam a legislação vigente e aqueles que possuem o conhecimento mas não cumprem já que seu objetivo é explorar a área independentemente das restrições legais ou ambientais.

De acordo com a Figura 6, o mapa de conflito de uso do solo e APP, a maioria da rede de drenagem não possui mata ciliar. Notam-se algumas pequenas áreas com a prática agrícola realizada de maneira adequada, ou seja, respeitando os limites propostos pelo Código Florestal. As áreas de mata ciliar correspondem a apenas 2,6 ha do total de 63.263 ha do município.

Figura 6. Áreas de conflito do uso do solo.



Fonte: Os autores.

Analisando a Tabela 4, no município de Lençóis Paulista, existem apenas 1,2ha sem conflito, o que corresponde a 2,8 % da área, contra 42,3ha com conflito, ou seja, 97,2 %. O conflito ocorre quando as áreas de produção agrícola ou pastagem ocupam áreas que deveriam estar cobertas por mata ciliar.

Tabela 4. Distribuição das áreas de conflito do uso do solo e as áreas adequadas em hectares de cultivo agrícola.

APP	Hectares
Com Conflito	42,3
Sem Conflito	1,2
Total	43,5

Fonte: Mileski, 2011.

Frente a esta situação de conflito de uso do solo, tem-se que uma das prioridades das ciências que lidam com a interface entre sistemas produtivos e gestão ambiental é avaliar as consequências que as mudanças no uso da terra e na composição da paisagem promovem sobre o bem-estar humano e estabelecer o embasamento científico para a conservação e o uso sustentável dos ecossistemas. Entre os componentes dessa interface estão os serviços ecossistêmicos (SBPC, 2011).

Segundo Novion (2011), embora os serviços ambientais não tenham um preço estabelecido, eles são muito valiosos para o bem-estar e a própria sobrevivência da humanidade, pois dos serviços ambientais dependem as atividades humanas.

De acordo com o projeto “Plano Estratégico de Avaliação da Situação Ambiental das APPs da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê/Jacaré”, idealizado pelo Instituto Ambiental Vidágua (INSTITUTO VIDÁGUA, 2011) com o apoio do Comitê de Bacia Hidrográfica da região (CBH-TJ) e do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) no qual realizaram um estudo sobre a situação das Áreas de Preservação Permanente e os impactos ambientais e econômicos com relações aos recursos hídricos dos municípios que pertencem a Bacia visando subsidiar com informações estratégicas o sistema de gestão integrada, para promover ações de reversão do quadro de degradação atual destacamos alguns aspectos que referem ao município de Lençóis Paulista, vale ressaltar que os rios monitorados no município foram o Córrego do Faxinal, Ribeirão dos Patos, Rio da Prata e o Rio Lençóis.

No Quadro 1, podemos observar o Plano de Ação para a Recuperação das Matas Ciliares em Lençóis Paulista o que fica evidenciado o alto valor para a recuperação dessas áreas.

Apesar da importância, e de serem preservadas por lei, as matas ciliares vêm sendo alvo das atividades antrópicas, diante dos interesses conflitantes de uso e ocupação da terra, ocasionando a sua supressão ao longo dos cursos d'água no qual sua utilização é para fins agropecuários assim e isto evidencia o desacordo com a Legislação Ambiental vigente.

Quadro 1. Plano de Ação para a Recuperação das Matas Ciliares em Lençóis Paulista (Instituto Vidágua, 2011).

Área total de APPs do município	408,24
Área Consolidada (ha)	11,4383
% das áreas consolidadas sobre as APPs	2,80%
Área Conservada (ha)	160,14
% das áreas conservadas sobre as APPs	39,23%
Área Passível Recuperação (ha)	229,05
% das áreas passíveis de recuperação sobre as APPs	56,11 %
% das áreas passíveis de recuperação sobre a área total de APPs	1,67 %
Plano de Ação 1 (campo/sujo; solo exposto a areia) Recuperação médio prazo/10 anos/baixo conflito (ha)	201, 59%
Plano de Ação 2 (campo/pastagem; agricultura; cana; silvicultura; piscicultura; área antropizada menos densa; loteamento consolidado e loteamento não consolidado) Recuperação médio prazo 20 anos/alto conflito (ha)	27, 46
Custo Operacional Total para recuperação das matas ciliares (R\$)	R\$ 1.860.314,86
Quantidade de mudas de essências florestais nativas	381,591

Fonte: Os autores.

5. CONCLUSÕES

Através do mapa de uso de solo sobreposto às Áreas de Preservação Permanente percebe-se que as áreas agrícolas invadem essas que deveriam estar preservadas conforme está previsto no Código Florestal. Esse fato traz prejuízos graves ao meio ambiente, prejudicando a flora e a fauna e principalmente, causando erosões e conseqüentemente o assoreamento das redes de drenagem.

As áreas de mata e mata ciliar correspondem a apenas 9,4 % do total de área do município, ou 11,8 % do total de áreas do cultivo agrícola. O principal uso do solo é com o cultivo agrícola de cana de açúcar e eucalipto (70 %), que atendem principalmente indústrias locais.

A utilização da geotecnologia, através de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento foram bastante satisfatórias para a realização do presente trabalho, possibilitando a digitalização da base cartográfica, a elaboração dos planos básicos de informação, a interpretação de imagens de satélite, a realização do cruzamento das informações e a produção do mapa temático final das APP.

Sobre a legislação, cabe destacar que a leis federais e estaduais possuem influência direta no país, mas, compete ao município atuar de forma complementar a estas Leis, especificando as peculiaridades locais. A análise da legislação, tendo como base as características do meio físico, é fundamental para a definição de limites do uso e ocupação da terra e a identificação de áreas a serem preservadas e recuperadas.

Nesse contexto, o cumprimento da legislação ambiental, no caso, o Código Florestal, se mostra como um mecanismo e instrumento fundamental para o planejamento e o gerenciamento de recursos hídricos. A manutenção da cobertura florestal em bacias hidrográficas contribui para sua preservação e conservação, para a qualidade ambiental e conseqüentemente, beneficiando também as pessoas nela presentes. Fica ressaltada a importância das Áreas de Preservação Permanente, que mesmo tendo como suporte a legislação em muitos lugares acaba não sendo cumprida de forma correta. Portanto, constatou-se, que as Áreas de Preservação Permanente no município não estão sendo preservadas conforme a legislação pertinente.

Desta forma, diante do exposto neste trabalho, pode-se concluir que a preocupação com o desenvolvimento econômico está acima da necessidade de preservar a natureza, fato este, que precisa ser revertido para assim, evitar a escassez de recursos naturais e proporcionar uma qualidade de vida adequada a população. Assim, o presente trabalho, também aponta para a necessidade de uma intervenção vinculada ao plano de proteção ambiental que vise recuperar as áreas degradadas retirando os conflitos de uso e permitindo a regeneração natural da vegetação.

REFERÊNCIAS

ASCANA. Associação dos Plantadores de Cana do Médio Tietê. Informações - 2008. Disponível em: < <http://www.ascana.com.br/>>. Acesso em; 10 abr. 2010.

BOIN, M. N. Áreas de Preservação Permanente: Uma visão prática. In: Centro de Apoio Operacional de Urbanismo e Meio Ambiente. (org.). Manual Prático da Promotoria de Justiça do Meio Ambiente. 1 ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2005.

BRASIL. Lei n° 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2o do art. 4o da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 out. 2012. 2012a. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20112014/2012/Lei/L12727.htm> Acesso em: 13 nov. 2012.

BRASIL. Código Florestal. Lei n° 4.471, de 15 de setembro de 1965. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 set. 1965. 1965a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm>. Acesso em: 13 nov. 2012. CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Geoprocessamento para Projetos Ambientais. Instituto Nacional de Pesquisas Especiais - *INPE*, São José dos Campos, SP, 1998.

CAMPOS, S. P. Planejamento Agroambiental de uma Microbacia Hidrográfica, Utilizando um Sistema de Informações Geográficas. 2001. 136 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) -Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CATI. COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agropecuárias. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/pdf/SobreoLUPA9596.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2010.

CELINSKI, T. M. Classificação de Cobertura do Solo utilizando Árvores de Decisão e Sensoriamento Remoto. 2008. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. 150p.

CRIADO, R. C. Análise do Uso da Terra nas Áreas de Preservação Permanente dos

Corpos d'água da bacia do Córrego Espreado como Subsídio para Pagamentos por Serviços Ambientais. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Presidente Prudente: 2012.

CUNICO, C. Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi – PR: Perspectivas para a Análise e Avaliação das Condições Sócio – Ambientais. 2007. 193 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

DAINESE, R. C. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado no Estudo Temporal do Uso da Terra e na Comparação entre Classificação Não-supervisionada e Análise Visual. 2001. 186 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

FITZ, P. R. Geoprocessamento Sem Complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FITZ, P. R. Cartografia Básica. Canoas: La Salle, 2000.

GALATTI FILHO, F. A. Geoprocessamento Aplicado na Distribuição Espacial da Capacidade do Uso na Microbacia do Córrego das Rochas, Avaré (SP). 2006. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

GARCIA, Y. M. Aplicação do Código Florestal como Subsídio para o Planejamento Ambiental na Bacia Hidrográfica do Córrego do Palmitalzinho - Regente Feijó - SP. Trabalho de conclusão (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2011.

GIANUCA, K. S.; TAGLIANI, C. R. Análise em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) das alterações na paisagem em ambientes adjacentes a plantios de pinus no Distrito do Estreito, município de São José do Norte, Brasil. Revista da Gestão Costeira Integrada, 12 (1):43-55, 2012.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia: uma Atualização de Bases e Conceitos. 2.^a edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, p. 149 - 209.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 29 nov. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cartas topográficas. Serviço gráfico do IBGE, 1973. Escala 1:50.000.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Divisão de Geração de Imagens (DGI-INPE). Catálogo de Imagens. Disponível em:<<http://www.dgi.inpe.br/>>. Acesso em: 15 abr. 2010.

INSTITUTO VIDÁGUA. Atlas Regional – 2011: Uso e Ocupação do Solo nas Áreas de Preservação Permanente (APP) da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê / Jacaré. Projeto: Plano Estratégico de Avaliação da Situação Ambiental das APPs da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê/Jacaré. Bauru, SP: Instituto Ambiental Vidágua, 2011.

JIM, A. S. Geoprocessamento Aplicado no Diagnóstico Físico - Ambiental do Ribeirão Descalvado, Botucatu, SP. 2006. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

LAUREANO, D. S.; MAGALHÃES, J. L. Q. Código Florestal e catástrofes climáticas. 2011. Disponível em: < <http://www.correiocidadania.com.br>>. Acesso em: 20 maio 2012.

LEITE, M. E.; ROSA, R. Geografia e Geotecnologias no Estudo Urbano. In: Caminhos de Geografia - Revista Online. Instituto de Geografia UFU - Programa de Pós-graduação em Geografia. Caminhos de Geografia 17(17) 180 - 186, fev/2006.

MILESKI, M. M. Geoprocessamento Aplicado no Uso e Ocupação do Solo no Município de Lençóis Paulista - SP. 2011. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

NARDINI, R. C. Determinação do conflito de uso e ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente da microbacia do Ribeirão Água -Fria, Bofete(SP) visando a conservação dos recursos hídricos. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

NASCIMENTO, M. C. N. et al. Uso do Geoprocessamento na Identificação de Conflito de uso da Terra em Áreas de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. In: Ciência Florestal, vol. 15, número 02 – Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, Brasil. p. 207-220, 2005.

NOVION, H. P. I. O que é serviço ambiental?. ISA, 2008. Disponível em: <<http://pib.socioambiental.org/>>. Acesso em: 04 abr. 2013.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 2008. 308 p.

ORSI, A. C. Mapeamento dos Parâmetros Pedológicos e Ambientais da Bacia do Ribeirão Lavapés em Botucatu - SP, Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. 2004. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)- Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

PIROLI, E. L. Introdução ao Geoprocessamento. UNESP - Campus Experimental de Ourinhos, 2010, 46p.

POLLO, R. A. Diagnóstico do uso do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso no município de São Manuel (SP), por meio de geotecnologias. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 144 p.

REVISTA DIREITO DOS HUMANOS. Código Florestal: Um debate sobre o Futuro Ambiental do Brasil. Publicação: Fundação Escola do Ministério Público do Estado do Paraná (FEMPAR). 1º Edição, Junho/2010.

ROSA, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto. Uberlândia: EDUFU, 2007. 248 p.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. In: Revista do Departamento de Geografia, 16, p. 81-90, 2005. Disponível em: <<http://www.cchla.ufrn.br/geoesp/arquivos/artigos/ArtigoAmbienteGeotecnologias.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

SALVADOR, N. N. B.; PADILHA, D. C. C. Estudo do Ecossistema das Áreas de Preservação Permanente (APPs) de Corpos d'água em Zonas Urbanas como Subsídio à Alterações do Código Florestal. Disponível em: <<http://www.ibdu.org.br/imagens/EstudodoEcossistemadasaareasdePreservacaopermanente.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2012.

SBPC. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. O Código Florestal e a Ciência: Contribuição para o diálogo. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência e Academia Brasileira de Ciências, 2011.

SILVA, S. T.; et al. Código Florestal: Em defesa das nossas florestas e do nosso futuro. In: LAVRATTI, P.; PRESTES, V. B. (orgs.). Direito e Mudanças Climáticas – A Reforma do Código Florestal: Limites Jurídicos. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2010 – (Direito e Mudanças Climáticas - 1) 189 p., 2010.

SILVA, E. G. Medições de Áreas por Fotografias Aéreas, em Escala Nominal, Comparadas com a Área Obtida em Fotos com Escalas Corrigidas por Meio de um SIG. 2009. 105p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

SOARES-FILHO, B. S. Impacto da Revisão do Código Florestal: Como Viabilizar o Grande Desafio Adiante?. BRASIL, 2012 - Secretaria de Assuntos Estratégicos. Disponível em: <<http://www.sae.gov.br/site/wp-content/uploads/Artigo-codigoflorestal.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2013.

CAPÍTULO 02

AGRUPAMENTO DE MICROBACIAS EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO E DAS VARIÁVEIS DIMENSIONAIS E DO PADRÃO DE DRENAGEM

Sérgio Campos

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, SP.

E-mail: sergio.campos@unesp.br

Teresa Cristina Tarlé Pissarra

UNESP – Jaboticabal – SP

E-mail: teresa.pissarra@unesp.br

Daniela Polizeli Traficante

Universidade Estadual Paulista – UNESP

E-mail: daniela.trafficante@unesp.br

Elen Fittipaldi Brasília Carrega

UNESP – Botucatu

E-mail: elen.carrega@unesp.br

Nathalia Maria Salvadeo Parizoto

UNESP – Botucatu

E-mail: nathalia.parizoto@unesp.br

RESUMO: Este trabalho visou analisar os agrupamento de microbacias em função do tipo de solo em função das seguintes variáveis dimensionais e do padrão de drenagem: Número total de segmentos de rios de 1ª ordem (Nw_1); Número total de segmentos de rios de 2ª ordem (Nw_2); Número total de segmentos de rios de 3ª ordem (Nw_3); Número total de segmentos de rios (Nwt); Comprimento total de segmentos de rios de 1º ordem (Lw_1); Comprimento total de segmentos de rios de 2º ordem (Lw_2); Comprimento total de segmentos de rios de 3º ordem (Lw_3); Comprimento total de segmentos de rios (Lwt); Comprimento médio de segmentos de rios de 1ª ordem (Lm_1); Comprimento médio de segmentos de rios de 2ª ordem (Lm_2); Comprimento médio de segmentos de rios de 3ª ordem (Lm_3); Comprimento médio total de segmentos de rios (Lmt); Razão de bifurcação (Rb); Razão de comprimentos totais (Rlw); Razão de comprimentos médios (Rlm); Densidade de drenagem (Dd); Frequência de rios (Fr); Razão de textura (T), obtidos em 4 microbacias de terceira ordem de ramificação e três unidades de solo da bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP), tendo como base cartográfica: fotografias aéreas coloridas, Carta Topográfica de Botucatu e Carta de solos do Município de Botucatu – SP. A distinção dos solos foi realizada através da análise de agrupamentos e de componentes principais. Os resultados obtidos permitiram concluir que as variáveis da composição Nw_1 , Nw_2 , Lw_2 e Lw_t para microbacias, isoladamente através do teste "t", permitiram a discriminação entre o solo RQ e as unidades LVA e RL, porém não foram sensíveis na diferenciação entre os solos LVA e RL. As variáveis dimensionais K_f e MC/ML não foram sensíveis na discriminação dos três solos e quando submetidas a análise de agrupamento, conseguiram discriminar 75 % das bacias consideradas para a unidade de solo LVA, 50 % para o solo RL e RQ. As razões de bifurcação (Rb), de comprimentos totais

(Rlw) e médios (Rlm) para microbacias não foram consistentes na discriminação dos solos, bem como a Fr foi mais eficiente na diferenciação dos solos, embora não permitiu a diferenciação entre o solo RQ e RL. A densidade de drenagem (Dd) apresentou consistência na discriminação dos solos RQ e LVA e das unidades LVA e RL para amostras circulares e bacias.

PALAVRAS-CHAVE: Agrupamentos de Microbacias; Métodos Multivariados; Componentes Principais.

SUMMARY: This work sought to analyze the attributes of the relief through the variables: maximum altitude (HM); medium altitude (Hmd); minimum altitude (Hm); the width altimétrica (H); slope medium length (CVm); run-off minimum length (Cd); medium steepness of the circular sample (l) altitude integral (IH), volume integral (IV), medium height of the volume integral (hIV), medium height of the altitude integral (hIH) and erosion development (DE) obtained in 4 watersheds of third ramification order and three soil units of River Capivara basin - Botucatu (SP), tends as cartographic base: colored aerial photographic, Topographical Shart of Botucatu and Soil Shart of the Municipal district of Botucatu - SP. The distinction of the soils was accomplished through the analysis of groupings and of main components. The obtained results allowed to conclude that the methods were shown interesting for indication of the groups similar of watersheds. The first main component it made possible to discriminate the watersheds in function of the largest values of the variables HIV, hIH, H, DE and I, indicating that as larger the value of the variable observed for the watershed, adult will be the discriminatory power, while the largest value of the second main component, for variables of the relief, you/he/she resulted in function of the largest values of HM, HMD and Hm. The variables hIV and hIH were the ones that presented larger discriminatory power in the formation of the groups of more similar watersheds.

KEY WORDS: Watershed groupings; Methods multivariate; Main components

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento e a representação detalhada do relevo de uma área constituem-se em elementos indispensáveis ao planejamento das atividades agropastoris, à elaboração de projetos de engenharia, ao levantamento e conservação de solos, aos estudos hidrológicos (Silva e Piedade, 1993), etc.

A intensidade de erosão aumenta com a diminuição da cobertura vegetal do solo ligada a cada tipo de comunidade de planta e com o aumento da dissecação do relevo, que está relacionado ao tipo de solo, conforme afirmam Politano *et al.*, (1988) em estudo que procuraram avaliar as relações entre uso e erosão de solos arenosos.

Strahler (1952) classificou o relevo, de acordo com seu estágio de maturidade, em jovem, maduro e senil. Segundo ele, o estágio da juventude caracteriza-se por apresentar um desequilíbrio entre a erosão e a deposição, sendo esta maior que aquela. No estágio senil a situação se inverte, ou seja, a sedimentação é menor que a erosão, e na maturidade do relevo já há um equilíbrio entre as duas.

O relevo tem maior influência no grau de evolução dos solos do que as diferenças de idade dos materiais originários e dos paleoclimas ou das modificações climáticas existentes (Tercinier e Quantin, 1968).

A análise de microbacias por meio do relevo, permite inferir sobre a natureza e distribuição dos solos. O estudo hipsométrico das microbacias conjuntamente com as características do relevo constituem um meio consistente na comparação entre o estágio de evolução e das unidades de solos.

A análise multivariada é uma técnica estatística que vem sendo utilizada com sucesso por muitos pesquisadores em variáveis da rede de drenagem e do relevo, como Kofller (1982), Barros (1988), Cardoso (1988), Campos e Barros (1994), etc.

A análise dos componentes principais permite a verificação em ordem de importância de cada variável original na discriminação de microbacias na constituição dos agrupamentos (Curi, 1983).

A integral hipsométrica e a volumétrica, para Vieira (1978), respectivamente, representa o material existente antes do início do processo erosivo e o volume de terra ainda existente, enquanto que a diferença entre elas, nada mais é do que o material erodido, tomando-se por base o rio de terceira ordem de ramificação.

A utilização da integral hipsométrica e integral volumétrica permitem o estudo da evolução do relevo pois, como afirma Barros (1988), enquanto a primeira representa a maneira como o material está distribuído antes da erosão, caracterizando um estágio evolutivo do relevo, a segunda representa o que restou até nossos dias.

Assim, este trabalho objetivou com auxílio de técnicas foto interpretativas e da análise multivariada de microbacias de terceira ordem de ramificação, procurou-se avaliar as características do relevo na discriminação de três unidades de solo (LVA, RL e RQ) ocorrentes da bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido na bacia do Rio Capivara, com uma área de 37840,03 hectares, a qual está localizada no Município de Botucatu (SP), entre os paralelos 22° 39' 36" a 22° 57' 39" de latitude S e os meridianos 48° 17' 34" a 48° 29' 36" de longitude W Gr.

Os solos ocorrentes na área foram classificados como: Neossolo Quartzarênico Argissólico e Latossólico (RQ), Latossolos Vermelhos-Amarelo (LVA) e Neossolos Litólicos (RL), segundo Piroli, 2002.

As unidades Neossolo Quartzarênico Argissólico e Latossólico (RQ), conforme Piroli (2002), são solos profundos, de textura muito leve, acentuadamente drenados, de cor geralmente vermelho amarelado, com sequência de horizontes A, B e C, originados a partir de arenitos, de fertilidade baixa, ácidos e muito susceptíveis à erosão.

O conteúdo de argila é baixo, sendo menor de 15 %, variando de 7,8 a 15 % nos horizontes A e B, enquanto que o conteúdo de silte no horizonte B varia de 0,2 a 2,3 %.

O relevo predominante é o suavemente ondulado a ondulado. Quando suavemente ondulado, as colinas apresentam declives suaves e formam vales em V abertos e, quando ondulados, as colinas ou morros são mais declivosos e os vales em V mais fechados.

A altitude varia de 420 a 740 metros, sendo nas partes altas de 600 a 740 metros e nas baixas de 420 a 600 metros.

A vegetação predominante é a do tipo cerrado e o material original é arenito.

O Neossolos Litólicos (RL), segundo Piroli (2002), são solos poucos desenvolvidos com espessura em torno de 35 cm, constituídos pelo horizonte A e a camada D. Granulometricamente, apresentam o conteúdo de argila em torno de 46,7 %, sendo a fração silte muito baixa, em torno de 2,1 %.

Estes solos ocupam os topos das elevações, distribuídos em pequenas manchas esparsas, sendo o relevo forte ondulado de topos arredondados, vertentes convexas, vales em V com declive em torno de 40 % e a altitude em torno de 700 metros.

O clima predominante é o do tipo Cfa e o material original é o basalto, metáfiro e provavelmente diabásico (eruptivas básicas).

A vegetação nativa predominante nestes solos é a floresta latifoliada tropical.

As áreas mapeadas por Piroli (2002) como pertencentes à unidade de solo Latossolos Vermelhos-Amarelo (LVA) caracterizam-se por serem solos profundos, de textura leve, bem drenados, de coloração vermelho amarelado, formados a partir de arenito, ácidos, de baixa fertilidade, de pequenas variações nas características, fazendo com que os vários subhorizontes se apresentem pouco individualizados, com transição variando de gradual a difusa.

A composição granulométrica deste solo apresenta o conteúdo de argila entre 15 a 30 %, nos horizontes A e B, sendo geralmente o teor de argila no horizonte C menor que no B.

Estes solos localizam-se na região do alto planalto, onde formam manchas contínuas entrecortadas por solos de outras unidades. Geralmente encontram-se nas superfícies dos espigões, que podem ser estreitas ou muito largas, apresentando uma topografia suavemente ondulada com pendentes de centenas de metros, ou completamente plana e, muito raramente, ondulada e mesmo assim de pendentes alongadas.

A altitude varia de 500 a 1000 metros, estando a sua maior parte entre 600 a 900 metros.

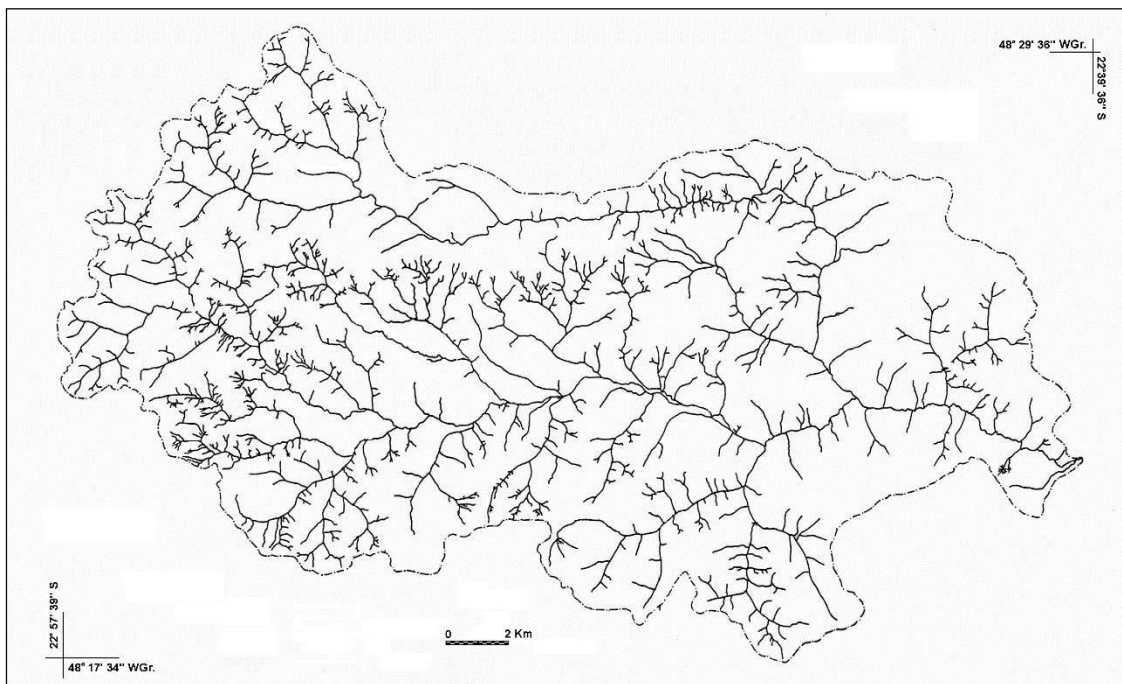
A cobertura vegetal é variável, apresentando nas partes altas campo limpo, campo cerrado e cerrado, nas partes baixas é mais fina e de arbustos tortuosos, mas predominando campo cerrado e, nas transições, apresenta capoeira e cerrado quando a unidade vizinha é o Nitossolo Vermelho (NV), contudo os arbustos do cerrado são mais eretos e vigorosos.

O clima predominante para esta unidade de solo é o Cfa, com índice pluviométrico variando de 1100 a 1700 mm.

O material de origem desses solos é constituído por arenito de Botucatu, arenito de Furnas e possivelmente sedimentos do terciário.

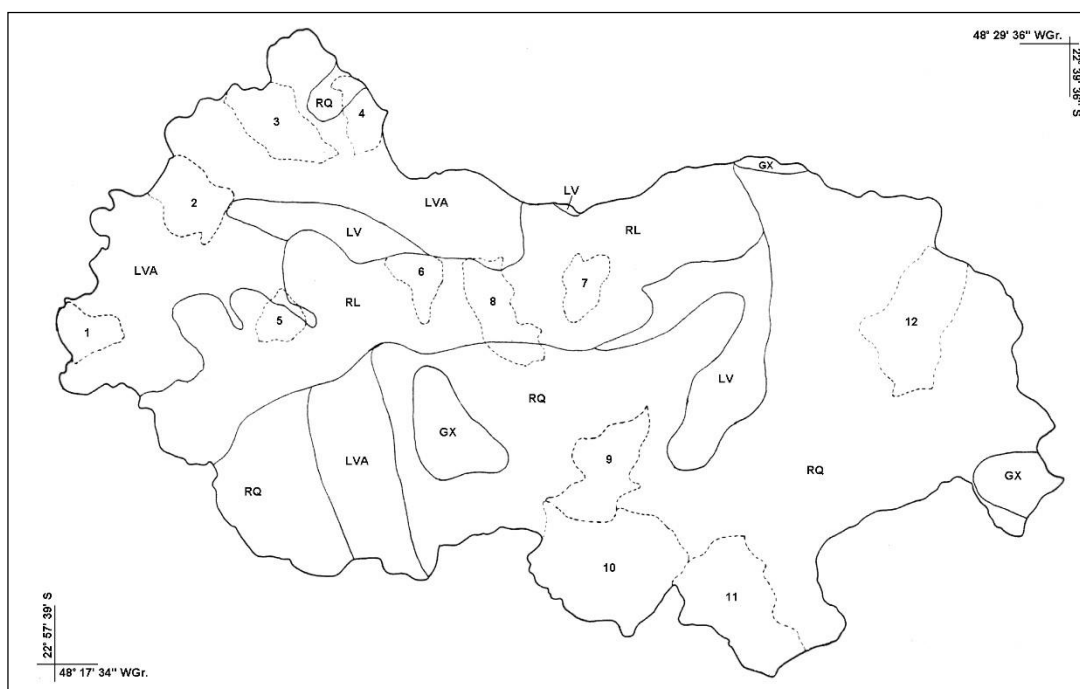
Foram utilizadas as fotografias aéreas verticais coloridas de 2000, em escala nominal aproximada de 1:30000, para elaboração do mapa da rede de drenagem da bacia do Rio Capivara - Botucatu –SP (Figura 1) e da Carta de Solos do Município de Botucatu –SP (Figura 2), na escala 1:50000, para identificação dos limites das unidades de solo e a localização das 12 microbacias de terceira ordem de ramificação, objeto de estudo neste trabalho, sendo os pontos de apoio cartográfico obtidos na Carta do Brasil, escala 1:50000, editada pelo IBGE (1969).

Figura 1. Rede de drenagem da bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP.



Fonte: Os autores.

Figura 2. Unidades de solos da bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP (Piroli, 2002) e a localização das 12 microbacias.



Fonte: Os autores.

As áreas foram determinadas com auxílio do Software SPLAN -Sistema de planimetria digitalizada (Silva et al., 1993) e as distâncias retas foram efetuadas com auxílio do compasso de ponta seca e da escala triangular, sendo as distâncias curvas determinadas com o curvímetro, da marca DERBY.

Após o decalque da rede de drenagem das fotos, utilizando-se dos estereoscópicos de espelho marca WILD, modelo ST4, efetuou-se o enriquecimento da rede de drenagem constante do mapa básico, transferindo-se os detalhes obtidos de cada foto para a carta base, com o auxílio do Aerosketchmaster, marca Carl Zeiss, JENA.

A partir das Cartas do Brasil, em escala 1:50000, identificaram-se as 12 microbacias de terceira ordem de ramificação (Figura 2), através de seus divisores de água, decalcando em filme de poliéster Terkron D – 50u, as curvas de nível equidistantes de 20 em 20 metros, correspondentes às amostras.

As variáveis dimensionais e do padrão de drenagem analisadas foram: Número total de segmentos de rios de 1ª ordem (Nw_1); Número total de segmentos de rios de 2ª ordem (Nw_2); Número total de segmentos de rios de 3ª ordem (Nw_3); Número total de segmentos de rios (Nwt); Comprimento total de segmentos de rios

de 1º ordem (Lw_1); Comprimento total de segmentos de rios de 2º ordem (Lw_2); Comprimento total de segmentos de rios de 3º ordem (Lw_3); Comprimento total de segmentos de rios (Lwt); Comprimento médio de segmentos de rios de 1ª ordem (Lm_1); Comprimento médio de segmentos de rios de 2ª ordem (Lm_2); Comprimento médio de segmentos de rios de 3ª ordem (Lm_3); Comprimento médio total de segmentos de rios (Lmt); Razão de bifurcação (Rb); Razão de comprimentos totais (Rlw); Razão de comprimentos médios (Rlm); Densidade de drenagem (Dd); Frequência de rios (Fr) e Razão de textura (T).

- Ordem de ramificação (W): para classificar os segmentos dos rios ou canais de drenagem adotou-se o sistema proposto por Horton (1945), modificado por Strahler (1957);

- Número de segmentos de rios (Nw): contou-se todos os segmentos de rios em cada ordem (Nw) e o total por bacia de terceira ordem e amostra;

- Comprimento de segmentos de rios (Lw): mediu-se todos os segmentos de rios em cada ordem (Lw) e o total por bacia de terceira ordem e por amostra;

- Comprimento médio de segmentos de rios (Lm): relação entre o comprimento total - de segmentos de rios (Lwt) e o número de segmentos de rios da mesma ordem (Nw); - Razão de bifurcação (Rb): relação entre o número de segmentos de rios numa dada ordem (Nw) e o da imediatamente mais elevada. Determinada pela média aritmética, conforme Horton (1945) e Strahler (1957);

- Razão de comprimentos totais (Rlw): relação entre as somas dos comprimentos dos segmentos de rios de uma dada ordem (Lw) e os da ordem imediatamente superior, conforme Strahler (1957). Determinada pela média aritmética;

- Razão de comprimentos médios de segmentos de rios (Rlm): relação entre o comprimento médio de segmentos de rios de uma dada ordem (Lm) e o da imediatamente inferior. Determinada pela média aritmética.

- Densidade de drenagem (Dd): relação entre o comprimento total de segmentos de rios (Lwt) e sua respectiva área (A), segundo Horton (1945);

Frequência de rios (Fr): relação entre o número total de segmentos de rios e sua respectiva área, segundo Horton (1945);

- Razão de textura (T): relação entre o número total de segmentos de rios e seu respectivo perímetro, segundo Smith (1950) e França (1968);

- Razão de textura média (Tm): calculada pela fórmula: $Tm = \sum (A \cdot T) / \sum A$, onde Tm é a razão de textura média, A é a área de cada bacia ou amostra em km² e T é a razão de textura de cada bacia de terceira ordem, conforme Smith (1950) e França (1968); - Textura topográfica: classificada a partir da razão de textura média de cada unidade de solo, segundo Smith (1950) e França (1968), conforme os dados do Quadro 1.

Quadro 1. Parâmetros para classificação da textura topográfica com base nos valores de razão de textura média.

Classe de textura topográfica	Razão de textura média (Tm) em Km
Grosseira	Abaixo de 2,5
Média	2,5 a 6,2
Fina	Acima de 6,2

Fonte: Os autores.

Foi também utilizada a análise multivariada, utilizando-se como coeficiente de semelhança a Distância Euclideana Média entre os pares de microbacias, segundo Sneath e Sokal (1973), com o objetivo de encontrar a melhor maneira de descrever os padrões de similaridade mútuas entre microbacias.

O teste "t" Student foi aplicado com o objetivo de verificação dos contrastes ortogonais entre as médias dos solos (C1 = RPV/RLV x Li-b, C2 = RPV-RLV x LVa, C3 = RPV-RLV x (Li-b + LVa) e C4 = LVa x Li-b), bem como, analisar as variáveis do relevo que mais contribuiriam na discriminação dos solos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados (Quadro 2) revelaram que no estudo das variáveis da composição da rede de drenagem dessas 12 microbacias foram considerados as conceituações adotadas por Horton (1945), com modificações de Strahler (1957), Campos (1993), Campos *et al.*, (1993), Conte *et al.*, (1990), Campos (1998), entre outros.

Quadro 2. Variáveis dimensionais referentes às 12 microbacias estudadas na bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP).

		Variáveis dimensionais da rede de drenagem											
Solos	Bacia	Nw1	Nw2	Nw3	Nwt	Lw1	Lw2	Lw3	Lwt	Lm1	Lm2	Lm3	Lmt
LVA	1	5	2	1	8	2,0	1,9	1,0	4,9	0,40	0,85	1,0	2,25
LVA	2	12	3	1	16	2,8	2,0	1,5	6,3	0,23	0,67	1,5	2,40
LVA	3	17	3	1	21	4,9	2,9	2,0	9,8	0,29	0,97	2,0	3,26
LVA	4	8	2	1	11	2,7	1,0	1,4	5,1	0,34	0,50	1,4	2,24
LVA	Média	10,5	2,5	1	14	3,1	1,95	1,48	6,53	0,32	0,75	1,48	2,54
RL	5	11	3	1	15	2,7	1,0	1,0	4,7	0,25	0,33	1,0	1,58
RL	6	13	3	1	17	3,6	1,8	1,3	6,7	0,28	0,60	1,3	2,18
RL	7	9	2	1	12	2,8	1,7	1,0	5,5	0,31	0,85	1,0	2,16
RL	8	14	3	1	18	4,0	1,6	3,6	9,2	0,29	0,53	3,6	4,42
RL	Média	11,75	2,75	1	15,5	3,28	1,53	1,73	6,53	0,28	0,58	1,73	2,59
RQ	9	18	5	1	24	4,2	2,7	3,3	10,2	0,23	0,54	3,3	4,07
RQ	10	20	5	1	26	9,0	4,6	4,7	18,3	0,45	0,92	4,7	6,07
RQ	11	30	6	1	37	12,8	4,4	3,5	20,7	0,43	0,73	3,5	4,66
RQ	12	8	3	1	12	3,5	2,0	1,4	6,9	0,44	0,67	1,4	2,51
RQ	Média	19,00	4,75	1	24,75	7,38	3,43	3,23	14,03	0,39	0,72	3,23	4,33
"t"		2,23ns	8,42**	0,00ns	2,21ns	3,34ns	5,05*	2,97ns	4,35*	2,05ns	0,86ns	2,97ns	3,13ns
GI		11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
CV%		44,68	25,50	0,00ns	38,39	57,75	38,57	51,25	46,02	22,89	28,60	51,25	36,58
C1	T	2,78**	11,08**	0,00ns	3,55ns	4,80ns	9,17*	3,74ns	6,52*	3,90ns	1,00ns	3,74ns	4,57ns
	gl	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C2	T	3,83**	14,02**	0,00ns	4,80ns	5,22*	5,53*	5,08ns	6,52*	1,86ns	0,06ns	5,08ns	4,83ns
	gl	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C3	T	4,38**	16,67**	0,00ns	5,53*	6,67*	9,65*	5,85*	8,70*	3,72ns	0,19ns	5,85*	6,27*
	gl	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C4	T	0,08ns	0,17ns	0,00ns	0,09ns	0,01ns	0,46ns	0,10ns	0,00ns	0,37ns	1,53ns	0,10ns	0,00ns
	gl	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

OBS: Número total de segmentos de rios de 1ª ordem (Nw₁); Número total de segmentos de rios de 2ª ordem (Nw₂); Número total de segmentos de rios de 3ª ordem (Nw₃); Número total de segmentos de rios (Nwt); Comprimento total de segmentos de rios de 1º ordem (Lw₁); Comprimento total de segmentos de rios de 2º ordem (Lw₂); Comprimento total de segmentos de rios de 3º ordem (Lw₃); Comprimento total de segmentos de rios (Lwt); Comprimento médio de segmentos de rios de 1ª ordem (Lm₁); Comprimento médio de segmentos de rios de 2ª ordem (Lm₂); Comprimento médio de segmentos de rios de 3ª ordem (Lm₃); Comprimento médio total de segmentos de rios (Lmt); Razão de bifurcação (Rb); Razão de comprimentos totais (Rlw); Razão de comprimentos médios (Rlm); Densidade de drenagem (Dd); Frequência de rios (Fr) e Razão de textura (T). Fonte: Os autores.

Os resultados obtidos referentes à composição da rede de drenagem para número (Nw), comprimento total (Lw) e médio (Lm) de segmentos de rios para as diversas ordens de ramificação, mostram que houve uma diferenciação hidrológica entre os solos LVA, RL e RQ. As unidades de solo RQ e LVA apresentaram os maiores e os menores valores médios, respectivamente, ficando o solo RL com valores intermediários para os parâmetros número de segmentos de rios de primeira ordem (Nw_1), número de segmentos de rios de segunda ordem (Nw_2), número total de segmentos de rios (Nw_t), comprimento total de segmentos de primeira ordem (Lw_1), comprimento total de segmentos de terceira ordem (Lw_3), comprimento médio de segmentos de terceira ordem (Lm_3) e comprimento médio total de segmentos (Lm_t), enquanto que para os parâmetros: comprimento total de segmentos de segunda ordem (Lw_2), comprimento total de segmentos (Lw_t), comprimento médio de segmentos de primeira ordem (Lm_1) e comprimento médio de segmentos de segunda ordem (Lm_2), os valores menores foram para a unidade de solo Lib e os maiores para o solo RQ, com exceção de Lm_2 , onde o maior valor foi para a unidade de solo LVA e o menor para o solo RL, ficando com valor intermediário a unidade RQ e do parâmetro comprimento total de segmentos (Lw_t) onde os valores foram iguais para as unidades de solo LVA e RL e maior no solo RQ.

O teste "t" foi também aplicado com o objetivo de avaliar a significância estatística das variáveis da composição da rede de drenagem número (Nw), comprimento total (Lw) e médio de segmentos de rios (Lm) para as diversas ordens e no intuito de verificar o contraste ortogonal (C) entre as variáveis dos solos RQ, LVA e RL, sendo o contraste C_1 : RQ x RL, C_2 : RQ x LVA, C_3 : RQ x RL + LVA e C_4 : LVA x RL. Esses parâmetros que mostraram uma significância ao nível de 1 % e 5 % são importantes no estudo da rede de drenagem, pois indicam uma possível diferenciação entre as 3 unidades de solo, concordando com Carvalho (1977), Manzoli Júnior (1990), Campos (1993), Barros (1993), Campos *et al.*, (1993), Cardoso (1994), dentre outros, quando afirmam que o número e comprimento médio de segmentos de rios são sensíveis para diferenciar unidades de solo, podendo estar indicando diferenciação hidrográficas e possível imposição do relevo local (Barros, 1988) e que segundo Amaral (1991) podem ser resultados do efeito topográfico e estrutural e não diferenças das atuais condições do solo.

A aplicação do teste "t" para os contrastes C_1 , C_2 , C_3 e C_4 (Quadro 8) permite afirmar que o número de segmentos de rios de primeira ordem (Nw_1) e de segunda ordem (Nw_2) foram as únicas variáveis que apresentaram significância ao nível de 1% de probabilidade para os contrastes C_1 , C_2 e C_3 e não significativo no contraste C_4 . O teste permitiu também colocar que nos 4 contrastes, as variáveis número de segmentos de rios de terceira ordem (Nw_3), comprimento médio de segmentos de rios de primeira ordem (Lm_1) e comprimento médio de segmentos de rios de segunda ordem (Lm_2), não apresentaram significância. Os parâmetros comprimento de segmentos de rios de segunda ordem (Lw_2) e comprimento médio total de segmentos de rios (Lw_t) apresentaram significância ao nível de 5 % de probabilidade para os contrastes C_1 , C_2 e C_3 e não significativo no contraste C_4 .

Os parâmetros número de segmentos de rios total (Nw_t), comprimento de segmentos de rios de terceira ordem (Lw_3), comprimento médio de segmentos de rios de terceira ordem (Lm_3) e comprimento médio total de segmentos de rios (Lm_t) apresentaram sensibilidade estatística ao nível de 5 % apenas para o contraste C_3 , enquanto o parâmetro Lw_1 apresentou significância ao nível de 5 % de probabilidade para os contrastes C_2 e C_3 . Esses resultados permitem inferir que o número de segmentos de rios de primeira ordem (Nw_1) e de segunda ordem (Lw_2), o comprimento total de segmentos de rios de segunda ordem (Lw_2) e total (Lw_t) foram sensíveis na discriminação da unidade de solo RPV-RLV das outras duas, porém não foram sensíveis na diferenciação dos solos LVA e Li-b. O padrão de drenagem por ser o resultado do trabalho das águas que atingem, penetram e se escoam pela superfície do terreno, mostra a diferenciação entre os solos.

Os valores médios de razão de ramificação (Rb), de razão de comprimentos totais (Rlw) e de comprimentos médios (Rlm) foram maiores para para a unidade de solo RQ, intermediários para o solo Li-b e menores para a unidade LVA (Quadro 11), permitindo uma diferenciação no comportamento hidrológico dos solos.

Os valores de razão de ramificação indicam que a relação infiltração/deflúvio dos solos decresce na razão inversa destes valores, ou seja, na sequência: LVA, RL e RQ. Os valores elevados para a razão de bifurcação nas bacias 3 (4,33) e 11 (5,50) foram devido aos formato alongado, os quais deverão determinar a velocidade de escoamento e sugerir a ocorrência de controle estrutural, segundo Chorley (1971). Para Carvalho (1977), a razão de comprimentos totais (Rlw) e a razão de comprimentos médios (Rlm) não se constituíram em características consistentes na discriminação de solos.

Quadro 3. Variáveis do padrão de drenagem e razões referentes às 12 microbacias estudadas na bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP).

Solos	Bacia	Rb	Rlw	Rlm	Dd	Fr	T
LVA	1	2,75	1,48	1,65	1,95	3,19	1,22
	2	3,50	1,37	2,58	1,36	3,46	1,82
	3	4,33	1,57	2,70	1,79	3,83	2,10
	4	3,00	1,71	2,14	2,04	4,41	1,61
	Média	3,40	1,53	2,26	1,79	3,72	1,69
RL	5	3,33	1,85	2,18	2,52	8,04	2,85
	6	3,67	1,69	2,16	2,84	7,03	2,51
	7	3,25	1,67	1,96	2,45	5,35	1,89
	8	3,83	1,47	4,31	1,82	3,56	1,73
	Média	3,52	1,67	2,65	2,41	6,00	2,25
RQ	9	4,30	1,19	4,23	1,68	3,94	1,97
	10	4,50	1,47	3,58	1,34	1,91	1,59
	11	5,50	2,82	3,25	2,03	3,62	2,71
	12	2,83	1,59	1,81	0,74	1,28	0,91
	Média	4,28	1,77	3,22	1,45	2,69	1,80
"t"		1,56ns	0,30ns	1,09ns	4,95*	5,90*	1,07ns
GI		11	11	11	11	11	11
CV%		20,61	26,20	33,68	23,29	33,68	29,90
C1	T	1,97ns	0,10ns	0,76ns	9,62*	11,28**	29,90*
	gl	3	3	3	3	3	3
C2	T	2,66ns	0,59ns	2,16ns	1,19ns	1,10ns	0,07ns
	gl	3	3	3	3	3	3
C3	T	3,07ns	0,39ns	1,83ns	5,86*	6,48*	0,24ns
	gl	3	3	3	3	3	3
C4	T	0,05ns	0,20ns	0,36ns	4,04ns	5,32*	1,91ns
	gl						

Fonte: Os autores.

Os valores médios não permitiram inferir uma discriminação hidrológica dos três solos, pois o teste "t" mostrou uma não significância para as três razões (Rb, Rlw e Rlm) nos contrastes entre as médias C₁ (RQ x LVA), C₂ (RQ x RL), C₃ [RQ x (LVA + RL)] e C₄ (LVA x RL), conforme Quadro 12.

Para permitir o estudo proposto quantitativamente do grau de desenvolvimento das redes de drenagem, as variáveis do padrão de drenagem: densidade de drenagem (Dd), frequência de rios (Fr) e razão de textura (T) foram determinadas nas bacias, conforme Quadro 11, pois segundo Frost (1960), elas refletem a maneira pela qual a água atinge a superfície do solo se distribuiu por deflúvio ou infiltração, fornecendo indícios sobre a composição e a origem dos materiais dos solos.

Os resultados permitem constatar que esses índices mostraram uma discriminação entre as unidades de solo RL e as outras duas, indicando uma relativa proximidade entre as unidades LVA e RQ.

Os maiores valores médios obtidos para densidade de drenagem (Dd), frequência de rios (Fr) e razão de textura (T) foram para a unidade de solo RL (2,41; 6,00 e 2,25), os intermediários para o solo LVA (1,79; 3,72 e 1,69) e os menores para a unidade RQ (1,45; 2,69 e 1,80), respectivamente, mostraram-se sensíveis para diferenciar os solos, concordando dessa maneira com as observações de Horton (1945), Ray & Fischer (1960), França (1968), Carvalho (1977), Campos (1993), Barros (1988), Cardoso (1988), os quais afirmam que esses índices caracterizam a rede de drenagem, pois relacionam o número e o comprimento total de rios com a área e o perímetro da bacia, concordando com a afirmação de Espíndola (1977) que coloca estar o grau de evolução ou maturidade do solo numa sequência inversa aos valores encontrados para os índices de drenagem e frequência de rios.

Os valores médios de densidade de drenagem (Dd), frequência de rios (Fr) e razão de textura refletiram as características de cada solo, mostrando que a relação infiltração/deflúvio comparativamente foi maior para o solo RL, intermediário para a unidade LVA e menor para a unidade de solo RQ, ou seja, numa sequência inversa aos valores encontrados para os índices de drenagem. Provavelmente isso ocorreu em virtude da gênese, estágio de desenvolvimento, estrutura e textura de seus perfis, e do relevo de ocorrência que conferem aos solos diferentes graus de drenagem interna, ou seja, moderadamente drenado para o solo RL, fortemente drenado para a unidade LVA e excessivamente drenado para a unidade RQ (Quadro 1).

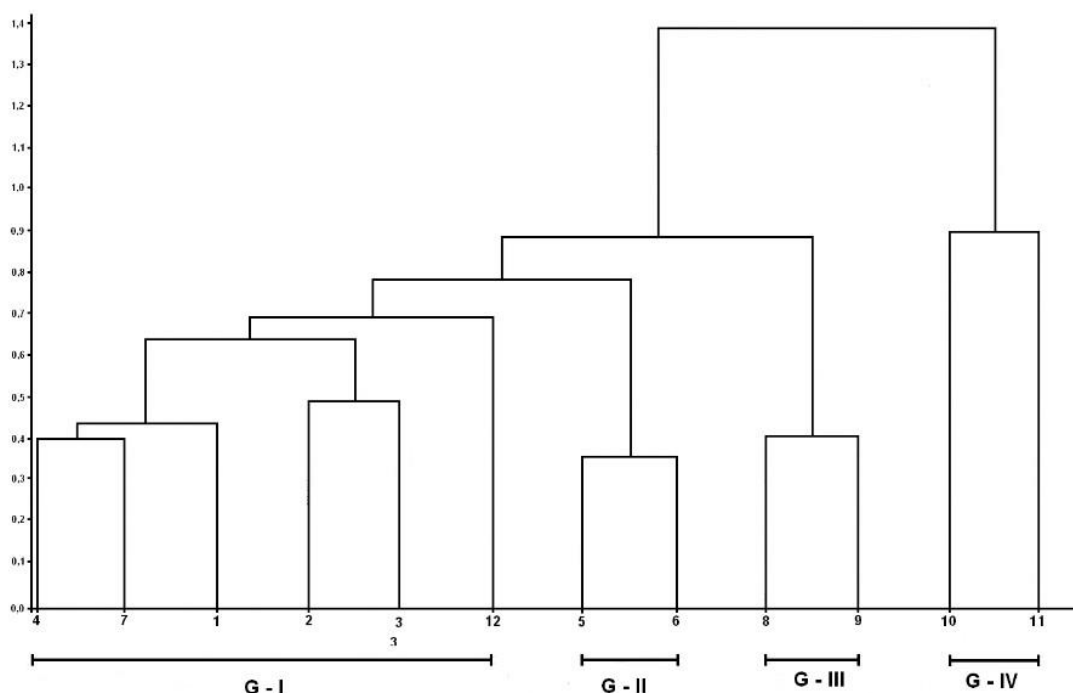
Os valores médios (Quadro 11) para a razão de textura média (RTm) como foram menores que 2,5 para as três unidades de solo permitiram classificá-las como textura topográfica grosseira, conforme classificação preconizada por Smith (1950) e adaptada por França (1968) ao sistema métrico decimal. Assim, podemos afirmar que a classe de textura topográfica não foi sensível para permitir a discriminação das unidades de solo estudadas entre si, concordando com Silva (1988) e discordando de Souza (1975).

As médias dos parâmetros do padrão de drenagem e teste "t" para os contrastes entre as médias C_1 (RQ x LVA), C_2 (RQ x RL), C_3 [RQ x (LVA + RL)] e C_4 (LVA x RL), mostradas através do Quadro 12 permitem observar que a densidade de drenagem (Dd) foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para os contrastes C_1 e C_3 , indicando que este índice mostrou-se eficiente na discriminação entre as unidades de solo RQ e LVA, porém não foi sensível na diferenciação entre os solos LVA e RL (C_4), e RQ e LVA (C_1). A razão de textura (T) mostrou significância somente na discriminação entre os solos RQ e LVA, enquanto que a frequência de rios (Fr) foi significativa ao nível de 5 % de probabilidade na diferenciação entre os solos LVA e RL (C_4) e ao nível de 1% entre as unidades RQ e LVA (C_1) e também ao nível de 5 % de probabilidade no contraste C_3 [RQ x (LVA + RL)], não apresentando sensibilidade estatística para as unidades RQ e RL (C_2).

Portanto, a Fr e a Dd foram sensíveis na diferenciação entre os solos RQ e LVA (C_1) e entre as unidades RQ e LVA + RL (C_4), sendo que a Fr foi o único índice que permitiu diferenciação entre os solos LVA e RL. Todas as variáveis do padrão de drenagem não foram eficientes na discriminação entre os solos RQ e RL, sendo que a razão de textura foi sensível apenas na diferenciação entre os solos RQ e LVA.

As razões de bifurcação (Rb), de comprimento total (Rlw) e médio (Rlm) não foram sensíveis na discriminação dos três solos.

Figura 3. Fenograma ilustrativo da interrelação das 12 bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação estudadas e variáveis dimensionais e do padrão de drenagem, utilizando-se como medida de semelhança a Distância Euclideana Média.



Fonte: Os autores.

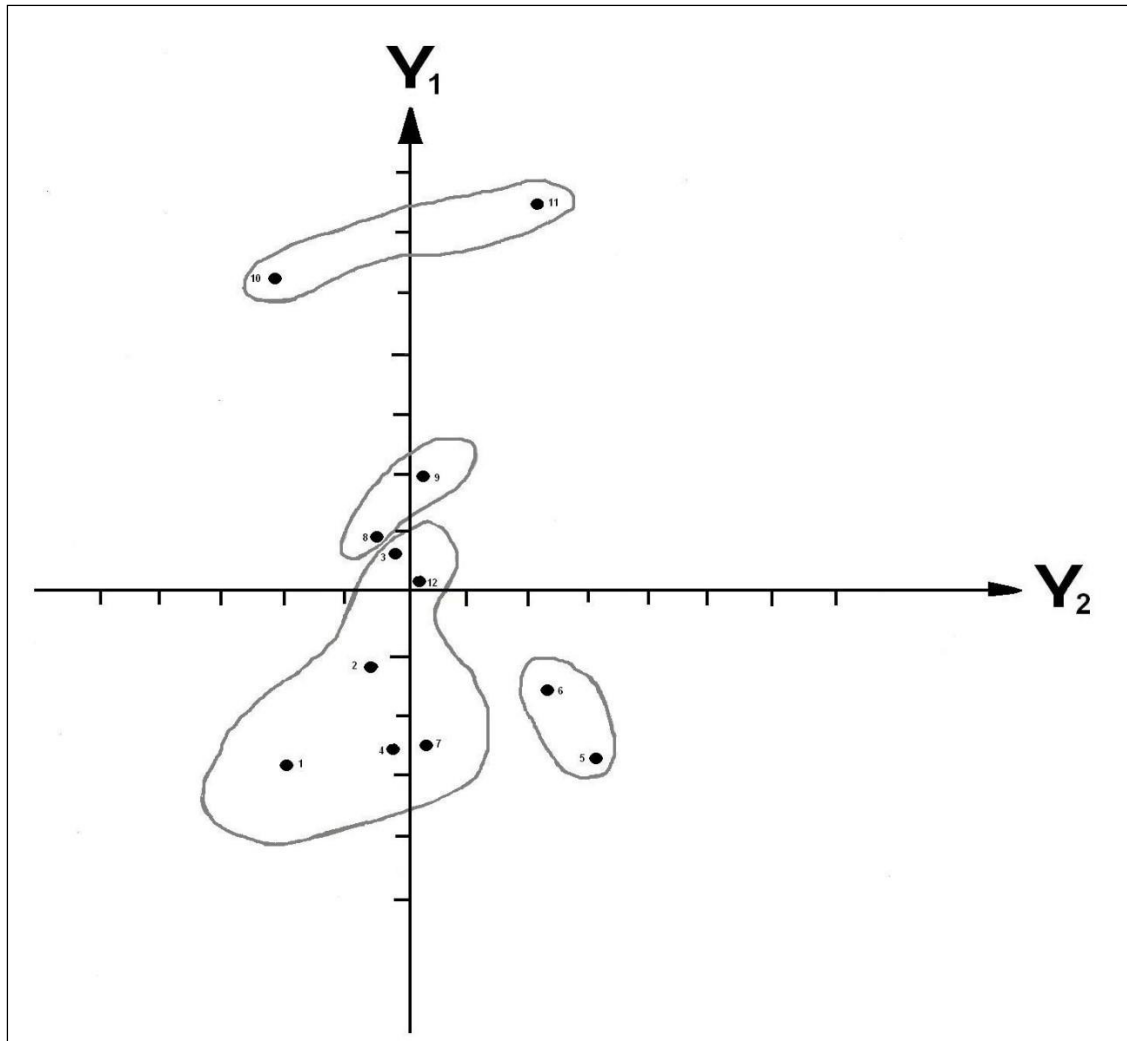
Quadro 4. Valores dos componentes principais (Y_1 e Y_2) para as variáveis dimensionais e do padrão de drenagem, ordem de importância e porcentagem da variância total e acumulada.

Variáveis	1º Componente Principal (Y_1)	2º Componente Principal (Y_2)	Ordem de Importância
Nw1	0,296	0,169	1
Nw ₂	0,294	0,081	6
Nw ₃	0,000	0,000	18
Nw _t	0,301	0,157	3
Lw ₁	0,298	0,064	7
Lw ₂	0,294	-0,085	5
Lw ₃	0,288	-0,081	8
Lw _t	0,314	0,000	10
Lm ₁	0,124	-0,275	15
Lm ₂	0,098	-0,258	17
Lm ₃	0,288	-0,081	9
Lmt	0,293	-0,129	4
Rb	0,294	0,171	2

Rlw	0,128	0,260	16
Rlm	0,226	0,023	14
Dd	-0,084	0,432	13
Fr	-0,130	0,466	11
T	0,072	0,507	12
% Variância total	57,81	20,95	
% Variância acumulada	57,81	78,76	

Fonte: Os autores.

Figura 1. Ordenação das 12 microbacias, usando-se os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2).



Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÕES

Os resultados permitiram concluir que:

1 - As variáveis dimensionais submetidas a análise de agrupamento, conseguiram discriminar 75% das microbacias consideradas para a unidade de solo LVA, 50 % para o solo RL e RQ; as variáveis da composição para bacias Nw_1 , Nw_2 , Lw_2 e Lw_t foram sensíveis na discriminação da unidade de solo RQ dos solos LVA e RL, porém, não foram eficientes na diferenciação dos solos LVA e RL; as razões de bifurcação (Rb), de comprimentos totais (Rlw) e médios (Rlm) para microbacias não foram consistentes na discriminação dos solos;

2 - A variável do padrão de drenagem em microbacias mais eficiente na diferenciação dos solos foi a Fr , embora não permitiu a diferenciação entre o solo RQ e RL para bacias; a razão de textura (T) em bacias foi ineficiente na discriminação entre os solos; a densidade de drenagem (Dd) apresentou consistência na discriminação dos solos RQ e LVA e das unidades LVA e RL para microbacias; o número de segmentos de rios de primeira ordem (Nw_1) foi a variável mais importante das duas amostragens na análise multivariada.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, C. *Fotointerpretação de características de bacias hidrográficas de terceira ordem na diferenciação de unidades de solo*. Botucatu: UNESP, 1991. 104p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1991.
- BARROS, Z.X. de. *Caracterização de bacias hidrográficas no mapeamento de solos mediante o uso de análise multivariada*. Botucatu: UNESP, 1988. 113p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1988.
- CAMPOS, S. *Fotointerpretação da ocupação do solo e suas influências sobre a rede de drenagem da bacia do rio Capivara - Botucatu (SP), no período de 1962 a 1977*. Botucatu: UNESP, 1993. 164p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1993.
- CAMPOS, S., BARROS, Z.X. de. Comportamento da rede de drenagem na bacia do rio Capivara - Botucatu (SP), durante 15 anos. *Energ. na Agríc.*, Botucatu, v.9, n.1, p.3753, 1994.
- CAMPOS, S., GENEVICIUS, A., VETTORAZZI, C.A., BARROS, Z.X. de., CARDOSO, L.G. Índices quantitativos do padrão de drenagem obtidos por meio de interpretação de imagens TM/Landsat-5 na caracterização de unidades de solo no município de Piracicaba - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, Ilhéus-BA, 1993. Anais... Ilhéus. CEPLAC/SBEA, 1993. p.430-440.
- CARDOSO, L.G. *Comportamento das redes de drenagem em solos com cana-deaçúcar e com eucalipto*. Botucatu: UNESP, 1988. 139 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1988.
- CARDOSO, L.G. *Características do relevo e da rede de drenagem de quatro unidades de solo determinadas em bacias hidrográficas e amostras circulares*. Relatório de pesquisa encaminhado à CPRT da FCA/UNESP. 1991. 122p.
- CARVALHO, W.A. *Fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares de redes de drenagem de solos com horizontes B textural*. Piracicaba: USP, 1977. 126p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, 1977.
- CONTE, A.M., CARVALHO, W.A., PFEIFER, R.M. et al. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha. *Ver. Inst. Flor.*, São Paulo, vb.2, n.1, p.1-29, 1990.
- CURI, P.R. A similaridade na análise de agrupamento: coeficientes de correlação e distância. *Cienc. Cult.* S. Paulo, n.11, p.1678-86. 1983.

ESPÍNDOLA, C.R. *Relações entre os solos e elementos de paisagem na zona do baixo rio do Peixe Região Conchas - Anhembi, SP*. Piracicaba: USP, 1977. 113p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" - Universidade Estadual Paulista, 1977.

FRANÇA, G.V. de. *Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicadas a solos da região de Piracicaba*. Piracicaba: USP, 1968. 151p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, 1968.

FROST, R.E. Photo interpretation of soils. In: MANUAL OF PHOTOGRAPHIC INTERPRETATION. *Am.Soc. of Photogramm.*, Washington, v.5, p.343-402, 1960.

HORTON, R.H.L. Erosional development of streams and their drainage basins hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull.Geol.Soc.Am.*, Boulder, v.56, n.3, p.275-330.1945.

KOFFLER, N.F. Análise do relevo a partir de índices de drenagem obtidos com fotografias aéreas. *Bol.Geogr.Teorética*. Rio Claro, v.12, n.23/24, p.69-76, 1982.

MANZOLI JUNIOR, W. *Unidades de solos caracterizadas por ocupação, rede de drenagem e relevo de bacias hidrográficas do município de Sud-Mennucci -SP*. Botucatu: UNESP, 1990. 131p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho", 1990.

POLITANO, W.; ATHAYDE, M.L.F.; CORSINI, P.C.& LOPES, L.R. Avaliação mediante o emprego de imagens aéreas das condições ligadas ao uso da terra e erosão acelerada de uma área com solos arenosos provenientes da formação Bauru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17, Iperó, 1988.

Resumos... Iperó, 1988. CENEA/SBEA, 1988.p.48.

RAY, R.G., FISCHER, W.A. Quantitative photographic: a geologic research tool. *Photogram. Eng.*, Falls Church, v.26, n.1, p.143-150, 1960.

SILVA, M.S. *Fotointerpretação da rede de drenagem e do relevo de três solos do município de Botucatu - SP*. Botucatu: UNESP, 1988. 163p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 1988.

SILVA, C.M., CATANEO, A., CARDOSO, L.G. Sistema de planimetria digitalizada. In: JORNADA CIENTÍFICA DA ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES, Botucatu, 18, 1993. *Anais...* Botucatu - SP, JC, 1993,p.109.

SILVA, M.S., PIEDADE, G.C.R. Análise do relevo de uma bacia hidrográfica através da curva de distribuição percentual da superfície em função de suas declividades parciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA

AGRÍCOLA, IlhéusBA, 22, 1993. *Anais...* Ilhéus-BA, CEPLAC/SBEA, 1993.p.362-373.

SMITH, K.G. Standards for grading texture of erosional topography. *Am.J.Sci.*, v.248, p.655-668, 1950.

SNEATH, P.H.A., SOKAL, R.R. *Numeral taxonomy*. San Francisco, W.H. Freeman, 1973. 573p.

SOUZA, M.L.P. *Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B Latossólicos ocorrentes no município de Ponta Grossa (PR)*. i Piracicaba: USP, 1975. 135p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1975.

STRAHLER, A.N. Hypsometric analysis of erosional topographic. *Bull.Geol.Soc.Am.*, Colorado, v.63, p.1117-41,1952.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology.

Trans.An.Geophys. Union, New Haven, v.38, p.913-920, 1957.

TERCINIER, G. & QUANTIN, P. Influence d'alteracion de cenches et ponces volconiques d'age recent sur la nature, les proprietes et la fertilité des soles aux nouvelles. *Hébrides. Coh. Orston. Sér. Pédol.*, 6:203-224, 1968.

VIEIRA, N.M. *Estudo geomorfológico das voçorocas de Franca, SP*. Franca: UNESP, 1978. 255p. Tese (Doutorado em História) - Instituto de História e Serviço Social, Universidade Estadual Paulista, 1978.

CAPÍTULO 03

ANÁLISE DA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DOS PATOS, BOFETE – SP

Yara Manfrin Garcia

Faculdade de Ciências e Engenharias – UNESP – Botucatu, SP
E-mail: yaramanfrin@hotmail.br

Sérgio Campos

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, SP.
E-mail: sergio.campos@unesp.br

Gabriel Rondina Pupo da Silveira

Faculdade de Ciências e Engenharias – UNESP – Tupã, SP.
E-mail: gabrielrondina@hotmail.br

RESUMO: A caracterização morfométrica em bacias hidrográficas permite avaliar o comportamento dessas áreas, tornando-se uma fonte de dados importante no planejamento e preservação de recursos hídricos. O presente estudo teve como objetivo caracterizar a morfometria do ribeirão dos Patos, Bofete – SP, situada entre as coordenadas geográficas 48° 07' 03" a 48° 16' 53" de longitude WGr. e 23° 00' 16" a 23° 03' 39" de latitude S, com uma área de 3810,87ha. Os resultados apresentaram uma microbacia de 4ª ordem de ramificação de canais e baixa densidade de drenagem (1,3km/km²). O índice de conformação (0,35), fator de forma (0,40) e o coeficiente de compactidade (1,37), indicam formato alongado. O índice de sinuosidade de 1,35 indica tendência a canais retilíneos com uma extensão do percurso superficial da enxurrada de 384,61m. A declividade média é de 16,48 %, classificando o relevo como forte ondulado. Os parâmetros dimensionais juntamente com os índices morfométricos da forma, relevo, de composição e padrão da rede de drenagem permitiram inferir que a área apresenta baixa susceptibilidade a enchentes e riscos de erosões.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica; Morfometria; Parâmetros dimensionais.

SUMMARY: The morphometric characterization in watersheds allows evaluating the behavior of these areas, providing important data for planning and preservation of natural resources. This study aimed to characterize the morphometry of the Stream Patos watershed, Bofete - SP, located between the coordinates 48° 07 '03 "to 48 16' 53" of longitude WGr. and 23° 00' 16" to 23° 03' 39" S latitude, with an area of 3810,87ha. The results showed a watershed 4rd order branching channels and low drainage density (1.3km/km²). The conformation index (0.35), form factor (0.40) and the coefficient of compactness (1.37), indicate elongated shape. The sinuosity index of 1.35 indicates a tendency to rectilinear channels with a extent of surface runoff route of 384.61m. The average slope is 16.48 %, ranking as undulating relief. Dimensional parameters along with the standard drainage network morphometric indices of shape, relief, composition and allowed to infer that the area has low susceptibility to flooding and erosion risks.

KEYWORDS: Watershed; Morphometry; Dimensional parameters.

1. INTRODUÇÃO

A crise nos recursos hídricos nos últimos anos vem se agravando. Parte dos reservatórios destinados ao consumo de pequenas e grandes cidades está se esgotando, tornando a água, recurso essencial à sobrevivência dos seres vivos, cada vez mais escassa. Achar que apenas o clima é fator importante nesse processo é um erro, pois o descaso com áreas de recarga de nossas águas, sobretudo por ações antrópicas, prejudica o recurso tanto em quantidade como em qualidade. O desperdício, o desmatamento, processos erosivos que acarretam assoreamentos, uso indevido de defensivos são alguns dos exemplos da falta de cuidado com a água.

O planejamento ambiental é uma necessidade para a preservação dos recursos hídricos, evitando o desgaste de solos com ocupações inadequadas, que potencializam enchentes e agravam o problema da escassez da água.

A bacia hidrográfica é definida como a área de captação natural da água das chuvas que drenam para um rio principal e seus afluentes, possui um relevo específico limitado por divisores de águas topográficos e freáticos que a separa das microbacias adjacentes, com funções hidrológicas e ecológicas extremamente importantes na conservação dos serviços ambientais (LIMA, 1986; BRASIL, 1987; FAUSTINO, 1996; BARRELLA *et al.*, 2001; MOSCA, 2003; LEONARDO, 2003; RODRIGUES, 2004).

As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano.

A morfometria é uma ferramenta de diagnóstico das condições fisiográficas naturais, seus parâmetros de análise, tais como: fator de forma, densidade de drenagem, declividade do terreno, entre outros, que servem como indicadores da suscetibilidade à degradação ambiental. Portanto, eles norteiam o planejamento, o manejo e as ações mitigadoras para a conservação e uso dos recursos naturais (RODRIGUES, 2004).

As características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas,

e expressam estreita correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre (PISSARA *et al.*, 2004).

A combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais (Antonelli & Thomaz, 2007).

Os parâmetros morfométricos devem ser considerados no conjunto para caracterizar a bacia e devem ser utilizados como importantes pressupostos na elaboração de projetos de prevenção e defesa contra eventos hidrológicos, como estiagens e enchentes que ocorrem na bacia hidrográfica (LINDNER *et al.*, 2007).

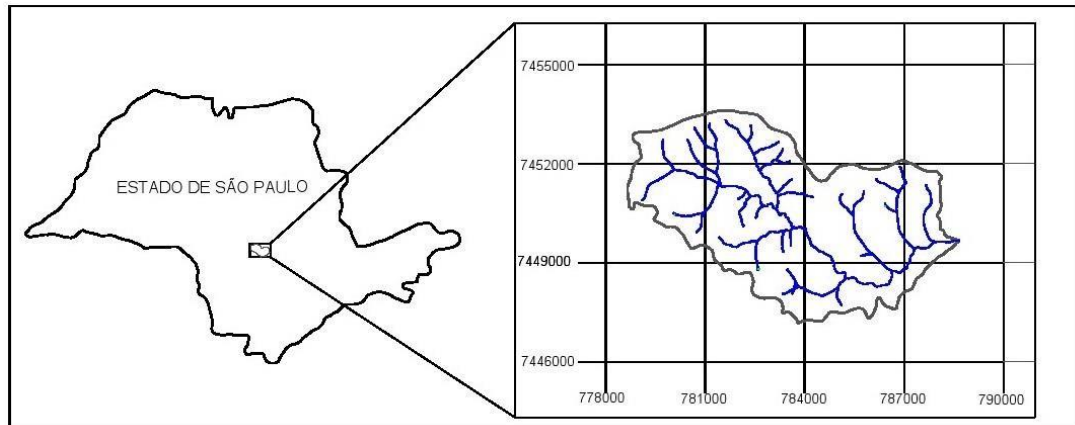
O presente trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão dos Patos, Bofete (SP), através da análise de parâmetros físicos de altimetria, comprimento axial e largura média da bacia hidrográfica, comprimento do rio principal e de toda rede de drenagem, área e perímetro da bacia hidrográfica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia do Ribeirão dos Patos situa-se no município de Bofete (SP), no centro sul do Estado de São Paulo, sendo uma área significativa, pois está sobre o maior aquífero de água doce do mundo, o aquífero Guarani. Encontra-se entre as seguintes coordenadas geográficas: 48° 07' 03" a 48° 16' 53" de longitude WGr. e 23° 00' 16" a 23° 03' 39" de latitude S, com uma área de 3.810,87ha (Figura 1).

O clima predominante do Município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa – caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. Os ventos do Sul ocorrem predominantemente nos meses de agosto e setembro. As precipitações anuais são da ordem de 1.300mm, distribuídos no período que compreende os meses de setembro a março.

Figura 1. Localização geográfica do ribeirão dos Patos (Elaborado pelo próprio autor).



Fonte: os autores.

A obtenção as coordenadas, do limite e da rede de drenagem da teve como base cartas planialtimétricas em formato digital, editadas pelo IBGE (1969), folhas de Botucatu (SF-22-R-IV-3), Conchas (SF-22-X-II-2), Anhembi (SF-22-R-IV-4) e Pardinho (SF-22-X-II-1), em escala 1:50000, datum vertical marégrafo Imbituba, SC, e datum horizontal Córrego Alegre, MG.

O software *AutoCad* foi utilizado para importação das cartas em formato digital, onde posteriormente realizou-se o georreferenciamento para definição do limite, acompanhando-se os pontos mais elevados em torno da rede de drenagem. As cotas altimétricas foram demarcadas com base nas cartas, bem como a rede de drenagem acompanhou os rios e corpos d'água existentes na microbacia, através da ferramenta *Edit polyline*. A determinação dos parâmetros dimensionais da microbacia como comprimento axial (C), correspondente a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas; largura média (Lm) que corta transversalmente o vale principal; comprimento do rio principal (Ccp) correspondendo à representação horizontal das sinuosidades do rio principal, desde sua nascente até a foz; comprimento total da rede de drenagem (Cr) que acompanha as sinuosidades do rio principal e dos tributários; perímetro (P) correspondente ao comprimento da linha do divisor de águas que circunda a microbacia e área (A); circunscrita pela linha do divisor de águas que delimita a microbacia, (Dv) distância vetorial (comprimento em linha reta) entre dois extremos do canal principal. Foram realizadas selecionando-se com o cursor cada segmento

de reta digitalizado, e, através do comando *properties* foram definidos os valores para os cálculos dos índices morfométricos.

O coeficiente de compacidade (Kc) que relaciona a forma da microbacia com um círculo, é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho (Villela e Mattos, 1975). Se a microbacia for irregular, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente inferior ou igual à unidade 1,0 corresponderia a uma bacia circular, para uma bacia alongada, seu valor seria superior a 1,0. Quando seu Kc for mais próximo da unidade 1,0, a bacia será mais suscetível a enchentes (Tabela 1). Para a determinação do Kc utilizou-se a equação:

$$Kc = 0,28 * P/A^{1/2}$$

Onde:

Kc - Coeficiente de compacidade;

O - Perímetro em Km;

A - Área de drenagem em Km².

Tabela 1. Valores e interpretação de fator de forma (Ff), índice de conformação (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc) para bacias hidrográficas.

Ff	Ic		Formato da bacia ambiental	Interpretação da microbacia
1,00 - 0,75	1,00 - 0,8	1,00 - 1,24	Redonda	alta tendência à enchentes
0,75 - 0,50	0,8 - 0,6	1,25 - 1,50	Ovalada	tendência mediana à enchentes
0,50 - 0,30	0,6 - 0,40	1,50 - 1,70	Oblonga	baixa tendência à enchentes
< 0,30	< 0,40	> 1,70	Comprida	tendência a conservação

Fonte: VILLEA e MATTOS, 1975.

O fator de forma é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão). Ele foi calculado a partir da equação:

$$Ff = Lm/C$$

Onde:

Ff - fator de forma;

Lm - largura média da bacia em km.

Comprimento axial da bacia em km.

Uma bacia com fator de forma baixo indica que a mesma é menos sujeita a enchentes que outra, de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior (VILLELA e MATTOS, 1975).

O índice de Circularidade (I_c) compara a área da bacia com a área do quadrado de lado igual ao comprimento axial. Quanto mais próximo de 1 (um) o valor de (I_c), ou seja, quanto mais a forma da bacia se aproximar da forma do quadrado do seu comprimento axial, maior a potencialidade de produção de picos de cheias (VILLELA e MATTOS, 1975). O (I_c) foi calculado a partir da equação:

$$I_c = A/C^2$$

Onde:

A - Área da bacia em Km²;

C - Comprimento axial da bacia em Km.

A ordem da microbacia (W): é uma classificação da rede de drenagem, onde identifica-se e quantifica-se os segmentos de rios, pois geralmente, quanto maior for a ordem da microbacia, maior será a quantidade de rios existentes e maior será também a extensão dos segmentos dos rios. Os segmentos de rios iniciais são definidos de primeira ordem (nascentes), enquanto que os segmentos de segunda ordem são estabelecidos pela confluência de dois segmentos de primeira ordem e assim sucessivamente (STRAHLER, 1957).

A extensão do percurso superficial da água de enxurrada (Eps) representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente e foi determinada pela fórmula (CHRISTOFOLETTI, 1969):

$$Eps = (1/2 * Dd) * 1000$$

Onde: Eps - Extensão do percurso superficial da água de enxurrada em Km;

Dd - Densidade de drenagem em Km/Km².

O coeficiente de manutenção dos canais (C_m) foi proposto por Schumm (1956), como o inverso da densidade de drenagem. Essa constante, cuja unidade é quilômetros quadrados por quilômetros, tem dimensão de comprimento e aumenta em magnitude conforme a área de contribuição aumenta. Especificamente, ela

mostra a área de drenagem necessária em quilômetros quadrados, para sustentar um quilômetro linear de canal.

$$C_m = 1/(D_d * 100) * 100$$

Onde:

C_m - Coeficiente de manutenção;

D_d - Densidade de drenagem em Km/Km².

A relação de bifurcação é a relação entre o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior (Christofolletti, 1980), onde o resultado não poderá ser inferior a dois.

$$R_b = N_u/N_{u+1} + 1 \quad \text{Onde:}$$

R_b - Relação de bifurcação, adimensional;

N_u - Número de segmentos de determinada ordem;

N_{u+1} - Número de segmentos da ordem imediatamente superior.

Estes valores indicam o grau de dissecação da microbacia e, quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação. Os valores abaixo de 2 indica relevo colinoso (CASTRO e CARVALHO, 2009).

A razão de textura (T) é a relação do número de segmentos de rios e o perímetro da microbacia, onde à medida que o relevo passa de suave ondulado para ondulado, os valores médios da razão de textura (T) aumentam refletindo num mesmo ambiente climático, condição em que a infiltração da água encontra maior dificuldade. O escoamento superficial é mais intenso e provoca, conseqüentemente, maior dissecação hídrica do terreno, aspecto similar ao de ravinas. A razão de textura foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$T = N_t/P$$

Onde:

T - razão de Textura;

N_t - número total de rios;

P - perímetro em Km.

Segundo França (1968), a razão de textura pode ser classificada como grosseira (valores menores que 2,5), média (valores entre 2,5 e 6,2) e fina (valores acima de 6,2).

O índice de sinuosidade (I_s) relaciona o comprimento verdadeiro do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre dois extremos do canal principal, de acordo com a equação:

$$I_s = C_{cp}/d_v$$

Onde:

I_s - Índice de sinuosidade;

C_{cp} - Comprimento do canal principal em Km;

D_v - Distância vetorial em Km.

Os valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo e superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (LANA, 2001).

A densidade de drenagem (D_d) é expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede (perenes ou intermitentes) e a área total da bacia, conforme fórmula.

$$D_d = C_r/A$$

Onde:

D_d - Densidade de drenagem em Km/Kkm²;

C_r - Comprimento total de todos os cursos d'águas em Km;

A - Área da bacia em Km².

Este índice é indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a microbacia, dando uma ideia a respeito do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da microbacia (GUARIZ, 2008).

O cálculo da densidade de drenagem (Christofolletti, 1980) é importante na análise das microbacias porque apresenta relação inversa com o comprimento dos

rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das microbacias de drenagem.

França (1968) classificou a densidade de drenagem (Tabela 2) em:

Tabela 2. Valores e interpretação de densidade de drenagem.

Dd	Interpretação Ambiental	Interpretação ambiental da bacia
< 1,5	Baixa	Baixo escoamento superficial e maior infiltração
1,50 – 2,5	Média	Tendência mediana de escoamento superficial.
2,5 – 3,0	Alta	Alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas.
> 3,0	Super alta	Alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosão.

Fonte: Os autores.

A razão de relevo (Schumm, 1956) é a relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da microbacia (H) e o seu maior comprimento (C), que corresponde à direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas:

$$Rr = H/C$$

Onde:

Rr - Razão de relevo;

H - Maior altitude em m;

C - Maior comprimento em m.

A razão de relevo permite comparar a altimetria das regiões, demonstrando que, quanto maiores os valores, mais acidentado é o relevo predominante na região, maior será o escoamento superficial direto (Qds) da água das chuvas, o que reflete numa menor relação infiltração deflúvio, provocando erosão. A razão de relevo indica o declive total ou declividade geral da bacia (STRAHLER, 1957). PIEDADE (1980) classificou a razão de relevo em três classes: baixa, média e alta, sendo a razão de

relevo baixa entre (0 a 0,1), a razão de relevo média entre (0,11 a 0,30) e razão de relevo alta (0,31 a 0,60).

A declividade média (D%) é o produto da somatória do comprimento das curvas de nível (Figura 2) pela equidistância vertical entre as elas dividido pela área (A), de acordo com Lima (1986), determinada através da fórmula:

$$D (\%) = (\sum Cn * \Delta H)/A$$

Onde:

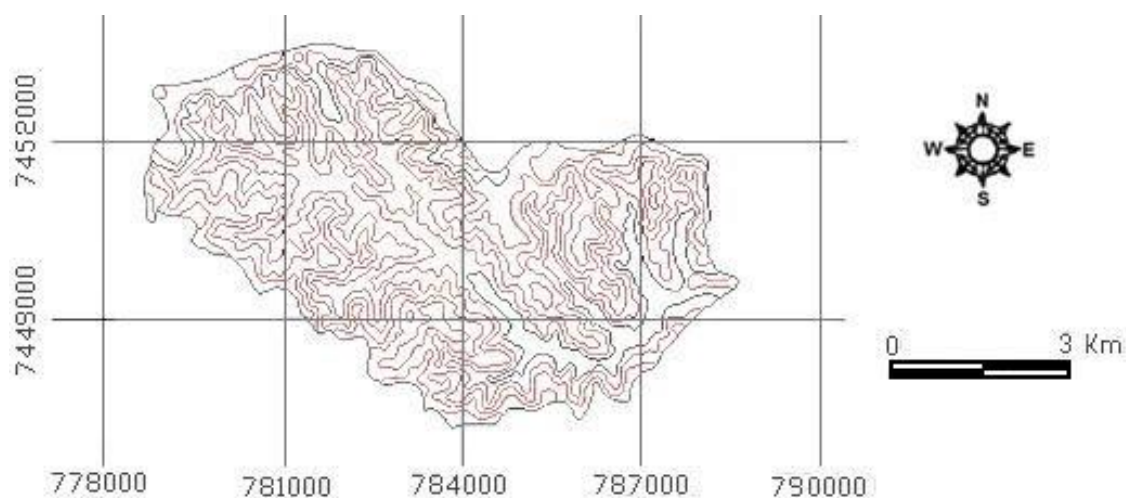
D - declividade média da microbacia em %;

Cn - somatória das curvas de nível da bacia em Km; ΔH -

equidistância vertical entre curvas de nível em Km;

A - área da bacia em Km².

Figura 2. Planialtimetria do ribeirão dos Patos.



Fonte: Os autores.

As classes de declividade utilizadas foram as indicadas Embrapa (1999), onde o intervalo de 0 a 3 % é classificado como relevo plano; de 3 a 6 % como suave ondulado; de 6 a 12 % por ondulado; de 12 a 20 % como forte ondulado; de 20 a 40 % por montanhoso e maior que 40 % como escarpado.

A altitude influencia na quantidade de radiação que recebida e, conseqüentemente, a evapotranspiração, temperatura e precipitação. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; grandes

variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração. A altitude média é dada pela relação entre a somatória da maior altitude (MA) e a menor (mA) dividido por 2, enquanto a amplitude altimétrica é dada pela diferença entre maior cota (MA) e a menor (mA) da microbacia (CASTRO E LOPES (2001), citados por GUARIZ (2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As microbacias com formato circular apresentam maior potencialidade de picos de cheias, sendo fator de risco aos processos erosivos nas microbacias com formato alongado.

Os resultados para o coeficiente de compacidade (1,37), fator de forma (0,40) e índice de conformação (0,35) demonstram que esta possui formato mais alongado que circular (Tabela 3 e Figura 3). Esse formato tornam a área menos susceptível a picos de enchentes, tendendo à maior conservação (VILLELA e MATTOS, 1975).

Tabela 3. Características físicas do ribeirão dos Patos.

Características físicas da microbacia	Unidade	Resultados
Parâmetros Dimensionais		
Área (A)	km ²	38,10
Perímetro (P)	Km	30,31
Comprimento Axial (C)	Km	10,34
Comprimento da drenagem (Cr)	Km	49,29
Comprimento das cotas (Cn)	Km	314,10
Largura média (Lm)	Km	4,16
Comprimento do canal principal (Ccp)	Km	13,01
Características da Forma e Relevô		
Declividade média (D)	%	16,48
Altitude média (Hm)	M	574,5
Maior altitude (MA)	M	649
Menor altitude (mA)	M	500

Amplitude altimétrica da microbacia (H)	M	149
Razão de Relevô (Rr)	-	1,44
Fator de Forma (Ff)	-	0,40
Índice de Conformação (Ic)	-	0,35
Coeficiente de Compacidade (Kc)	-	1,37
Índices Padrões de Drenagem		
Ordem da microbacia (W)	-	4ª
Densidade de Drenagem (Dd)	(km/km ²)	1,3
Coeficiente de Manutenção (Cm)	(km ² /km)	0,77
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	M	384,61
Razão de Textura (T)	%	1,42
Índice de Sinuosidade (Is)	-	1,35

Fonte: Os autores.

A rede de drenagem apresentou um comprimento total de rios de 49,283Km, sendo 31 canais de primeira ordem (Nw¹); 9 canais de segunda ordem (Nw²), 2 canais de terceira ordem (Nw³) e 1 canal de quarta ordem (Nm⁴). Assim podemos classificá-la como de quarta ordem de ramificação (Figura 2), segundo o sistema de classificação proposto por (Strahler, 1957).

A extensão do percurso superficial (*Eps*), distância percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente foi de 384,61 metros, enquanto que o coeficiente de manutenção dos canais (*Cm*) demonstrou que é preciso 0,77Km² de área para manter ativo um quilômetro de canal fluvial.

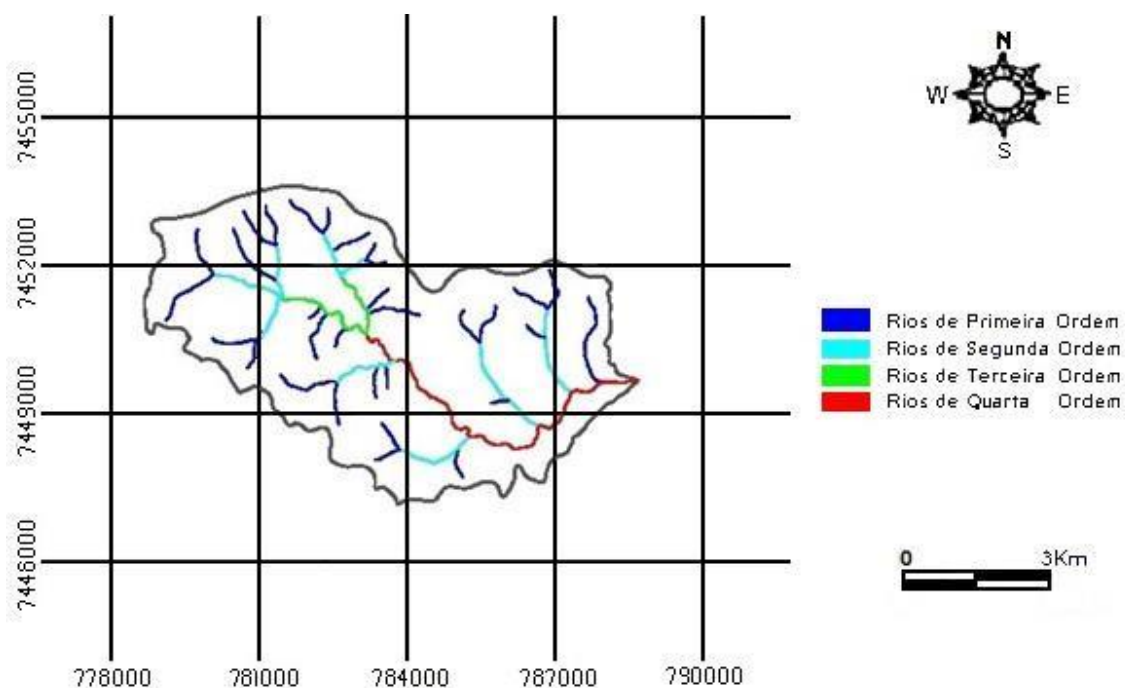
Quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação, ou seja, maior é a área ocupada pelas vertentes. Assim, a relação de bifurcação de 4,97 permitiu classificar como relevo não colinoso, pois valores geralmente abaixo de 2 indica relevo colinoso (CASTRO; CARVALHO, 2009).

O estudo de numerosos sistemas fluviais (STRAHLER, 1952) confirma o princípio de que uma região de clima, litologia e estado de desenvolvimento uniforme, a relação de bifurcação tende a permanecer constante de uma ordem para a

seguinte. Os valores desta relação que oscilam entre 3 e 5 são característicos dos sistemas fluviais e sugere se tratar de bacias equilibradas.

A razão de textura (T) foi classificada como grosseira, pois o valor de 1,42 (Smith, 1950) e modificada por França (1968), corresponde à relação entre o número total de anais e seu perímetro (P), classificando as classes de textura topográfica em: grosseira (<2,5); média (2,5 a 6,2); e fina (> 6,2).

Figura 3. Ordem de ramificação do ribeirão dos Patos (Elaborada pelo próprio autor).



Fonte: Os autores.

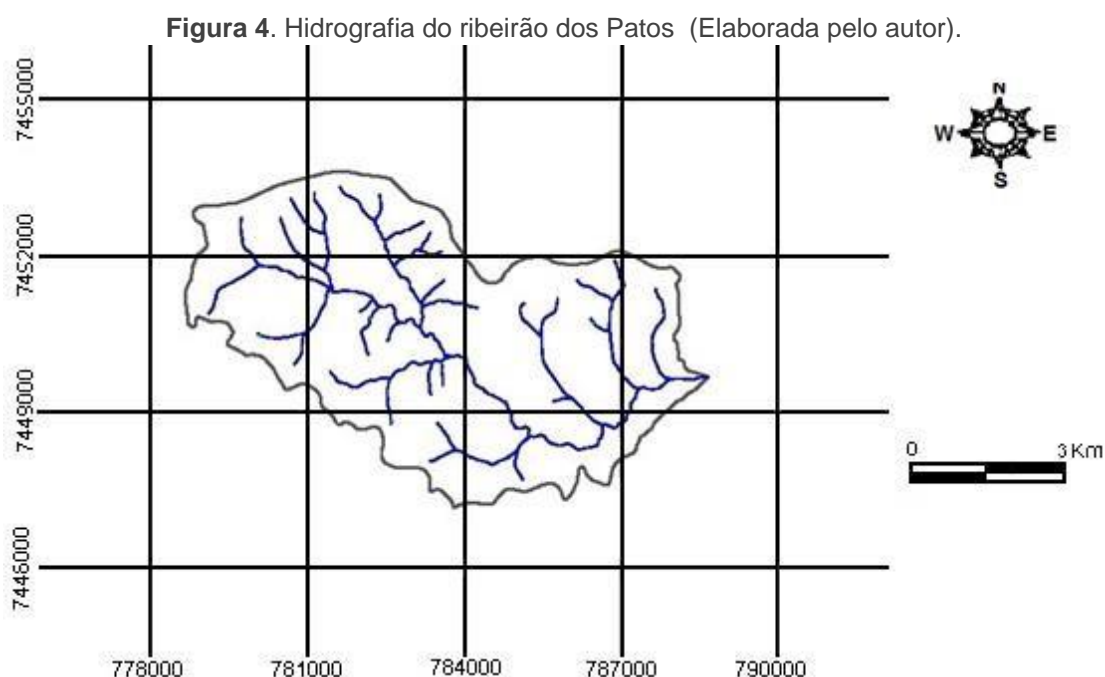
Tabela 4. Ordem de ramificação do ribeirão dos Patos (Elaborada pelo próprio autor).

Ordem dos Rios	Quantidade	Valores (km)
1 ^a	31	25,316
2 ^a	9	12,439
3 ^a	2	3,625
4 ^a	1	7,903
Total	43	49,283

Fonte: Os autores.

O índice de sinuosidade de 1,35 (Figura 3) mostra uma tendência de canais retilíneos, pois valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo e superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (LANA, 2001).

A densidade de drenagem da microbacia é de 1,3Km/Km² (Figura 4), considerada baixa (FRANÇA, 1968). Esse índice pode variar de 0,5km/km² em microbacias com drenagem pobre a 3,5km/km², ou mais, em bacias bem drenadas (VILLELA e MATTOS, 1975), enquanto que microbacias com baixa densidade de drenagem tendem a um baixo escoamento superficial e maior infiltração, fazendo com que a água deixe a bacia hidrográfica com menor velocidade, potencializando riscos de erosão. As microbacias com menor densidade de drenagem possuem um relevo mais suave, rochas resistentes, solo muito permeável ou cobertura vegetal densa (ROCHA, 1991).



Fonte: Os autores.

A razão de relevo de 1,44 é considerado baixa (Piedade, 1980) permitiu inferir que o relevo predominante da área não é acidentado, sendo menor o escoamento superficial da água das chuvas, o que reflete numa maior relação infiltração deflúvio, evitando processos erosivos.

A declividade média encontrada da microbacia de 16,48 % permitiu classificar o relevo como ondulado de acordo com as classes de declividades e tipos de relevo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), pois relevos com menor declividade apresentam menor velocidade de escoamento superficial das águas pluviais, diminuindo o lixiviamento do solo e riscos de erosão.

4. CONCLUSÕES

O fator de forma, o coeficiente de compacidade e o índice de conformação permitiram constatar que a microbacia tem formato mais alongado, indicando baixa tendência a enchentes.

O índice de sinuosidade mostrou que a microbacia apresenta canais retilíneos, enquanto que a baixa densidade de drenagem mostra que o solo é permeável com infiltração da água mais eficiente, porém oferecendo riscos de erosão pela menor velocidade com que a água deixa a bacia principalmente na condição de fortes precipitações.

A declividade média da microbacia permitiu classificar o relevo como ondulado, muito importante na conservação do solo através de práticas conservacionistas como construção de terraços em nível e manutenção de cobertura vegetal.

A caracterização dos índices morfométricos da área de estudo permitiu avaliar o comportamento da microbacia, configurando-a com dados importantes no planejamento ambiental desta, principalmente na conservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ANTONELI, V; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. *Caminhos da Geografia, Uberlândia*, v.8, n.21, p.46-58, 2007.

ARGENTO, M. S. F., CRUZ, C. B. M. Mapeamento geomorfológico. In: *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.264-82, 1996.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas. Manual Operativo. Brasília, DF, Coordenação Nacional do PNMH, Ministério da Agricultura, 1987, 60 p.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfologia, Campinas*, v.9, n.18, p.35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2ªed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 488p.

CASTRO, S.B.; CARVALHO, T.M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *Scientia plena*, v.5, n.2. 2009, p.1 – 7.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF, 1999. 306p.

FAUSTINO, J. Planificación y gestión de manejo de cuencas. Turrialba: Costa Rica, 1996. p.1-90.

FRANÇA, G. V. Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. 1968. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

GUARIZ, H.R. Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira-Alegre, ES. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Alegre, Universidade Federal do Espírito Santo, 2008. 275p.

HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *New York: Geological Society of American Bulletin*, v.56. p. 807-813, 1945.

LANA, C.L.; ALVES, J.M. de P.; CASTRO, P de T.A. Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG-Brasil. *Rev. Escola de Minas, Ouro Preto*, v.54, n.2, 2001.

LEONARDO, H.C.L. Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio Passo CUE, região oeste do Estado do Paraná. 2003. 121p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LIMA, W. P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba: Ed. ESALQ, 1986. 245p.

LINDNER, E.; GOMIG, K.; KOBAYAMA, M. Sensoriamento remoto aplicado à caracterização morfométrica e classificação do uso do solo na bacia rio do Peixe, SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis, Brasil. Anais... Florianópolis: INPE, 2007. p. 3405-3412.

MOSCA, A.A.O. Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de anejo de florestas plantadas. 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PIEDEDE, G.C.R. Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP. Botucatu, 1980. 161 p. (Tese de Livre Docência) - FCA/UNESP, 1980.

PISSARA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). Rev. Bras. Ciências do Solo, Viçosa, n.28, p.297-305, 2004.

POLLO, R. A. et al. Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Botucatu - SP. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava, v.5, n.1, p.163-174, 2012.

ROCHA, J. S. M. da. Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas. Universidade Federal de Santa Maria – RS: 1991,181p.

RODRIGUES, V. A. Morfometria e mata ciliar da microbacia hidrográfica. In: WORKSHOP EM MANEJO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, 8., 2004, Botucatu. Anais... UNESP, 2004. p.7-18.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambory, New Jersey. Bulletin of the Geological Society of America, Colorado, EUA, n.67, p.597-646, 1956.

SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. American Journal of Science, New Haven, v. 248, p. 655-658, 1950.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. Bull.

Geol. Soc. Am., Washington, v.63, n.10, p.1117-1142. 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analyses of watershed geomorphology. Transactions of American Geophysical Union, Washington, DC, v. 38, p. 913-920, 1957.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

CAPÍTULO 04

GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA ESPACIALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E ÁREAS DE CONFLITOS NA SUBBACIA RIBEIRÃO HORTELÃ

Sérgio Campos

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, SP.
E-mail: sergio.campos@unesp.br

Marina Granato

UNESP – Botucatu
E-mail: marina.granato@unesp.br

Muriel Cicatti Emanoeli Soares

UNESP – Botucatu
E-mail: muriel.soares@unesp.br

Raquel Cavasini

UNESP – Botucatu
E-mail: raquel.cavasini@unesp.br

Débora Marques Araújo

UNESP – Botucatu
E-mail: debora.araujo@unesp.br

Monica Yuri Mashiki

UNESP – Botucatu
E-mail: monica.mashiki@unesp.br

Junia Ruggiero

UNESP – Botucatu
E-mail: junia.ruggiero@unesp.br

Mariana Wagner de Toledo Piza

UNESP – Botucatu
E-mail: mariana.piza@unesp.br

RESUMO: O presente trabalho visou analisar os conflitos de uso do solo em áreas de preservação permanentes (APPs) da sub-bacia do Ribeirão Hortelã - Botucatu (SP) através do uso de Sistemas de Informações Geográficas – SIG Idrisi Andes 15.0 e de imagem de satélite. A área com 1405,15ha, situa-se entre as coordenadas geográficas: 48° 34' a 48° 31' de longitudes WGr. e 22° 55' S a 22° 51'S de latitudes S. O mapa de uso do solo de 2006 foi obtido a partir da classificação supervisionada em imagem de satélite digital de 23/10/2006. Na identificação digital dos alvos foram utilizadas as chaves de interpretação para imagens e as áreas foram determinadas através do SIG – IDRISI Andes 15.0. Os conflitos de uso nas áreas de preservação permanente foram analisados ao longo da rede de drenagem e das nascentes através do SIG Idrisi Andes 15.0, conforme itens dos artigos 2º e 3º da Resolução nº

303 do CONAMA. As áreas de preservação permanente (APP) discriminadas ao longo da rede de drenagem foram de 1276,04ha. No entanto, 272,89ha da área de APP está ocupada com campo limpo (150,59ha), cultura (109,82ha), campo sujo (5,63ha) e reflorestamento (6,85ha) de forma inadequada (conflito). Portanto, 98,86 % de área de APP vem sendo utilizada inadequadamente.

PALAVRAS-CHAVES: APPs; Sensoriamento remoto; SIG.

SUMMARY: The present work aimed to analyze the conflicts of soil use in permanent preservation areas (PPA) of Stream Hortelã sub-basin - Botucatu (SP) through the use of Geographical Information Systems - SIG Idrisi Andes 15.0 and of satellite image. The area with 1405.15ha, locates among the geographical coordinates: 48° 34' to 48° 31' of longitudes WGr. and 22° 55' to 22° 51' S of latitudes S. The map of soil use of 2006 was obtained starting from the classification supervised in digital satellite image of 23/10/2006. In the digital identification of the objectives the interpretation keys were used for images and the areas were certain through GIS - IDRISI Andes 15.0. The use conflicts in the permanent preservation areas were analyzed along the drainage net and of the nascents through SIG Idrisi Andes 15.0, according to items of the goods 2° and 3° of the Resolution no 303 of CONAMA. The permanent preservation areas (APP) discriminated along the drainage net was of 1276.04ha. However, 272.89ha of the area of PPA are busy with clean field (150.59ha), culture (109.82ha), dirty field (5.63ha) and reforestation (6.85ha) in an inadequate way (Conflict). Therefore, 98.86 % of area of APP has been used inadequately.

KEYWORDS: PPA; Remote sensing; GIS.

1. INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é a ciência e a arte de se obterem informações sobre um objeto, área ou fenômeno, através da análise de dados coletados por aparelhos denominados sensores, que não entram em contato direto com os alvos em estudo (NOVO, 2008).

Dentre os sistemas de sensoriamento remoto disponíveis, as fotografias aéreas e as imagens de satélites são as ferramentas mais utilizadas em trabalhos de exploração e monitoramento ambiental (CAMPOS *et al.*, 2010).

A análise do uso e cobertura do solo, mediante informações de Sensoriamento Remoto, constitui uma técnica de grande utilidade ao planejamento e administração da ocupação ordenada e racional do meio físico, além de possibilitar avaliar e monitorar a preservação de áreas de vegetação natural. Através da interpretação de imagens de satélite obtém-se, de forma rápida, um mapa temático atualizado e preciso das diferentes estruturas espaciais resultantes do processo de ocupação e uso do solo (RODRÍGUEZ, 2000).

Os dados de sensoriamento remoto têm ampla aplicação na descrição quantitativa de bacias hidrográficas e redes de drenagem por isso a opção por uma microbacia como local de estudo deve-se ao fato de ser esta uma unidade onde se tem diferentes características, desde regiões altas, onde normalmente estão localizadas as nascentes dos riachos e córregos, áreas de encostas onde as águas correm com maior velocidade, e finalmente, as áreas de baixadas onde normalmente são observadas as consequências do manejo inadequado feito nas altitudes mais elevadas (NOVO, 2008).

Uma das vantagens de se utilizar o sensoriamento remoto para interpretação do uso da terra é que as informações podem ser atualizadas devido à característica de repetitividade de aquisição das imagens de forma global, confiável, rápida, sendo estes dados de grande importância para o levantamento, mapeamento e utilização das informações de uso e ocupação do solo de uma dada região (SHIMABUKURO *et al.*, 1993).

O uso inadequado do solo pelo homem é um fator agravante da degradação ambiental e desequilíbrio ecológico. É necessário que a atuação do homem no meio

ambiente seja planejada e adequada de modo que os efeitos ao ambiente físico sejam os menores possíveis (MOTA, 1981).

O acompanhamento da dinâmica do uso do solo nos municípios tem grande importância no intuito de refletir sobre as mudanças de aspectos sócio-econômicos de determinadas regiões e até mesmo permitir o seu monitoramento ambiental (PEREIRA *et al.*, 1995).

Neste contexto, as imagens de satélite constituem-se em importante ferramenta, bem consolidadas, como fonte de dados espaço-temporais permitindo análises das mudanças ocorridas no uso do solo, ou seja, na forma como o espaço está sendo utilizado pelo homem (CAMPOS *et al.*, 2010).

Este projeto de pesquisa objetivou analisar a aplicação do geoprocessamento na 62 GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA ESPACIALIZAÇÃO DE APP's espacialização das áreas de preservação permanente e áreas de conflitos na sub-bacia Ribeirão Hortelã - Pratânia – SP, através do uso dos SIGs IDRISI Andes 15.0 e de imagem de satélite digital.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na sub-bacia do Ribeirão Hortelã, situada no município de Pratânia (SP). Sua situação geográfica é definido pelo retângulo envolvente dadas as coordenadas: 48° 34' a 48°31' WGr., 22°55'S e 22°51'S com uma área de 1405,15 ha.

O clima predominante do município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa – Clima subtropical úmido com invernos secos e verões quentes – em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e do mês mais quente ultrapassa os 22°C.

O relevo da região é bastante acidentado apresentando grande amplitude altimétrica, variando de 440 m a 620 m.

A delimitação de uma bacia hidrográfica é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam seu contorno. Estas linhas são definidas pela conformação das curvas de nível existentes nas cartas planialtimétricas e ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem, Argento e Cruz (1996).

O limite da sub-bacia do Ribeirão Hortelã – Pratânia (SP) foi realizado manualmente na Carta Planialtimétrica, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em 1969, folha de Pratânia (SF-22-R-IV-3), escala 1:50000, segundo os pontos mais elevados em torno da drenagem. A imagem foi escaneada e exportada para o SIG - IDRISI Andes para ser georreferenciada e feitas as composições RGB para cada uma das datas.

No georreferenciamento foi utilizado dois arquivos de pontos de controle, sendo o primeiro da imagem digital e o outro na carta topográfica de Botucatu, onde foram determinadas as coordenadas de cada ponto e com estes dados feito um arquivo de correspondência, através do comando “Edit” do menu “Database Query”, presente no módulo “Analysis” do SIG - Idrisi.

Inicialmente, foi elaborada uma composição falsa cor com a combinação das bandas 3, 4 e 5, obtida a partir da imagem de satélite digital, bandas 3, 4 e 5 do sensor “Thematic Mapper” do LANDSAT – 5, da órbita 220, ponto 76, quadrante A, passagem de 23/10/2006, escala 1:50000, pois esta apresenta uma boa discriminação visual dos alvos, possibilitando a identificação dos padrões de uso da terra de maneira lógica. Esta composição apresenta os corpos d’água em tons azulados, as florestas e outras formas de vegetações em tons esverdeados e os solos expostos em tons avermelhados. A seguir, foi realizado o georeferenciamento da composição falsa cor, utilizando-se para isso do módulo Reformat/Resample do SIG – IDRISI Andes, Após o georreferenciamento, foi feito o corte, extraíndo-se apenas a área da microbacia. Posteriormente, foram demarcadas as áreas de treinamento sobre a imagem com o cursor e o mouse. Essas áreas foram demarcadas 63 CAMPOS *et al.*, sobre grande número de locais, buscando-se abranger todas as variações de cada ocupação do solo.

Depois, foram criadas as assinaturas pelo módulo Maseking e a classificação supervisionada propriamente dita pelo método de Máxima Verossimilhança, através do módulo Maxlike. Na classificação supervisionada, as ocupações do solo foram identificadas e diferenciadas, umas das outras pelo seu padrão de resposta espectral, sendo as áreas de treinamento delimitadas por polígonos desenhados sobre cada uso da terra na imagem. Em seguida, foram indicados os nomes para cada classe de uso da terra, associados aos seus respectivos identificadores, sendo a imagem classificada e os cartogramas demonstrativos da distribuição espacial de cada uso

da terra com base nestes dados. Na identificação digital dos alvos, utilizou-se as chaves de interpretação para imagens (Rocha, 1986) para determinação das classes de uso. Após a elaboração da carta de uso da terra, as áreas foram determinadas com o auxílio do *software SIG – IDRISI Andes*, utilizando-se do comando "Area" do área do menu "Database Query", pertencente ao módulo "Analysis", sendo posteriormente determinada as porcentagens de cada classe.

As áreas de preservação permanentes foram definidas ao longo dos cursos d'água do Ribeirão Hortelã, onde foi utilizada a operação Buffer do Idrissi Andes 15.0, a qual proporcionou a criação de um buffer de 50m de raio das áreas das nascentes e um buffer de 30m de cada lado da drenagem ao longo do leito do córrego, com isso resultando no mapa de APPs, fundamentado na resolução CONAMA n° 303/2002, Art. 3°: "Constitui Área de Preservação Permanente a área situada em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de trinta metros, para o curso d'água com menos de 10 metros de largura", e no Código Florestal (Lei 4.771/1965), que considera essas áreas, cobertas ou não por vegetação nativa: "com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas".

Neste estudo foram analisados os conflitos de uso nas áreas de preservação permanente, somente ao longo da rede de drenagem da microbacia, desconsiderando-se as demais áreas de APPs, como os topos e as encostas de morros.

O mapeamento e a quantificação dos conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanentes foram realizados usando-se álgebra de mapas. Os procedimentos foram executados no ambiente GIS Analysis/Database Query/Overlay do SIG – Idirsi.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cobertura vegetal sofre constantes modificações ao longo dos anos com a ação do ser humano, sendo mais intensa essa dinâmica nos solos com melhor

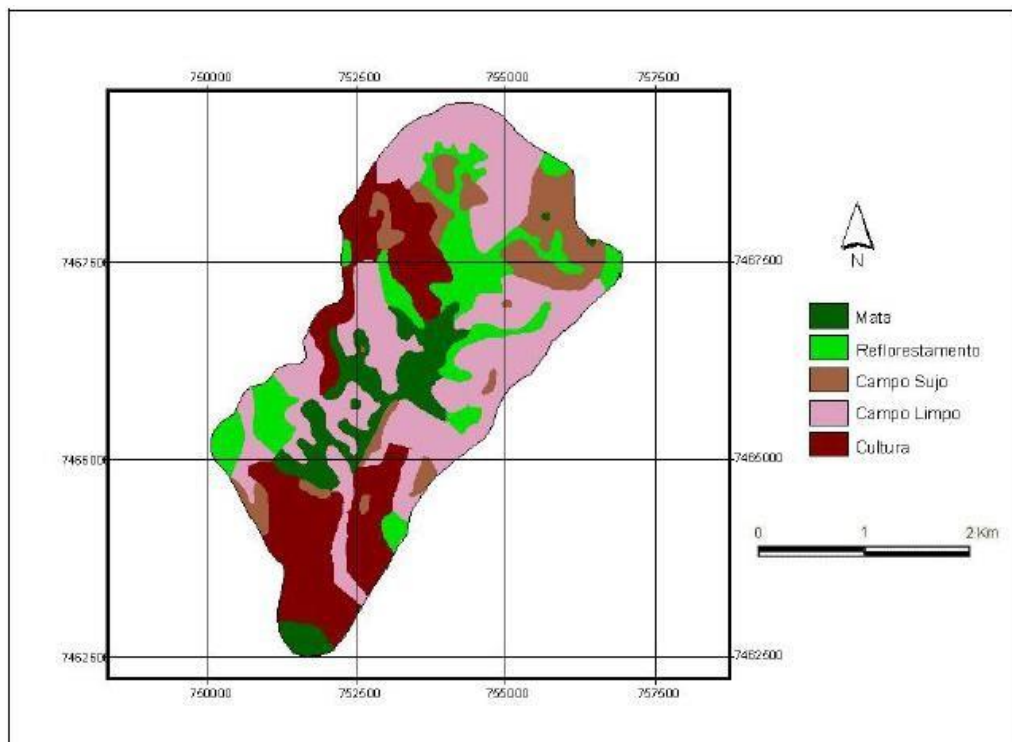
fertilidade e de condições ecológicas mais propícias para a exploração agropecuária (CAMPOS *et al.*, 1998).

O conhecimento das alterações ambientais provocadas pela ação trópica possibilita uma visão dos problemas existentes, produz subsídios para gestão dos recursos naturais. É condição primordial para se programar uma política de uso racional do solo e de respeito à suscetibilidade e capacidade suporte do meio ambiente aos impactos antrópicos, possibilitando o desenvolvimento sócio-econômico sustentável (LEPSCH *et al.*, 1991).

A análise da imagem de satélite permitiu discriminar, mapear e quantificar quatro feições: reflorestamento, mata, pastagem e outros.

A análise do uso da terra (Figura 1 e Quadro 1) na sub-bacia do Ribeirão Hortelã – Pratânia (SP) mostra que os campos limpos são as coberturas vegetais que ocuparam a maior parte da área, representando mais de 28 % (28,30 %), ou seja, cobrem 397,56ha, mostrando com isso a predominância de solos de baixa fertilidade (CAMPOS, 1993).

Figura 1. Ocupação do solo da sub-bacia do Ribeirão Hortelã – Botucatu, SP, obtida em imagens de satélite.



Fonte: Os autores.

Tabela 1. Ocupação do solo da sub-bacia do Ribeirão Hortelã – Botucatu, SP, obtida em imagens de satélite.

Classes de uso da terra	Área	
	ha	Microbacia %
Mata	167,40	11,91
Reflorestamento	287,00	20,42
Campo Limpo	397,56	28,30
Campo Sujo	182,95	13,02
Cultura	370,24	26,35
TOTAL	1405,15	100

Fonte: Os autores.

As áreas de reflorestamento cresceram no período em função da tendência desta região para os plantios florestais pois é uma região de solos de baixa fertilidade o que inviabiliza culturas agrícolas que necessitam de solos mais férteis. Cardoso comprovou em 1988 que a cobertura do solo por reflorestamento foi eficiente na proteção da rede de drenagem em regiões com processos erosivos. Nesse sentido, Coelho (1968) já afirmava que como as derrubadas de matas naturais não são impedidas e sua regeneração é lenta, a eucaliptocultura atende não só as necessidades econômicas, como se constitui numa forma de proteção contra o processo erosivo, pois para Vieira (1978), essa cobertura vegetal tem grande influência nos processos de escoamento, atuando no mecanismo hidrológico, retardando e desviando o escoamento superficial e conseqüentemente a erosão.

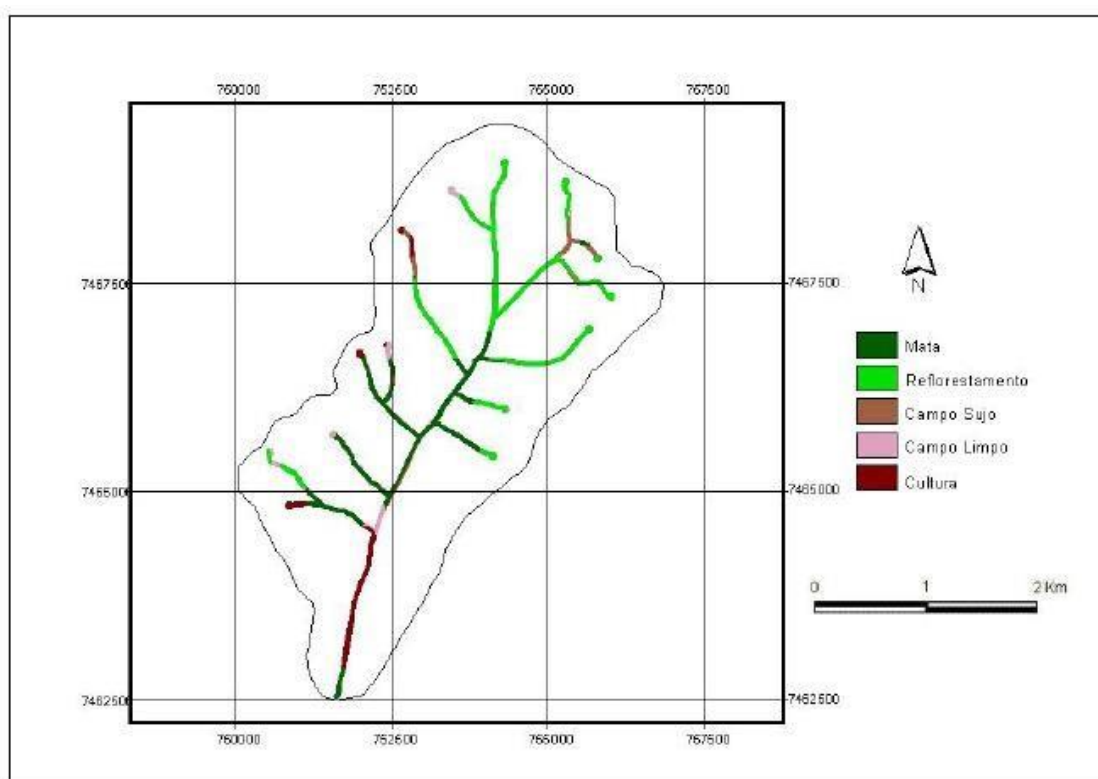
O reflorestamento para Campos (1997) deve ser cada vez mais incrementado na região como forma de proteção racional integrada da área, principalmente, porque essas atividades mostram ótimos retornos econômicos para a região.

O Código Florestal Brasileiro (1965) determina que a reserva mínima de florestas deva ser de 20 %. Este é um parâmetro muito importante, pois de acordo com Rocha (1991), as florestas são fundamentais no controle de erosão e de enchentes, pois quando situadas em locais adequados são fundamentais na recarga do lençol freático. As transformações na cobertura vegetal acontecem de forma dinâmica na sub-bacia, ao longo do tempo, com a região sofrendo mudanças nas paisagens nesses últimos 45 anos.

No mapa de conflito de usos em áreas de APPs (Figura 2), o buffer gerado em torno da rede de drenagem soma 276,04ha, representando cerca de 19 % da superfície da sub-bacia.

As APPs representam 19 % da área da sub-bacia, entretanto apenas 1,14 % esta coberto de mata o que caracteriza uma bacia conflitante. De acordo com o Código Florestal, toda área em torno dos rios dentro de um raio de 30m deve ser coberto por mata, caracterizando assim uma área de preservação permanente.

Figura 2. Conflito de uso do solo em APPs da sub-bacia do Ribeirão Hortelã – Botucatu - SP.



Fonte: Os autores.

Tabela 2. Conflito de uso do solo em APPs da sub-bacia do Ribeirão Hortelã – Botucatu - SP.

Classes de uso da terra	APP x Uso		Área Conflito	
	ha	%	ha	%
Mata	3,15	1,14		
Reflorestamento	6,85	2,48	6,85	2,51
Campo Limpo	150,59	54,55	150,59	55,35
Campo Sujo	5,63	2,04	5,63	2,07
Cultura	109,82	39,79	109,82	40,37
TOTAL	276,04	100	272,04	100

Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÕES

Este estudo permitiu concluir que o Sistema de Informações Geográficas Idrisi Andes 15.0 foi eficiente na discriminação das classes de uso do solo na avaliação de sua evolução em um período de 45anos.

As matas com 11,91 % vêm representando uma degradação significativa para a subbacia. O reflorestamento reflete a tendência da região na implantação de florestas, indo de encontro às pastagens, que em 2007 não apareceram no uso do solo.

O trabalho mostrou que o uso inadequado da terra em áreas de preservação permanente é consideravelmente alto, pois o uso antrópico (inadequado) chega a quase 100 % das APPs, Os mapas de uso da terra podem servir como poder de fiscalização futuramente pelos Órgãos Públicos, bem como para identificação e localização das áreas de conflitos de uso da terra. O uso de técnicas de sensoriamento remoto através do emprego de produtos orbitais do Landsat mostrou-se eficientes; a definição do uso do solo, na integração dos dados georreferenciados dentro de um banco de dados mostrou ser uma ferramenta fundamental para o planejamento de uso do solo numa sub-bacia, bem como a sua utilização no atendimento à legislação ambiental, principalmente nas áreas de APPs.

REFERÊNCIAS

ARGENTO, M.S.F., CRUZ, C.B.M. *Mapeamento geomorfológico*. In: CUNHA, S.B., GUERRA, A.J.T. (Org.) Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Cap. 9, p.264-82.

Brasil. Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal.

CAMPOS, S. Fotointerpretação da ocupação do solo e suas influências sobre a rede de drenagem da bacia do rio Capivara - Botucatu (SP), no período de 1962 a 1977.

Botucatu: UNESP, 1993. 164p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1993.

CAMPOS, S. Diagnóstico físico conservacionista da bacia do rio Lavapés - Botucatu (SP). Botucatu: UNESP, 1997. 140p. Tese (Livre-Docência).

CAMPOS, S., GRANATO, M., BARBOSA, A.P., SOARES, M.C.E., PISSARRA, T.C.T. Geoprocessamento aplicado na identificação e localização potencial de conflitos de uso em APPs. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA Agrícola, 2010, Vitória. Resumos... Vitória: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2010. CD - ROM.

CAMPOS, S., CARDOSO, L.G., BARROS, Z.X. de, ARAÚJO JÚNIOR, A.A., RIBEIRO, F.L., CASTRO, T.M.R. de. Evolução do uso da terra na bacia do rio Lavapés (Botucatu, SP) por um período de 27 anos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, 2:103-106, 1998.

CARDOSO, L.G. *Comportamento das redes de drenagem em solos com cana-deaçúcar e com eucalipto*. Botucatu: UNESP, 1988. 139 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1988.

COELHO, A.G. de. Fotointerpretação da eucaliptocultura e estudo do planejamento agrícola. Boletim do Instituto Agrônômico, Campinas, n.187, p.1-60, 1968.

LEPSCH, J.F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, 1991. 175p.

MOTA, S. Planejamento urbano e preservação ambiental. Fortaleza, Edições UFC, 1981.242p.

NOVO, E.M.L.M. Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações. São Paulo. Ed. Edgard Blucher, 2008. 363p.

PEREIRA, R.S.; MADRUGA, P.R. de A.; HASENACK, H. Geoprocessamento aplicado ao planejamento de uso de 68 GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA ESPACIALIZAÇÃO DE APP's recursos naturais. Santa Maria : UFSM-CCR-FATEC, 1995. 40p.

ROCHA, J.S.M. da. Manual de interpretação de aerofotogramas, Fascículo XI, Santa Maria, 1986, 58p.

ROCHA, J.S. M. da., Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas. ed. UFSM, Santa Maria, RS. 1991. 181p.

RODRIGUEZ, A. C. M. Mapeamento Multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião-SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM-Landsat e HRV-SPOT. São José dos Campos: INPE, 94p. 2000. (INPE – 7510 – PUD/39).

SHIMABUKURO, M.T., JOLY, C.A., CRÓSTA, A.P., SILVA, A.B. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas para o estudo de microbacias . O caso do córrego Gouveia, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENCORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1993. p.273-7.

VIEIRA, N.M. Estudo geomorfológico das voçorocas de Franca, SP. Franca: UNESP, 1978. 255p. Tese (Doutorado em História) - Instituto de História e Serviço Social, Universidade Estadual Paulista, 1978.

CAPÍTULO 05

INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA TEMPERATURA APARENTE DA SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU/SP

Mônica Yuri Mashiki

UNESP – Botucatu

E-mail: monica.mashiki@unesp.br

Sérgio Campos

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, SP.

E-mail: sergio.campos@unesp.br

RESUMO: A análise do uso e cobertura do solo nas zonas urbanas e rurais obtidas através de informações do sensoriamento remoto é de grande utilidade no planejamento, gestão e administração da ocupação ordenada e racional dos centros urbanos, pois possibilita avaliar e monitorar, principalmente as áreas de preservação natural. A radiação eletromagnética recebida pelos materiais de diferentes composições presentes na superfície terrestre emite ondas de radiação proporcionais a sua temperatura. Os satélites através dos seus sensores captam os diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético gerando imagens de grande utilidade no sensoriamento remoto para estudos de diversas áreas do conhecimento. Este trabalho teve como objetivo analisar a influência da temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP, em função dos diferentes uso e ocupação do solo, através de imagens do satélite Landsat-5, passagem de 19/11/2010, órbita/ponto 220/076. No geoprocessamento das imagens utilizou-se o programa IDRISI ANDES 15.0 através do módulo *thermal* para transformação dos níveis de cinza em graus Celsius. Foram analisadas quatro classes de uso: água, cultura do eucalipto, mata nativa e solo exposto. As diferentes classes de uso e ocupação do solo influenciaram diretamente na temperatura aparente observada, evidenciando que áreas com maior disponibilidade de água e vegetação podem influir na amenização dos efeitos de anomalias térmicas. Os dados permitiram concluir também que a altitude influencia diretamente na temperatura aparente, pois quanto maior a altitude maior será a temperatura aparente.

PALAVRAS-CHAVE: Módulo *Thermal*; Imagens de satélite; Geoprocessamento.

SUMMARY: The analysis of the use and covering of the soil in the urban and rural areas obtained through information of the remote sensing is of great usefulness in the planning, administration and administration of the ordered occupation and rational of the urban centers, because it makes possible to evaluate and to monitor, mainly the areas of natural preservation. The electromagnetic radiation received by the materials of different present compositions in the terrestrial surface emits proportional radiation waves his/her temperature. The satellites through their sensor ones capture the different wavelengths of the electromagnetic spectrum generating images of great usefulness in the remote sensing for studies of several areas of the knowledge. This work had as objective analyzes the influence of the apparent temperature of the surface in the municipal district of Botucatu/SP, in function of the different use and occupation of the soil, through images of the satellite Landsat-5, passage of

19/11/2010, path/row 220/076. In the geoprocessing of the images the program IDRISI was used ANDES 15.0 through the module thermal for transformation of the ash levels in degrees Celsius. Four use classes were analyzed: water, culture of the eucalyptus, kills native and exposed soil. The different use classes and occupation of the soil influenced directly in the observed apparent temperature, evidencing that areas with larger readiness of water and vegetation can influence on the decrease of the effects of thermal anomalies. The data allowed to also conclude that the altitude influences directly in the apparent temperature, because as larger the larger altitude will be the kindred temperature.

KEY WORDS: Thermal module; Satellite images; Geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

A expansão das áreas urbanas e o excesso de atividades humanas causam impacto no clima (ICHINOSE *et al.*, 1999), pois o aumento demográfico e a concentração das atividades comerciais, financeiras, institucionais e industriais têm gerado a valorização do espaço urbano, contribuindo para o crescimento e o adensamento das áreas construídas (CASTRO *et al.*, 2000).

As áreas urbanas se caracterizam por apresentarem temperaturas mais elevadas nas regiões centrais e mais amenas na periferia, fato importantíssimo no estudo da gestão e planejamento urbano que pode ser amenizado com a manipulação da paisagem, onde podemos amenizar esse efeito (COSTA *et al.*, 2009). Essa anomalia térmica causa a formação de ilhas de calor, fenômeno reconhecidamente importante no estudo dos climas urbanos. Isto ocorre devido ao grande movimento de automóveis e o lançamento de poluentes pelas indústrias e as residências que aumentam a temperatura local. Os mais diferentes materiais utilizados nas edificações e nas pavimentações urbanas das ruas absorvem rapidamente o calor cuja dispersão é dificultada pela poluição. As áreas urbanas são mais quentes no verão devido a maior absorção de radiação solar pelo conjunto de superfícies presentes verticais da cidade e à falta de umidade disponível para evaporação (HOWARD, 1833). Essas superfícies são compostas por materiais escuros que absorvem e armazenam calor do sol. Porém, para exacerbar essa absorção do calor solar, as construções e pavimentos formam cânions que tendem a refletir o calor e porque a maioria dos materiais de construções são resistentes à água, portanto a água da chuva escoar, não conseguindo dissipar o calor por meio da evaporação ou evapotranspiração.

A temperatura de superfície em diferentes tipos e ocupações do solo podem fornecer subsídio para a gestão e planejamento ambiental de uma região (PEREIRA *et al.*, 2012).

Atualmente com o avanço das geotecnologias, do sensoriamento remoto e o aumento das resoluções das imagens de satélite obtém-se diversas informações do ambiente terrestre. Uma das informações contidas nas imagens é a temperatura aparente da superfície, obtida através da captação da energia eletromagnética emitida por determinado ambiente ou objeto.

Além da rápida obtenção de dados e disponibilidade gratuita de algumas imagens de satélite, o uso do sensoriamento remoto é crescente devido aos registros históricos disponíveis, oferecendo dados importantes para a análise temporal do desenvolvimento do uso e ocupação do solo.

A estimativa da temperatura aparente da superfície FOI realizada através da banda termal da região do infravermelho, pois trata-se de um intervalo que consegue detectar a concentração de fluxo radiante de um material, proveniente das vibrações moleculares decorrente da temperatura radiante dos corpos. A temperatura obtida através da leitura de sensores a distância, denominada temperatura aparente da superfície (Fialho, 2009), depende da resolução da imagem, pois o pixel é a soma dos diversos componentes ponderados por sua superfície.

Na interpretação dos dados no infravermelho termal é necessário utilizar a função inversa de Plank, pois o sensor mede a radiância espectral e o que se quer estimar é a temperatura (NOVO, 2008).

JENSEN (2010) relata que objetos com temperatura acima do zero absoluto (0 K) emitem energia eletromagnética, portanto, todos os elementos presentes na paisagem (vegetação, solo, rocha, água) emitem radiação eletromagnética infravermelha termal entre os intervalos de 3,0 – 14 μm do espectro.

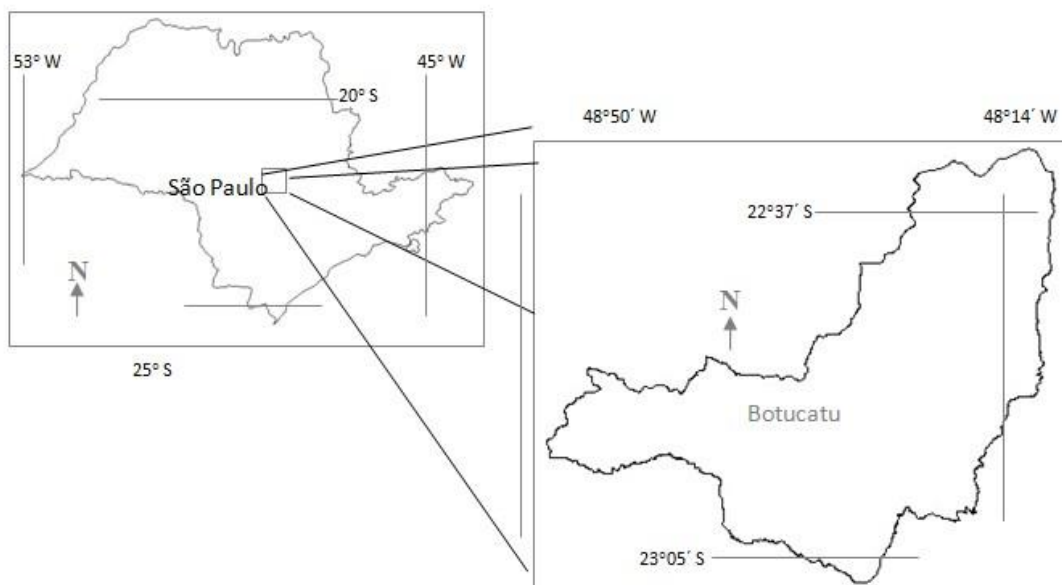
Desta forma, os sensores presentes nos satélites conseguem captar a radiação emitida por objetos e transformá-las em imagens que podem ser manipuladas e observadas, uma vez que a visão humana é sensível apenas aos comprimentos de onda curtos (luz visível do espectro que varia de 0,4- 0,7 μm).

O objetivo desta pesquisa foi analisar a influência dos diferentes uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície do município de Botucatu, por meio de imagem do Landsat 5, servindo de subsídio para futuros planejamentos, gestão e administração da ocupação ordenada e racional da área.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o município de Botucatu localizado no centro oeste do Estado de São Paulo (Figura 1). Possui área de 1483 km² e situa-se entre as coordenadas geográficas 22° 35' a 23° 06' de latitude S e 48° 12' a 48° 52' de longitude W Gr e altitude de 840 metros.

Figura 1. Localização do Município de Botucatu no Estado de São Paulo.



Fonte: Os autores.

Foram utilizados os programas computacionais Google Earth Pro 4.2 e Idrisi Andes 15.0, desenvolvido pelo *Clark Labs for Cartographic Technology and Analysis* no processamento das imagens e o Software ArcGis 10 desenvolvido pela ESRI (Environmental Systems Research Institute) para vetorização dos dados.

As imagens utilizadas pertencem ao sensor TM (Thematic Mapper) a bordo no satélite Landsat 5. As bandas 5, 4 e 3 foram utilizadas para efetuar a composição falsa cor Red, Green e Blue (RGB) e na identificação dos diferentes usos do solo. A banda 6 do infravermelho termal utilizada para obtenção da temperatura aparente da superfície. Todas as imagens correspondem à órbita/ponto 220/076, adquiridas através da página de catálogo de imagens do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), referente à passagem de 19 de novembro de 20109.

Foi utilizado também a carta planialtimétrica de Botucatu (Piroli, 2002) para análise da influência da topografia na temperatura aparente da superfície da classe Mata nativa.

As imagens das bandas 3, 4, 5 e 6 foram retificadas geometricamente, utilizando como base de pontos uma imagem corrigida do catálogo de imagens Land Cover. Foram adquiridos aproximadamente 25 pontos controle e o erro quadrático médio não ultrapassou metade da resolução da imagem. O interpolador utilizado foi o “nearest neighbor” (vizinho mais próximo) que segundo Nascimento (2011), não

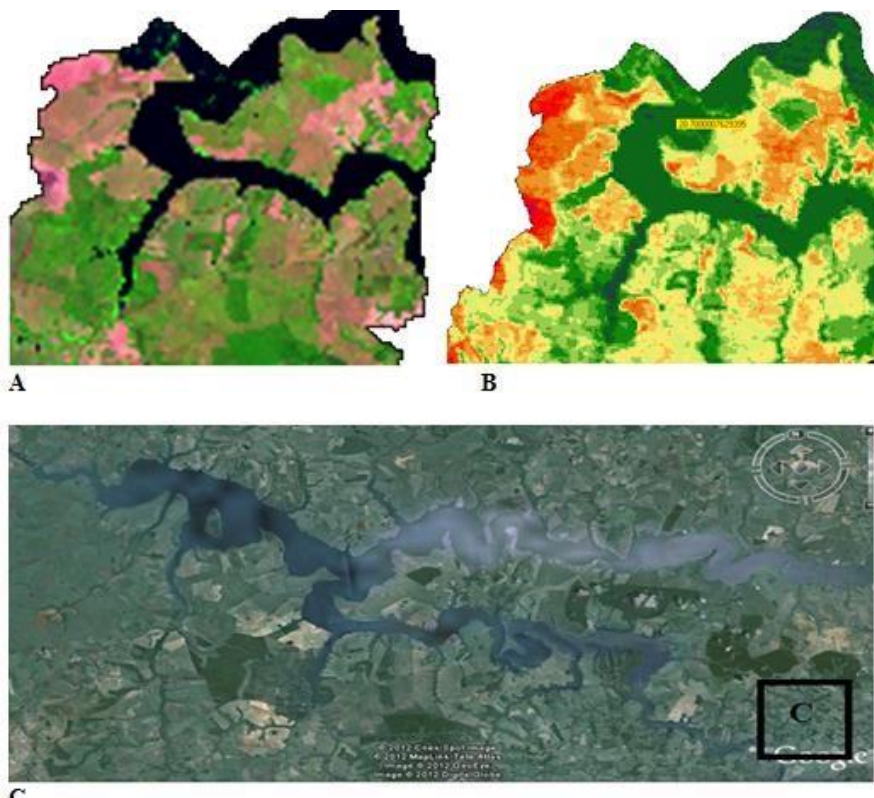
altera o valor dos níveis de cinza das imagens, pois todo pixel na imagem registrada recebe o valor de nível de cinza do pixel mais próximo na imagem original.

Para confirmação das classes de uso do solo foram utilizadas as imagens de alta resolução do Google Earth Pro associadas às imagens da composição RGB do satélite Landsat 5, as quais permitiram identificar e mapear quatro classes de uso: água, eucalipto, vegetação nativa e solo exposto.

Após a obtenção das imagens retificadas geometricamente com as informações das classes de uso e ocupação do solo e a geração da imagem da banda termal com dados de temperatura aparente de superfície, realizou-se o cruzamento das mesmas com a finalidade de analisar o comportamento térmico para cada área de uso escolhida, sendo possível analisar a temperatura aparente da superfície em seus valores máximos e mínimos.

A escolha da classe água utilizada foi a representada pelo Rio Tietê (Represa de Barra Bonita), localizado no norte do município (Figura 2).

Figura 2. Imagens da classe água sendo: A) Classe água identificada na imagem de composição RGB; B) Classe água identificada na imagem Termal; C) Classe água identificada na imagem Google Earth Pro.

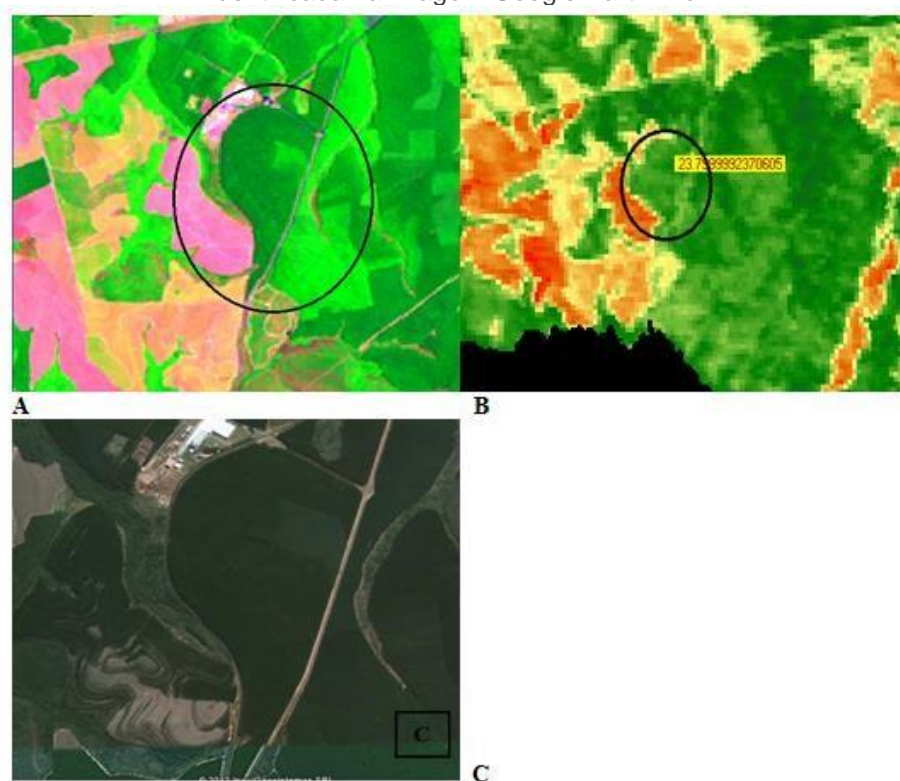


Fonte: Os autores.

Na identificação da classe de uso Eucalipto procurou-se encontrar áreas que através da análise visual da imagem do Google Earth Pro, associada à composição RGB da imagem Landsat que fosse mais homogênea possível. Uma vez que existem diversas variações de estruturas das folhas entre espécies diferentes ou até mesmo em folhas de uma espécie que se desenvolveram em condições ambientais diferentes, que vão afetar o comportamento do processo de interação eletromagnética (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

A classe Eucalipto representada por plantios de uma das empresas instaladas no município permitiram escolher áreas que na análise visual apresentassem homogeneidade (Figura 3).

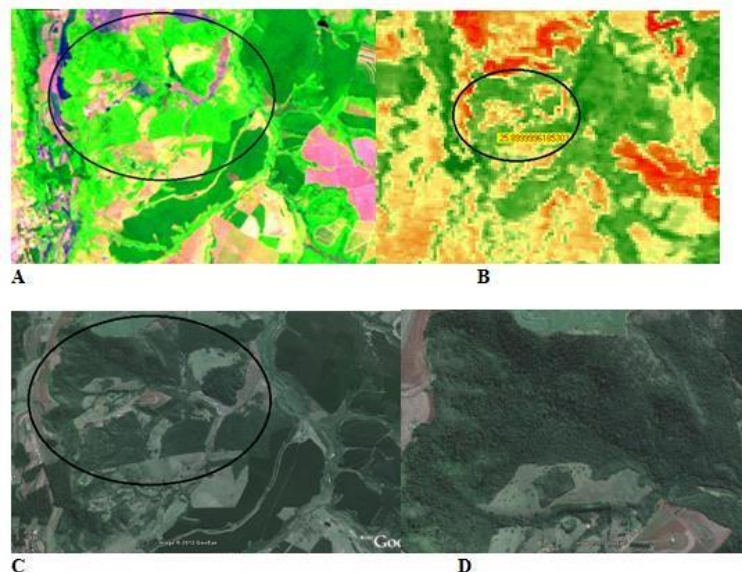
Figura 3. Imagens da classe eucalipto sendo: A) Classe eucalipto identificada na imagem de composição RGB; B) Classe Eucalipto identificada na imagem Termal; C) Classe eucalipto identificada na imagem Google Earth Pro.



Fonte: Os autores.

Na definição da classe vegetação nativa (Figura 4) procurou-se obter áreas que possuíssem árvores heterogêneas em relação à espécie, tamanho e copa, como foi o caso da área pertencente à Fazenda Edgárdia, onde está situada a Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP- Botucatu.

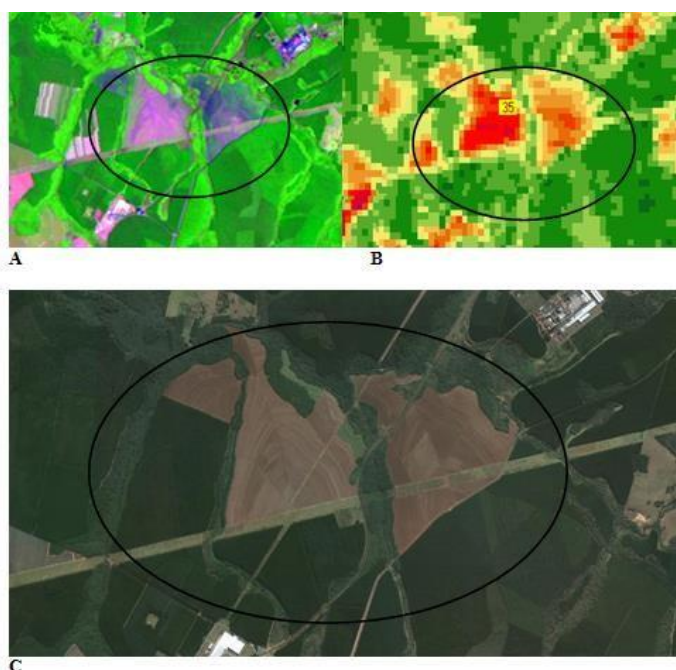
Figura 4. Imagens da classe Mata Nativa sendo: A) Classe mata nativa identificada na imagem de composição RGB; B) Classe mata nativa identificada na imagem Termal; C) Classe mata nativa identificada na imagem Google Earth Pro; D) Detalhe aproximado da textura da classe.



Fonte: Os autores.

Na classe solo exposto procurou-se identificar áreas onde não houvesse qualquer tipo de cobertura, como a área pertencente a uma das empresas de produção de papel e celulose instalada no município, em que houve a colheita recente do eucalipto (Figura 4).

Figura 5. Imagens da classe solo exposto sendo: A) Classe solo exposto identificada na imagem de composição RGB; B) Classe solo exposto identificada na imagem Termal; C) Classe solo exposto identificada na imagem Google Earth Pro.



Fonte: Os autores.

Após a vetorização de cada classe de uso foi possível o recorte no mapa da temperatura aparente, sendo gerado um histograma de cada classe de uso, possibilitando obter os intervalos de temperatura aparente com maior número de pixels e sua média.

O algoritmo de transformação do número digital (ND) para graus Celsius utilizado foi devidamente validado por Coltri (2006), através da rotina: *Image processing/ Transformation/ Thermal* do programa Idrisi.

O módulo *Thermal* emprega o método inverso da lei de Plank na conversão dos níveis de cinza da imagem em valores de temperatura superficial.

Segundo a lei de Planck quanto maior a temperatura num dado comprimento de onda, maior será a quantidade de energia emitida por um corpo negro, que pode ser captado por um sensor, pois este capta a emissão de fótons de um alvo ou objeto, ou seja, sua emissividade permite determinar a sua temperatura.

O relacionamento entre a energia que deixa um dado corpo e sua temperatura é expressa pela Lei de Plank: $B_{\lambda} = C_1 / \lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)$, onde: B_{λ} é a radiância espectral em ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$) em determinado comprimento de onda λ , C_1 e C_2 são constantes ($C_1 = 3,74 \times 10^8$ e $C_2 = 1,439 \times 10^4$) e T a temperatura física do objeto medida em graus Kelvin.

A utilizada neste trabalho foi a preconizada por BIAS et al (2005), COLTRI (2006) e SOUSA (2007) que determinaram temperatura de superfície utilizando o software Idrisi, não foi efetuada correção para emissividade e nem correções atmosféricas, pois segundo EASTMAN (2006), para utilização do módulo *Thermal* são aceitos somente dados brutos da banda 6.

Após a aplicação do módulo *Thermal* o programa Idrisi gera uma imagem que apresenta diversos intervalos de temperatura. Bias et al., (2005) reclassificaram a temperatura aparente em 13 faixas. Nascimento (2011) reclassificou os dados no software ArcGis com delimitação manual em 5 faixas com intervalos de temperatura maiores, pois com esta classificação a visualização da distribuição dos dados atendeu aos objetivos do trabalho. Neste trabalho para a melhor visualização e análise dos dados na imagem houve a reclassificação da temperatura aparente em 16 faixas como utilizado por COLTRI (2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso do solo por florestas nativas e reflorestamento apresentaram temperatura médias menores que as áreas com solo exposto e maiores que as áreas com água, pois as árvores e a cobertura vegetal por reflorestamento (Eucalipto) refrescam suas circunvizinhanças, uma vez que a evaporação converte a energia solar em água evaporada ao invés de calor, mantendo as temperaturas da vegetação e do ar mais baixas, bem como, estas promovem sombras para as superfícies, protegendo-as do calor do sol e proporcionando superfícies mais frescas com a redução do calor armazenado.

A temperatura aparente média observada através do histograma foi de 23.8°C. Esta temperatura aparente amena se justifica pelo fato de que parte da radiação solar incidente sobre o dossel das árvores é absorvida ou refletida pelas folhas para que ocorram os diversos processos e interações físico-químicos, como a fotossíntese, por exemplo. A radiação incidente sendo utilizada nos fluxos de calor latente para a evapotranspiração e a presença de água dentro das folhas dificulta o aumento da temperatura, devido ao elevado calor específico da água (PRIMAVESI *et al.*, 2007; PONZONI e SHIMABUKURO, 2009; JENSEN, 2010).

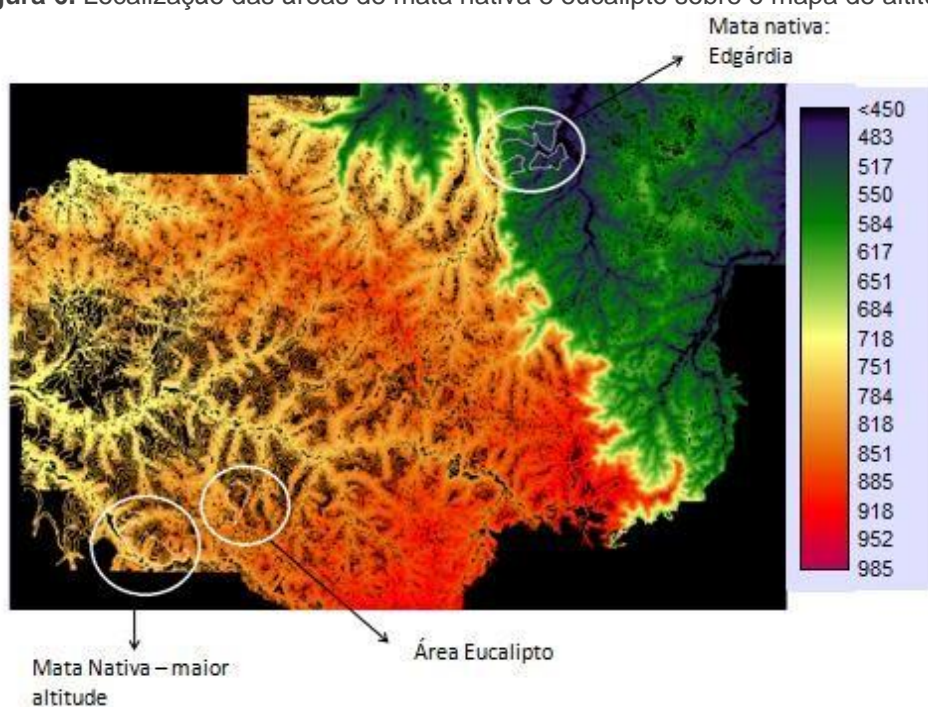
A classe mata nativa é representada pela área da Fazenda Experimental Edgárdia pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA).

A mata nativa apresentou média de 25.5°C, temperatura aparente acima da classe Eucalipto (23.8°C). Inicialmente, supôs-se que a temperatura aparente maior encontrada na área da mata nativa ocorria pelo fato do fragmento possuir alta heterogeneidade de espécies e possuir diferentes ciclos de sucessão (pioneiras, secundárias e tardias) que levam a uma cobertura menos homogênea do dossel, permitindo a entrada da radiação e o aumento da temperatura nessas áreas.

Porém, ao observar que a área da Fazenda Edgárdia se localiza a uma altitude de aproximadamente 550 – 600 m e a área pertencente à classe eucalipto encontra-se a uma altitude mais elevada, aproximadamente 830 m, observou-se a possibilidade de que a diferença de temperatura aparente observada pudesse ter relação com a altitude.

Dessa forma, foi tomada outra área que representasse a mata nativa e que se localizasse próximo a altitude verificada na área do eucalipto (Figura 6).

Figura 6. Localização das áreas de mata nativa e eucalipto sobre o mapa de altitude.



Fonte: Os autores.

A segunda área escolhida para representar a classe mata nativa, com altitude de aproximadamente 800m, apresentou temperatura aparente da superfície de 23.65°C, valor bastante próximo ou equivalente a aquele encontrado na classe eucalipto, 23.8°C, evidenciando que a diferença de altitude influenciou na temperatura aparente em uma mesma classe de uso, no caso a mata nativa.

A classe de uso água apresentou a menor temperatura dentre as classes estudadas, devido ao seu elevado calor específico (1cal/g°C), uma vez que é necessário grande quantidade de energia para elevar sua temperatura. A temperatura aparente média observada pelo histograma foi de 20.9°C., sendo a menor temperatura encontrada dentre todas as classes de uso estudadas.

Temperaturas entre 17-18°C foram encontrados por Bias et al (2005) em área caracterizada por pequena lagoa com baixa concentração de algas. SANTOS (2009) observando o fluxo de calor no solo verificou valores menores nas áreas mais úmidas como corpos hídricos e alagados e maiores nas áreas urbanas e nas áreas desprovidas de vegetação, evidenciando que com a presença de água a temperatura aparente é menor, pois os corpos de água funcionam com estabilizadores térmicos, resfriando o ar durante o dia e irradiando calor durante a noite, diminuindo a amplitude térmica (PRIMAVESI *et al.*, 2007).

A classe de uso solo exposto apresentou temperaturas mais elevadas, corroborando com os resultados encontrados por Godoy et al (2009), que analisaram a relação entre vegetação e temperatura de superfície nos parques urbanos do Distrito Federal e verificaram grande diferença de temperatura ocorrida no Parque Jardim Botânico, resultante de um incêndio onde houve exposição do solo e elevação da temperatura de superfície de 26°C em abril, para 48 °C em outubro de 2005.

A média de temperatura aparente verificada através do histograma foi 33,6°C. O solo exposto, sem cobertura vegetal, possui alta amplitude térmica, aquecendo rapidamente durante o período de exposição solar, levando a consequente elevação de temperatura durante o dia, aumentando a irradiação de calor e a temperatura em seu entorno (GARTLAND, 2010).

4. CONCLUSÕES

Os resultados permitiram concluir que a utilização do Sistema de Informações Geográficas Idrisi Andes e o sensoriamento remoto termal por meio da banda termal do satélite Landsat 5 como ferramenta na caracterização das ilhas de calor do município de Botucatu, onde as áreas cobertas por solo exposto, reflorestamento, mata nativa e água, respectivamente, apresentaram temperatura média de 20,9°C, 23,6°C, 23,8°C e 33,6°C.

A temperatura aparente mostrou-se influenciada pelo uso e cobertura do solo, a intensidade de radiação solar e a altitude. As temperaturas mais baixas foram encontradas nas classes de uso por reflorestamento e mata nativa, enquanto as mais elevadas temperaturas foram caracterizadas em áreas com solos expostos, justificando o papel da urbanização na região.

A diferença de altitude influenciou na temperatura aparente da classe de uso mata nativa.

REFERÊNCIAS

- BIAS, E.S.; BAPTISTA, G.M.M.; LOMBARDO, M.A. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados landsat e ikonos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2005. Belo Horizonte. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003. p.1741 – 1748.
- COLTRI, P.P. Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: Análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto. Piracicaba. 2006. 166p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz/USP.
- COSTA, D.F., PERES, L.F., SILVA, H.R. Identificação de ilhas de calor urbanas na área urbana de Ilha Solteira – SP através da utilização de geotecnologias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009. Natal. Anais... Natal: INPE, 2009. p.647–653.
- EASTMAN, J.R. Idrisi ANDES Guide to GIS and Image Processing. Worcester, MA: Clark University, 2006.
- FIALHO, E. S. Ilha de Calor em cidade de pequeno porte: Um caso de Viçosa, Zona da Mata Mineira. São Paulo, 2009. 259p. Tese (Doutorado em Geografia/Geografia Física) – Universidade de São Paulo.
- GARTLAND, L. Ilhas de calor: Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 248p.
- GODOY, L. B; BAPTISTA, G. M. M; ALMEIDA, T. Relação entre vegetação e temperatura de superfície nos parques urbanos do Distrito Federal, por meio de dados ASTER. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009. Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 699 – 705.
- ICHINOSE, T., SHIMODOZONO, K., HANAKI, K. Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo. Atmospheric Environment, 33:3897-3909. 1999.
- JENSEN, J.R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos/SP: Parênteses, 2010. 597p.
- NASCIMENTO, D. T. F. Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986-2010). 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, 2011. 98p.
- NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Blucher, 2008. 363 p.
- PEREIRA, C. C., MARIANO, Z.F., WACHHOLZ, F., CABRAL, J.B. P. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). Geonorte. Manaus, v.2, n.5, p.1243-1255, 2012.

PIROLI, E.L. Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu – SP. Botucatu. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. 2002. 108p.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos, SP: Silva Vieira, 2009.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M.S.; Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. — (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 70). Disponível em: <http://www.cppse.embrapa.br/servicos/publicacaogratis/documentos/Documento_s70_pdf/view>. Acesso em 28 out. 2010.

SANTOS, T. V. Fluxos de calor na superfície e evapotranspiração diária em áreas agrícolas e de vegetação nativa na bacia do Jacuí por meio de imagens orbitais. 2009. 85p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SOUSA, J. L. Análise do campo térmico de cidades de médio porte: estudo de caso do pólo têxtil de Americana-SP. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Pós-graduação em Geografia-Organização do espaço. 2007. 347p.

CAPÍTULO 06

USO INADEQUADO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Sérgio Campos

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, SP.

E-mail: sergio.campos@unesp.br

Mariana Wagner de Toledo Piza

UNESP – Botucatu

E-mail: mariana.piza@unesp.br

Milena Montanholi Mileski

Universidade Estadual Paulista – UNESP

E-mail: milena_mileski@hotmail.com.br

Elen Fittipaldi Brasília Carrega

UNESP – Botucatu

E-mail: elen.carrega@unesp.br

Muriel Cicatti Emanoeli Soares

UNESP – Botucatu

E-mail: muriel.soares@unesp.br

Mariana di Siervo

UNESP – Botucatu

E-mail: mariana.siervo@unesp.br

Gabriel Rondina Pupo da Silveira

Faculdade de Ciências e Engenharias – UNESP – Tupã, SP.

E-mail: gabrielrondina@hotmail.br

RESUMO: O grande desafio da população mundial é a conservação ambiental, pois as Áreas de Preservação Permanentes, que têm papel vital dentro de uma microbacia, por serem responsáveis pela manutenção, preservação e conservação dos ecossistemas ali existentes. O presente trabalho visou analisar os conflitos de uso do solo em áreas de preservação permanentes (APPs) da microbacia do Alto Capivara - Botucatu (SP) através do uso de Sistema de Informações Geográficas e de imagem de satélite digital. A área com 4551,19ha, situa-se entre as coordenadas geográficas: 22o 51' 57" a 22o 57' 55" de latitude S e 48o 21' 58" a 48o 26' 38" de longitude WGR. O mapa de uso do solo de 2006 foi obtido a partir da classificação supervisionada em imagem de satélite digital de 23/10/2006. Na identificação digital dos alvos foram utilizadas as chaves de interpretação para imagens e as áreas foram determinadas através do *software SIG – IDRISI*. Os conflitos de uso nas áreas de preservação permanente foram analisados ao longo da rede de drenagem e das nascentes, conforme itens dos artigos 2º e 3º da Resolução nº 303 do CONAMA. A área de APP discriminada ao longo da rede de drenagem foi de 416,5ha (9,15 %).

No entanto, 201,15ha da área de APP está ocupada com pastagem (48,3 %), reflorestamento (1,23 %) e 0,48 % por área urbana de forma inadequada (conflito). Portanto, quase 50 % de área de APP vem sendo parcialmente utilizada adequadamente.

PALAVRAS CHAVE: Microbacia; Sensoriamento remoto; Software CARTALINX.

1. INTRODUÇÃO

As áreas de proteção permanentes forma instituídas para preservar o meio ambiente, devendo estar cobertas com vegetação original, pois a cobertura vegetal minimiza os efeitos do processos erosivos e a lixiviação dos solos, contribuindo para a regularização do fluxo hídrico.

O levantamento e o mapeamento das degradações sofridas pelo meio ambiente é muito importante no conhecimento da realidade uso da terra e suas relações com as áreas de proteção permanentes, pois permitem estudos e planejamentos de atividades urbanas e rurais, bem como fornecem indicação de áreas propícias à exploração agrícola, pecuária ou florestal, previsão de safras e planejamento urbano.

A recuperação, conservação e exploração sustentável dos recursos naturais exigem conhecimentos das suas propriedades e da situação em relação aos efeitos antrópicos, pois o diagnóstico destes recursos relacionados com os problemas ambientais é uma excelente ferramenta na resolução dos problemas e tomada de decisões por parte do planejador, como os conflitos de uso da terra em relação às áreas de proteção permanentes.

Desta forma, essa pesquisa visou determinar o uso da terra e sua relação com as áreas de proteção permanentes do Ribeirão Indaiá – Botucatu (SP), através de técnicas de geoprocessamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho está sendo desenvolvido na microbacia do Alto Capivara, situada na porção norte do município de Botucatu (SP). A área com 4551,19ha, situa-se entre as coordenadas geográficas: 22º 51' 57" a 22º 57' 55" de latitude S e 48º 21' 58" a 48º 26' 38" de longitude WGR.

Os pontos de controle no processo de digitalização do mapa de ocupação do solo foram obtidos da Carta Planialtimétrica editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em 1969, folha de Botucatu (SF-22-R-IV-3), escala 1:50.000.

A interpretação das classes de uso e cobertura do solo foi feita com base na imagem de satélite digital, bandas 3, 4 e 5 do Sensor TM, do LANDSAT 5, da órbita

220, ponto 76, quadrante A, passagem de 23/10/2006, através do método de classificação em tela.

As imagens foram georreferenciadas no ENVI 4.2, e os pontos de controle utilizados foram obtidos da carta planaltimétrica de Botucatu, previamente georreferenciada. Posteriormente, foram exportadas para o IDRISI, onde foram feitas as composições RGB para cada uma das datas. Tais composições foram convertidas para o formato BMP através do CartaLinx, para então serem interpretadas.

Depois de identificadas as diferentes classes de uso e cobertura do solo, os polígonos vetorizados foram exportados para o ArcView 3.2 para a elaboração do mapa final e quantificação das áreas.

Inicialmente, através do software Arc View 3.2, foi realizado o georreferenciamento, utilizando-se para isso da carta topográfica de Botucatu, escala de 1:50000 e um GPS (Global Positioning System) para coleta de dados em campo.

O recorte da área na imagem digital foi realizado segundo os limites geográfico da área através do software ARCVIEW. Posteriormente, o mapeamento da área feito através da tela do monitor obedecendo aos padrões de análise, o qual se baseia em princípios como cor, tonalidade, textura, forma, grupamento, tamanho (elementos utilizados em foto-interpretação) e sombra.

As áreas de preservação permanente foram definidas ao longo dos cursos d'água do Ribeirão Indaiá, sendo utilizado a operação *Buffer Selected Features* do software ArcView 3.2, a qual proporcionou com que se fosse criado um *buffer* de 50 metros de raio das áreas das nascentes e um *buffer* de 30 metros de cada lado da drenagem ao longo do leito do córrego, com isso resultando no mapa de APPs, fundamentado na resolução CONAMA nº 303/2002, Art.3º “constitui Área de Preservação Permanente a área situada em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura”, e no Código Florestal (Lei 4.771/1965), que considera essas áreas, cobertas ou não por vegetação nativa; “com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas”.

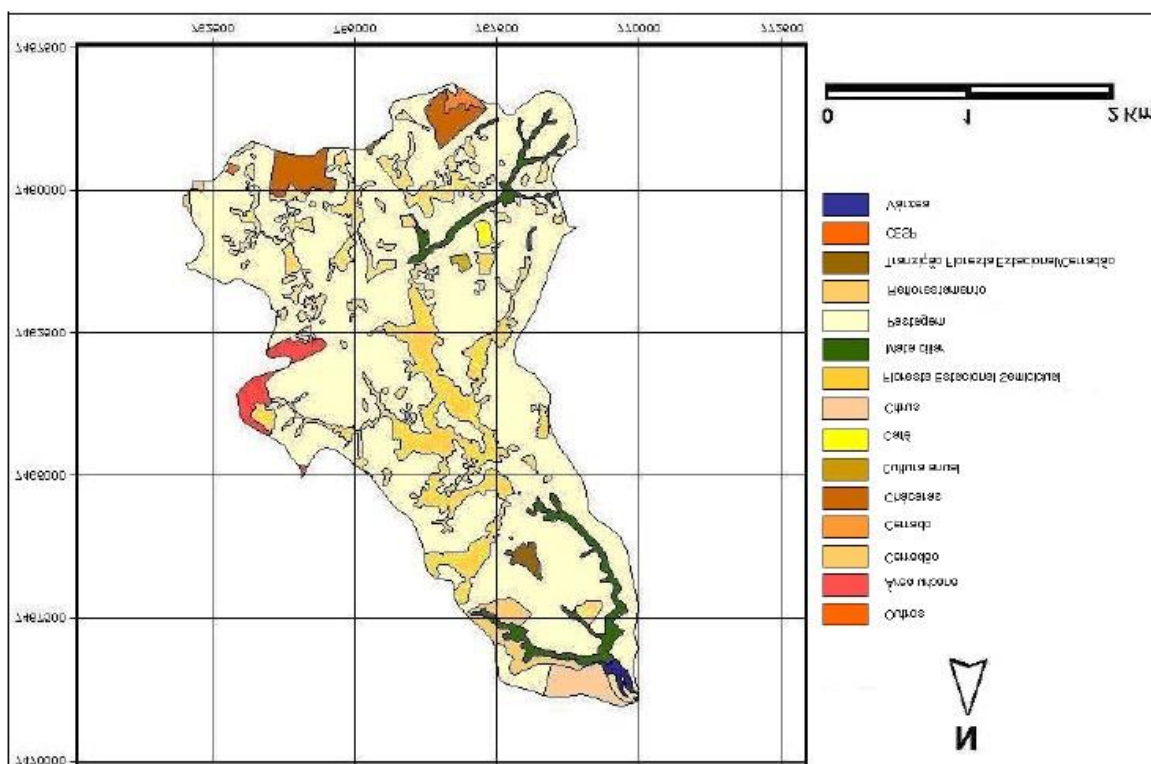
O mapeamento e a quantificação dos conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanente foram realizados usando-se álgebra de mapas. Os

procedimentos foram executados no ambiente *Raster Calculator* do módulo *Spatial Analyst* do ArcGIS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso da terra na microbacia do Alto Capivara – Botucatu (SP) mostra que as florestas Estacional Semicidual (Figura 1 e Quadro 1) vêm predominando em quase 70 % da área em 2006, devido a presença de solos pobres e da fácil mecanização nessas áreas. As florestas, elementos importantes na preservação ambiental, representam mais 22 % da área. Estas classes são formadas praticamente por cerrado, cerradão, floresta estacional semicidual, matas ciliares e transição floresta estacional/cerradão. As matas ciliares é uma formação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e são corredores fechados sobre a rede de drenagem. Segundo o Código Florestal, a reserva mínima de florestas deve ser de 20 %. Esses dados permitem inferir que a microbacia vem sendo preservado ambientalmente (22,26 %), devido à alta porcentagem de florestas na microbacia.

Figura 1. Uso e cobertura do solo da microbacia do Alto Capivara – Botucatu (SP), em 2006.



Fonte: Os autores.

A transformação na cobertura vegetal vem acontecendo de forma dinâmica na microbacia, ao longo do tempo, com a região sofrendo sensíveis mudanças nas paisagens nos últimos anos, caracterizadas principalmente expansão da silvicultura.

Os conflitos de usos em áreas de APPs (Figura 2), o buffer gerado num raio de 50m ao redor das nascentes somam 376992m², representando cerca de 0,17 % da superfície da microbacia, enquanto que ao longo da rede de drenagem estudada com uma largura de 30m ocuparam 8,32 % da área total da microbacia.

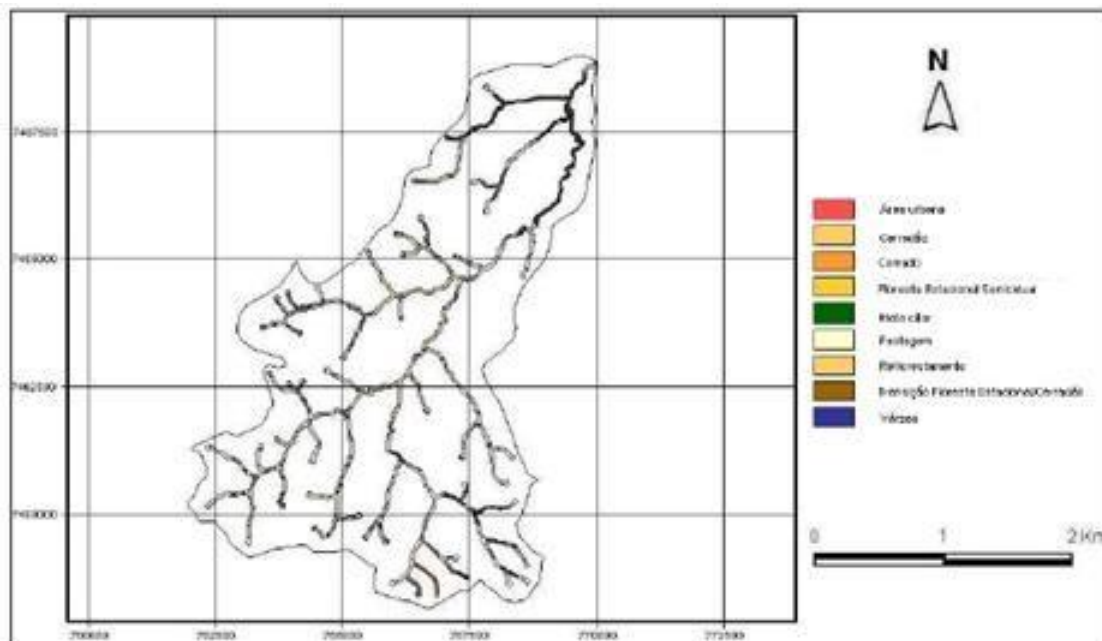
Os 416,5ha de áreas de APPs ao longo da rede de drenagem estão ocupados com reflorestamento (1,23 %), área urbana (0,48 %) e pastagem (48,30 %) de forma inadequada (conflito). Portanto, quase 50 % de área de APP, vêm sendo utilizados adequadamente, demonstrando que a microbacia está parcialmente conservada ambientalmente segundo o Código Florestal Brasileiro vigente (1965).

Quadro 1. Classes de uso do solo e conflito de uso em APP's da microbacia do Alto Capivara – Botucatu (SP), em 2006.

Classes de uso da terra	Área da microbacia			
	Uso da terra		Conflito	
	ha	%	ha	%
Área urbana	62,09	1,36	2,00	0,48
Cerradão	286,17	6,29		
Cerrado	16,06	0,35		
Chácaras	119,33	2,62		
Cultura anual	6,75	0,15		
Café	10,96	0,24		
Citrus	63,60	1,40		
Floresta Estacional Semicidual	516,57	11,35		
Mata ciliar	174,52	3,83		
Pastagem	3173,43	69,72	201,15	48,30
Reflorestamento	82,67	1,82	5,13	1,23
Transição Floresta Estacional/Cerradão	19,95	0,44		
CESP	2,87	2,53		
Várzea	15,82	0,35		
Outros	0,74	0,02		
Total	4551,53		208,28	50,01

Fonte: Os autores.

Figura 2. Conflito de uso do solo em APPs da microbacia do Alto Capivara – Botucatu (SP), em 2006.



Fonte: Os autores.

A mata de galeria protege o solo contra o impacto direto das gotas das chuvas, diminuindo a velocidade de escoamento superficial e favorecendo a infiltração de água no solo (Silveira *et al.*, 2005).

Neste estudo foram analisados os conflitos de uso nas áreas de preservação permanente, somente ao longo da rede de drenagem da microbacia, desconsiderando-se as demais áreas de APPs, uma vez que o relevo da área varia de plano a ondulado.

4. CONCLUSÕES

O estudo realizado na microbacia do alto Capivara – Botucatu (SP) mostrou que o uso inadequado da terra em áreas de preservação permanente é consideravelmente baixo, pois o uso antrópico (inadequado) chega a 50,01 % das APPs,

Os mapas de uso da terra podem servir como poder de fiscalização futuramente pelos Órgãos Públicos, bem como par identificação e localização das áreas de conflitos de uso da terra.

O uso de técnicas de sensoriamento remoto através do emprego de produtos orbitais do Landsat mostrou-se eficientes; a definição do uso do solo, na integração dos dados georreferenciados dentro de um banco de dados mostrou ser uma ferramenta fundamental para o planejamento de uso do solo numa microbacia, bem como a sua utilização no atendimento à legislação ambiental, principalmente nas áreas de APPs.

O Sistema de Informações Geográficas Arc View 3.2 foi eficiente na discriminação das classes de uso do solo, mostrando que 69,72 % da área é ocupada com pastagem e que a área de APP da microbacia é de 416,5ha, onde 50,01 % está sendo usado inadequadamente (conflito) por pastagem, reflorestamento e área urbana.

REFERÊNCIAS

Brasil. Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal.

CONAMA (Brasília, DF) Resolução Nº 303, de 20 de março de 2002. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 13 de maio de 2002.

Costa, T.C.C.; Souza, M.G.; BRITES, R.S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas. In Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, INPE, 1996. p. 121-127.

MAGALHÃES, C.S.; FERREIRA, R.M. Áreas de preservação permanente em uma microbacia. Informe Agropecuário, Belo Horizonte. V. 21, n.207, p. 33-39, 2000.

Rocha, C. H. B. Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000. 220p.

Silveira, E. M. O.; Carvalho, L. M. T.; Silva, A. M. Uso conflitivo do solo nas áreas de preservação permanente no município de Bocaina de Minas/MG In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia - GO. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005.

CAPÍTULO 07

AGRUPAMENTO DE MICROBACIAS EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO

Sérgio Campos

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, SP.

E-mail: sergio.campos@unesp.br

Teresa Cristina Tarlé Pissarra

UNESP – Jaboticabal – SP

E-mail: teresa.pissarra@unesp.br

Daniela Polizeli Traficante

Universidade Estadual Paulista – UNESP

E-mail: daniela.trafficante@unesp.br

Elen Fittipaldi Brasília Carrega

UNESP – Botucatu

E-mail: elen.carrega@unesp.br

Nathalia Maria Salvadeo Parizoto

UNESP – Botucatu

E-mail: nathalia.parizoto@unesp.br

RESUMO: Este trabalho visou analisar os atributos do relevo através das variáveis: altitude máxima (HM); altitude média (Hmd); altitude mínima (Hm); a amplitude altimétrica (H); comprimento médio de vertente (CVm); comprimento mínimo de deflúvio (Cd); declividade média da amostra circular (I) e integral hipsométrica (IH), integral volumétrica (IV), altura média da integral volumétrica (hIV), altura média da integral hipsométrica (hIH) e desenvolvimento da erosão (DE) obtidos em 4 microbacias de terceira ordem de ramificação e três unidades de solo da bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP), tendo como base cartográfica: fotografias aéreas coloridas, Carta Topográfica de Botucatu e Carta de solos do Município de Botucatu – SP. A distinção dos solos foi realizada através da análise de agrupamentos e de componentes principais. Os resultados obtidos permitiram concluir que os métodos se mostraram interessantes para indicação dos grupos semelhantes de microbacias. O primeiro componente principal possibilitou a discriminar as microbacias em função dos maiores valores das variáveis hIV, hIH, H, DE e I, indicando que quanto maior o valor da variável observada para a microbacia, maior será o poder discriminatório, enquanto que o maior valor do segundo componente principal, para variáveis do relevo, resultou em função dos maiores valores de HM, HMD e Hm. As variáveis hIV e hIH foram as que apresentaram maior poder discriminatório na formação dos grupos de microbacias mais similares.

PALAVRAS-CHAVE: Agrupamentos de microbacias; Métodos multivariados; Componentes principais.

SUMMARY: This work sought to analyze the attributes of the relief through the variables: maximum altitude (HM); medium altitude (Hmd); minimum altitude (Hm);

the width altimétrica (H); slope medium length (CVm); run-off minimum length (Cd); medium steepness of the circular sample (I) altitude integral (IH), volume integral (IV), medium height of the volume integral (hIV), medium height of the altitude integral (hIH) and erosion development (DE) obtained in 4 watersheds of third ramification order and three soil units of River Capivara basin - Botucatu (SP), tends as cartographic base: colored aerial photographic, Topographical Chart of Botucatu and Soil Chart of the Municipal district of Botucatu - SP. The distinction of the soils was accomplished through the analysis of groupings and of main components. The obtained results allowed to conclude that the methods were shown interesting for indication of the groups similar of watersheds. The first main component it made possible to discriminate the watersheds in function of the largest values of the variables HIV, hIH, H, DE and I, indicating that as larger the value of the variable observed for the watershed, adult will be the discriminatory power, while the largest value of the second main component, for variables of the relief, you/he/she resulted in function of the largest values of HM, HMD and Hm. The variables hIV and hIH were the ones that presented larger discriminatory power in the formation of the groups of more similar watersheds.

KEYWORDS: Watershed groupings; Methods multivariate; Main componentes.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento e a representação detalhada do relevo de uma área constituem-se em elementos indispensáveis ao planejamento das atividades agropastoris, à elaboração de projetos de engenharia, ao levantamento e conservação de solos, aos estudos hidrológicos (Silva e Piedade, 1993), etc.

A intensidade de erosão aumenta com a diminuição da cobertura vegetal do solo ligada a cada tipo de comunidade de planta e com o aumento da dissecação do relevo, que está relacionado ao tipo de solo, conforme afirmam Politano *et al.*, (1988) em estudo que procuraram avaliar as relações entre uso e erosão de solos arenosos.

Strahler (1952) classificou o relevo, de acordo com seu estágio de maturidade, em jovem, maduro e senil. Segundo ele, o estágio da juventude caracteriza-se por apresentar um desequilíbrio entre a erosão e a deposição, sendo esta maior que aquela. No estágio senil a situação se inverte, ou seja, a sedimentação é menor que a erosão, e na maturidade do relevo já há um equilíbrio entre as duas.

O relevo tem maior influência no grau de evolução dos solos do que as diferenças de idade dos materiais originários e dos paleoclimas ou das modificações climáticas existentes (Tercinier e Quantin, 1968).

A análise de microbacias por meio do relevo, permite inferir sobre a natureza e distribuição dos solos. O estudo hipsométrico das microbacias conjuntamente com as características do relevo constituem um meio consistente na comparação entre o estágio de evolução e das unidades de solos.

A análise multivariada é uma técnica estatística que vem sendo utilizada com sucesso por muitos pesquisadores em variáveis da rede de drenagem e do relevo, como Kofller (1982), Barros (1988), Cardoso (1988), Campos e Barros (1994), etc.

A análise dos componentes principais permite a verificação em ordem de importância de cada variável original na discriminação de microbacias na constituição dos agrupamentos (Curi, 1983).

A integral hipsométrica e a volumétrica, para Vieira (1978), respectivamente, representa o material existente antes do início do processo erosivo e o volume de terra ainda existente, enquanto que a diferença entre elas, nada mais é do que o material erodido, tomando-se por base o rio de terceira ordem de ramificação.

A utilização da integral hipsométrica e integral volumétrica permitem o estudo da evolução do relevo pois, como afirma Barros (1988), enquanto a primeira representa a maneira como o material está distribuído antes da erosão, caracterizando um estágio evolutivo do relevo, a segunda representa o que restou até nossos dias.

Assim, este trabalho objetivou com auxílio de técnicas fotointerpretativas e da análise multivariada de microbacias de terceira ordem de ramificação, procurou-se avaliar as características do relevo na discriminação de três unidades de solo (LVA, RL e RQ) ocorrentes da bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido na bacia do Rio Capivara, com uma área de 37840,03 hectares, a qual está localizada no Município de Botucatu (SP), entre os paralelos 22° 39' 36" a 22° 57' 39" de latitude S e os meridianos 48° 17' 34" a 48° 29' 36" de longitude W Gr.

Os solos ocorrentes na área foram classificados como: Neossolo Quartzarênico Argissólico e Latossólico (RQ), Latossolos Vermelhos-Amarelo (LVA) e Neossolos Litólicos (RL), segundo Piroli, 2002.

As unidades Neossolo Quartzarênico Argissólico e Latossólico (RQ), conforme Piroli (2002), são solos profundos, de textura muito leve, acentuadamente drenados, de cor geralmente vermelho amarelado, com seqüência de horizontes A, B e C, originados a partir de arenitos, de fertilidade baixa, ácidos e muito susceptíveis à erosão.

O conteúdo de argila é baixo, sendo menor de 15 %, variando de 7,8 a 15 % nos horizontes A e B, enquanto que o conteúdo de silte no horizonte B varia de 0,2 a 2,3 %.

O relevo predominante é o suavemente ondulado a ondulado. Quando suavemente ondulado, as colinas apresentam declives suaves e formam vales em V abertos e, quando ondulados, as colinas ou morros são mais declivosos e os vales em V mais fechados.

A altitude varia de 420 a 740 metros, sendo nas partes altas de 600 a 740 metros e nas baixas de 420 a 600 metros.

A vegetação predominante é a do tipo cerrado e o material original é arenito.

O Neossolos Litólicos (RL), segundo Piroli (2002), são solos poucos desenvolvidos com espessura em torno de 35 cm, constituídos pelo horizonte A e a camada D. Granulometricamente, apresentam o conteúdo de argila em torno de 46,7 %, sendo a fração silte muito baixa, em torno de 2,1 %.

Estes solos ocupam os topos das elevações, distribuídos em pequenas manchas esparsas, sendo o relevo forte ondulado de topos arredondados, vertentes convexas, vales em V com declive em torno de 40 % e a altitude em torno de 700 metros. O clima predominante é o do tipo Cfa e o material original é o basalto, metáfiro e provavelmente diabásico (eruptivas básicas).

A vegetação nativa predominante nestes solos é a floresta latifoliada tropical.

As áreas mapeadas por Piroli (2002) como pertencentes à unidade de solo Latossolos Vermelhos-Amarelo (LVA) caracterizam-se por serem solos profundos, de textura leve, bem drenados, de coloração vermelho amarelado, formados a partir de arenito, ácidos, de baixa fertilidade, de pequenas variações nas características, fazendo com que os vários subhorizontes se apresentem pouco individualizados, com transição variando de gradual a difusa.

A composição granulométrica deste solo apresenta o conteúdo de argila entre 15 a 30 %, nos horizontes A e B, sendo geralmente o teor de argila no horizonte C menor que no B.

Estes solos localizam-se na região do alto planalto, onde formam manchas contínuas entrecortadas por solos de outras unidades. Geralmente encontram-se nas superfícies dos espigões, que podem ser estreitas ou muito largas, apresentando uma topografia suavemente ondulada com pendentes de centenas de metros, ou completamente plana e, muito raramente, ondulada e mesmo assim de pendentes alongadas.

A altitude varia de 500 a 1000 metros, estando a sua maior parte entre 600 a 900 metros.

A cobertura vegetal é variável, apresentando nas partes altas campo limpo, campo cerrado e cerrado, nas partes baixas é mais fina e de arbustos tortuosos, mas predominando campo cerrado e, nas transições, apresenta capoeira e cerradão quando a unidade vizinha é o Nitossolo Vermelho (NV), contudo os arbustos do cerrado são mais eretos e vigorosos.

O clima predominante para esta unidade de solo é o Cfa, com índice pluviométrico variando de 1100 a 1700 mm.

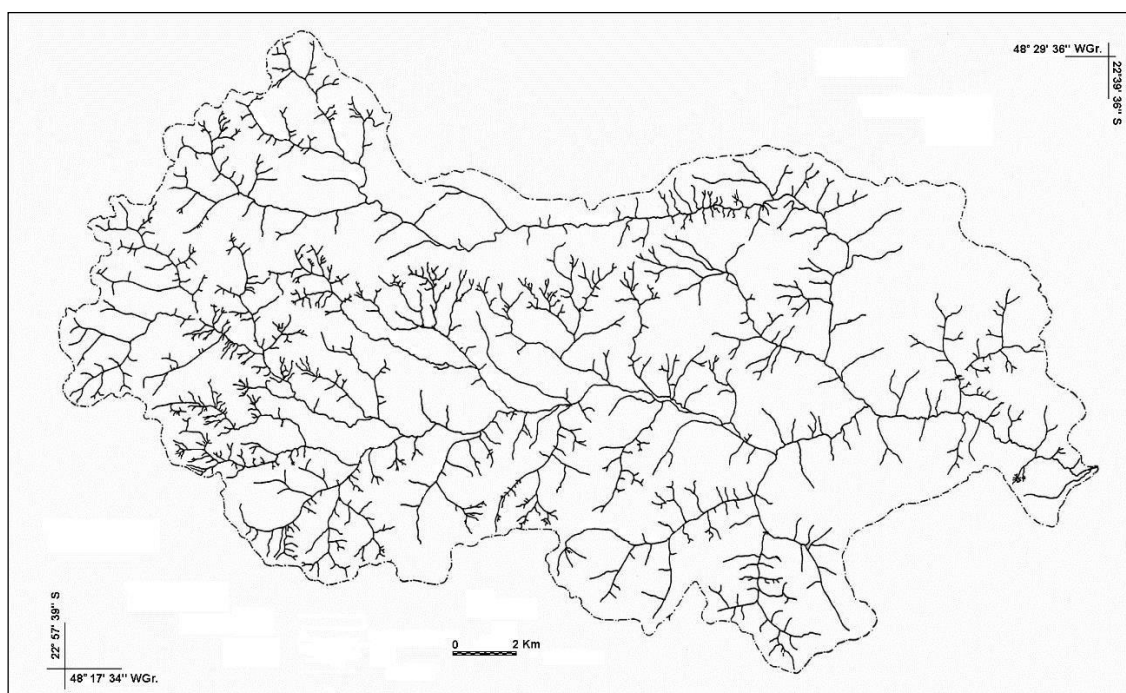
O material de origem desses solos é constituído por arenito de Botucatu, arenito de Furnas e possivelmente sedimentos do terciário.

Foram utilizadas as fotografias aéreas verticais coloridas de 2000, em escala nominal aproximada de 1:30000, para elaboração do mapa da rede de drenagem da bacia do Rio Capivara - Botucatu –SP (Figura 1) e da Carta de Solos do Município de Botucatu –SP (Figura 2), na escala 1:50000, para identificação dos limites das unidades de solo e a localização das 12 microbacias de terceira ordem de ramificação, objeto de estudo neste trabalho, sendo os pontos de apoio cartográfico obtidos na Carta do Brasil, escala 1:50000, editada pelo IBGE (1969).

As áreas foram determinadas com auxílio do Software SPLAN -Sistema de planimetria digitalizada (Silva *et al.*, 1993) e as distâncias retas foram efetuadas com auxílio do compasso de ponta seca e da escala triangular, sendo as distâncias curvas determinadas com o curvímetro, da marca DERBY.

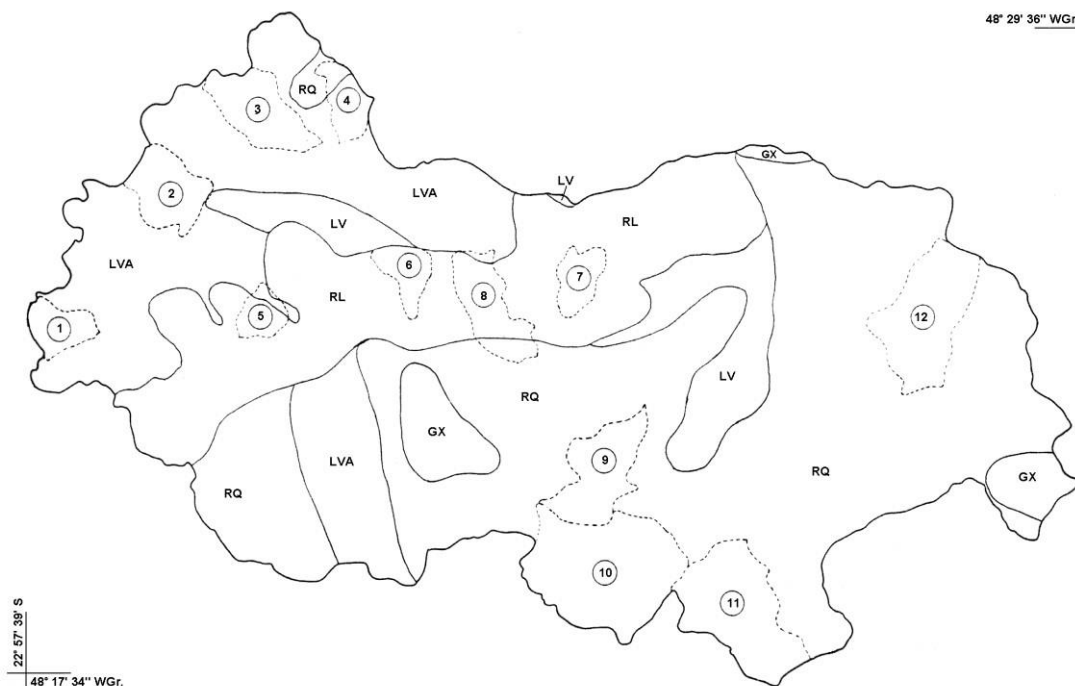
Após o decalque da rede de drenagem das fotos, utilizando-se dos estereoscópicos de espelho marca WILD, modelo ST4, efetuou-se o enriquecimento da rede de drenagem constante do mapa básico, transferindo-se os detalhes obtidos de cada foto para a carta base, com o auxílio do Aerosketchmaster, marca Carl Zeiss, JENA.

Figura 1. Rede de drenagem da bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP.



Fonte: Os autores.

Figura 2. Unidades de solos da bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP (Piroli, 2002) e a localização das 12 microbacias.



Fonte: Os autores.

A partir das Cartas do Brasil, em escala 1:50000, identificaram-se as 12 microbacias de terceira ordem de ramificação (Figura 2), através de seus divisores de água, decalcando em filme de poliéster Terkron D – 50u, as curvas de nível equidistantes de 20 em 20 metros, correspondentes às amostras.

Os atributos do relevo foram analisados através das variáveis: altitude máxima (HM); altitude média (Hmd); amplitude altimétrica (H); comprimento médio de vertente (CVM); comprimento mínimo de deflúvio (Cd); Declividade média da amostra circular (I) e e integral hipsométrica (IH), integral volumétrica (IV), altura média da integral volumétrica (hIV), altura média da integral hipsométrica (hIH) e desenvolvimento da erosão (DE).

- Altitude máxima (HM) – maior altitude ocorrente na microbacia, conforme Moreira e Rodrigues, 2010;

- Altitude mínima (Hm) – menor altitude ocorrente na microbacia, conforme Moreira e Rodrigues, 2010;

- Altitude média (Hmd) - média aritmética entre os valores de cota mais alta (HM) e cota mais baixa (Hm) na microbacia, conforme Moreira e Rodrigues, 2010;

- Amplitude altimétrica (H) - diferença entre a maior e a menor altitude na microbacia, conforme Moreira e Rodrigues, 2010;

- Integral Hipsométrica (IH) - medida com planímetro, refere-se à porção inferior da curva hipsométrica obtida em função do quadrado, conforme procedimento descrito por Strahler (1952). Para obtenção da curva planimetram-se as áreas compreendidas entre a primeira curva de nível e a linha do divisor de água na sua parte mais alta e a seguir planimetram-se as áreas projetadas (a) correspondentes a cada curva e sua subsequente. Estabelecem-se relações de cada área projetada com a área total (a/A). Esses valores foram demarcados no eixo "x", enquanto que no eixo "y" foram representadas as altitudes relativas (h/H), sendo a diferença entre a maior (HM) e a menor (Hm) altitude da bacia "H" e o valor da distância entre curvas de nível "h";

- Integral Volumétrica (IV) - obtida por procedimento idêntico a IH, de acordo com Vieira (1978). A partir da altura e da área de cada faixa entre duas curvas de nível calcularam-se os volumes de terra, segundo a fórmula $V = (h_1 - h) \cdot (a + a_1)/2$. A somatória dos volumes forneceu o volume total (V) de terra compreendido pelo plano horizontal (base plana), que passa pelo ponto mais baixo da bacia e o plano inclinado, contorno da mesma. Estabeleceram-se valores relativos v/V que foram representados no mesmo gráfico da integral hipsométrica (eixo x), resultando a curva integral volumétrica. O espaço abaixo da curva volumétrica, de acordo com Vieira (1978), representa o volume de sedimentos ainda existente na bacia após a formação dos vales;

- Desenvolvimento da Erosão - obtido pela diferença entre a integral hipsométrica (IH) e volumétrica (IV), conforme descrito em Vieira (1978);

- Altura média da integral hipsométrica (hIH) - obtida a partir do cálculo da integral hipsométrica, representa a relação entre a superfície correspondente ao volume total da bacia e o comprimento proporcional ao volume da superfície projetada da bacia, conforme descrito por Vieira (1978), e

- Altura média da integral volumétrica (hIV) - obtida a partir do cálculo da integral volumétrica, representa a relação entre a superfície correspondente ao volume total da bacia e o comprimento proporcional ao volume da superfície projetada da bacia, conforme descrito por Vieira (1978).

Foi também utilizada a análise multivariada, utilizando-se como coeficiente de semelhança a Distância Euclideana Média entre os pares de microbacias, segundo Sneath e Sokal (1973), com o objetivo de encontrar a melhor maneira de descrever os padrões de similaridade mútuas entre microbacias.

O teste "t" Student foi aplicado com o objetivo de verificação dos contrastes ortogonais entre as médias dos solos (C1 = RPV/RLV x Li-b, C2 = RPV-RLV x LVA, C3 = RPV-RLV x (Li-b + LVA) e C4 = LVA x Li-b), bem como, analisar as variáveis do relevo que mais contribuíram na discriminação dos solos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados (Quadro 1) revelaram que os maiores valores médios de altitude máxima (HM), mínima (Hm) e média (Hmd) foram observados, respectivamente, para a unidade de solo LVA e os menores para o solo RQ, enquanto que os valores intermediários foram observados para a unidade RL.

A amplitude altimétrica (H) mostrou uma grande variação de relevo de ocorrência para o solo Li-b e pequena para os outros dois solos (RQ e LVA).

Quadro 1. Variáveis do relevo observadas para as 12 microbacias na bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP).

U S	Bacia	H M (m)	H m (m)	H m d (m)	H (m)	I (%)	I H (m)	I V (m)	h I H (m)	h I V (m)	DE (m)	CV m (m)
LVA	1	921,00	848,00	884,50	73,00	9,97	0,6442	0,3521	47,0266	25,7033	21,3233	280,3571
	2	908,00	834,00	871,00	74,00	7,73	0,5851	0,3245	43,2974	24,0130	19,2844	352,7778
	3	934,00	811,00	872,50	123,00	11,49	0,5237	0,3229	64,4151	39,7164	24,6984	477,7778
	4	915,00	822,00	868,50	93,00	8,82	0,3894	0,2632	36,2142	24,4776	11,7366	407,5000
	Média	919,50	828,75	874,13	90,75	9,50	0,5356	0,3157	47,7383	28,4777	19,2607	379,6032
RL	5	858,00	632,00	745,00	226,00	21,33	0,6573	0,3738	148,5498	84,4788	64,0710	356,5000
	6	828,00	527,00	677,50	301,00	25,43	0,4857	0,3339	146,1957	100,5039	45,6918	333,3333
	7	784,00	533,00	658,50	251,00	23,36	0,3818	0,2800	95,8318	70,2800	25,5518	337,5000
	8	833,00	485,00	659,00	348,00	14,78	0,3169	0,2415	110,2812	84,0420	26,2392	458,3333
	Média	825,75	544,25	685,00	281,50	21,23	0,4604	0,3073	125,2146	84,8262	40,3885	371,4167
RQ	9	635,00	493,00	564,00	142,00	9,20	0,3869	0,2557	54,9398	36,3094	18,6304	597,2222
	10	635,00	488,00	561,50	147,00	9,84	0,6447	0,3639	94,7709	53,4933	41,2776	554,1667
	11	605,00	494,00	549,50	111,00	10,97	0,5235	0,3063	58,1085	33,9993	24,1092	670,5357
	12	626,00	454,00	540,00	172,00	6,51	0,5644	0,3182	97,0768	54,7304	42,3464	643,7500
	Média	625,25	482,25	553,75	143,00	9,13	0,5299	0,3110	76,2240	44,6331	24,0909	616,4187

OBS: AC - Amostra circular; US - Unidade de solo; HM - Altitude máxima; Hm - Altitude mínima; Hmd - Altitude média; H - Amplitude altimétrica; I - Declividade média; CVm - Comprimento médio da

vertente; IH - Integral hipsométrica; IV - Integral volumétrica; hIV - Altura média da integral volumétrica; hIH - Altura média da integral volumétrica e DE - Desenvolvimento da erosão. Fonte: Os autores.

A declividade média (I) de 9,13 % para a unidade de solo RQ; de 9,50 % para o solo LVA e de 21,23 % para a unidade RL permitiram classificar o relevo de ocorrência dos solos LVA e RPV-RLV como suavemente ondulado, segundo Piroli (2002) e o da unidade de solo RL como fortemente ondulado. A declividade média obtida para o solo LVA concorda com os valores obtidos por Lima (1987).

As representações gráficas das unidades de solo LVA e RQ não apresentaram diferenças no contorno de seus divisores tão nítidas quanto as apresentadas no solo RL, que apresentaram maiores angulações em suas curvas de nível, além das curvas de nível se apresentarem mais próximas evidenciando relevo mais movimentado.

A conformação do terreno constitui-se num componente importante do sistema natural que cada solo representa, segundo Ranzani (1979), pois as relações entre o desenvolvimento do relevo e a idade dos solos correspondem à história da erosão e sedimentação com a idade do solo num determinado local. Se não houver erosão ou sedimentação marcante numa determinada área, por um longo período de tempo, relevo e solos velhos poderão ser encontrados, pois são áreas normalmente constituídas de sedimentos antigos com grandes extensões e topografia plana ou ligeiramente ondulada. Os solos mais jovens geralmente apresentam-se constituídos de sedimentos recentes influenciados por erosões recentes (Piroli, 2002).

A interpretação correta das curvas hipsométricas e do valor de suas integrais definem a distribuição do material desde as partes mais altas até as mais baixas, bem como, a maturidade do relevo, conforme Strahler (1957).

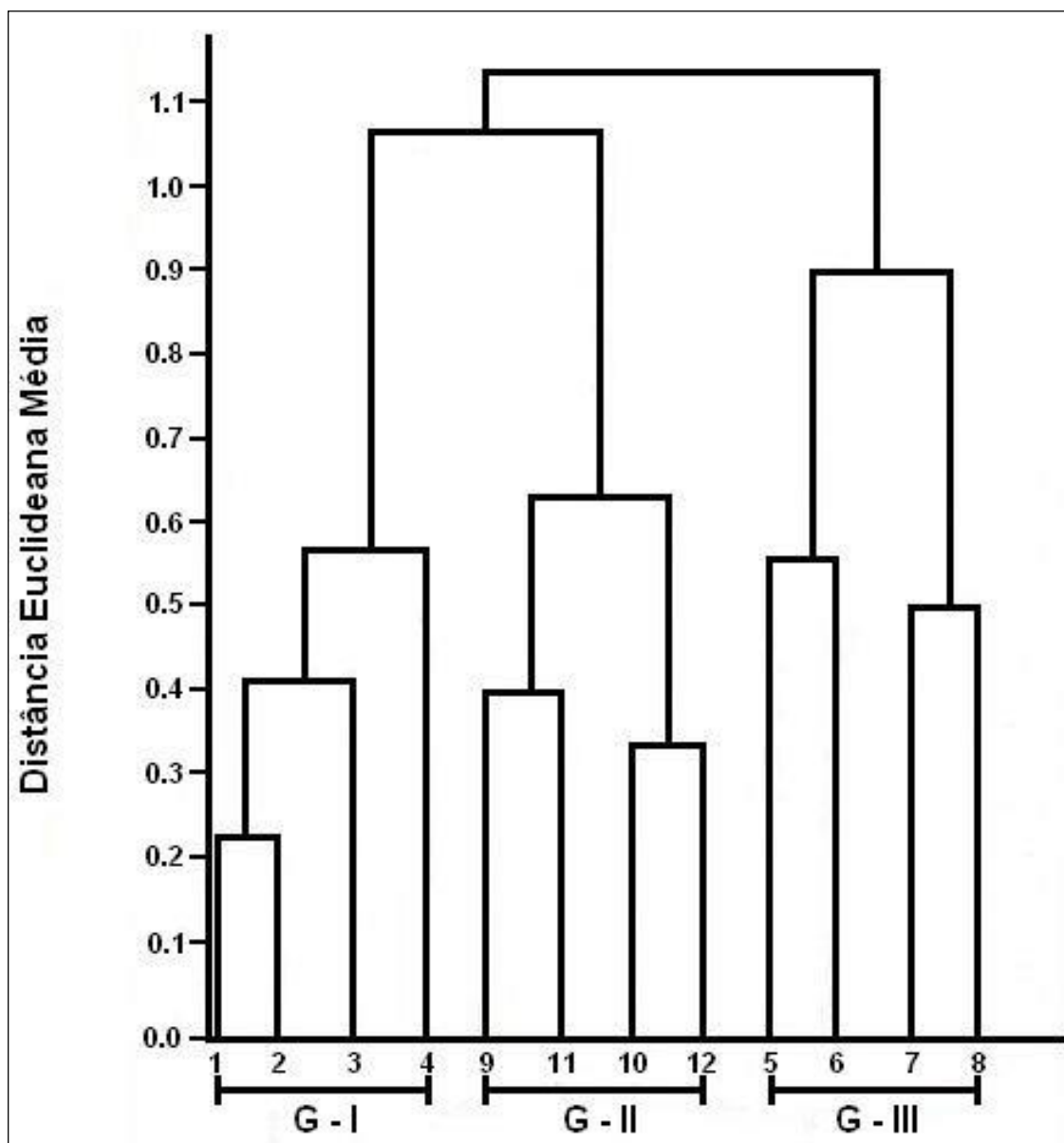
Os menores valores médios de amplitude altimétrica (90,75m) constatados para as microbacias na unidade de solo LVA vem de encontro com a sua planialtimetria, pois essa unidade se apresenta com topografia suavemente ondulada e que associada às suas pequenas bacias não permite diferenças acentuadas entre as altitudes de suas cabeceiras e foz, enquanto que a as unidades de solo RL pela sua topografia acidentada e pequenas bacias, porém com curvas de nível bem próximas conferem-na valor de amplitude altimétrica (H) mais alto, ou seja, a declividade média alta (21,25 %) permite diferenças altas em termos de distância vertical entre a cabeceira e a foz.

Os resultados do teste "t" aplicados aos contrastes C₁, C₂, C₃ e C₄ (Quadro 1) mostram que somente as variáveis IH e IV mostraram-se não significativas em todos os contrastes. Estes indicam também que às variáveis HM, Hm e Hmd mostraram significância ao nível de 1 % e 5 % de probabilidade para todos os contrastes, sendo que as variáveis H, IH e hIV mostraram sensibilidade estatística apenas para os contrastes C₁ e C₄, enquanto as variáveis CVm e I não foram significativas, respectivamente, para os contrastes C₄ e C₂. Como somente as variáveis Hm, Hm e Hmd apresentaram significância em todos os contrastes para as três unidades de solo, e que segundo a Amaral (1991), as variáveis relacionadas à amplitude de variação altimétrica refletem mais as condições de relevo, não podendo ser relacionadas com fatores ligados ao meio, podemos afirmar que esta análise estatística não se mostrou eficiente na discriminação dos solos.

A análise multivariada referentes aos valores das variáveis do relevo (Figura 3) mostram claramente que esses parâmetros foram eficientes no agrupamento das microbacias, pois constata-se a formação de três grupos homogêneos (G-I, G-II e G-III), pois esses grupos reuniram todas as microbacias selecionadas para cada unidade de solo, ou seja, o G-I reuniu as microbacias 1, 2, 3 e 4; o G – II as microbacias 5, 6, 7 e 8 e o G- II as microbacias 9, 10, 11 e 12.

Os coeficientes dos dois primeiros componentes principais (Quadro 2) permitiram constatar que a variável mais importante no agrupamento das microbacias foi a altitude média (Hmd) e a menos sensível foi a integral hipsométrica (IH). Esses resultados estão coerentes com os obtidos pelo teste "t" que mostrou alta significância, a nível de 1 % de probabilidade para a variável altitude média (HMD) e a não significância para a integral hipsométrica (IH). Essas variáveis conseguiram acumular uma variância total de 73,9 %.

Figura 3. Dendrograma dos agrupamentos das microbacias para as variáveis do relevo, utilizando o algoritmo UPGMA e a Distância Euclidiana Média com coeficiente de similaridade.



Fonte: Os autores.

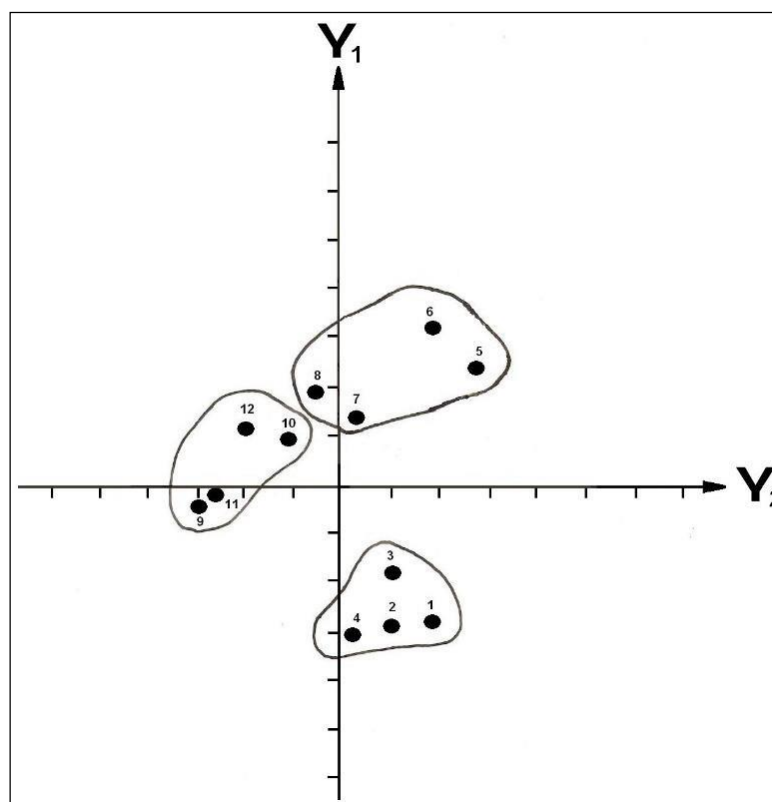
Os parâmetros do relevo (Quadro 2 e Figura 4) mais significantes na discriminação dos solos por ordem de importância foram: Hmd, hIV, hIV, I, HM, DE, H, CVm, Hm, IV e IH.

Quadro 2. Valores dos componentes principais (Y_1 e Y_2) para as variáveis de relevo, ordem de importância e porcentagem da variância total e acumulada.

Variáveis	1º Componente Principal (Y_1)	2º Componente Principal (Y_2)	Ordem de Importância
HM	-0,0187	0,449	5
Hm	-0,371	0,314	9
Hmd	-0,302	0,391	1
H	0,394	0,082	7
I	0,316	0,289	4
IH	-0,053	0,192	11
IV	0,036	0,281	10
HIH	0,423	0,192	2
HIV	0,424	0,172	3
DE	0,340	0,191	6
CVm	0,051	-0,487	8
% Variância total	43,35	30,44	
% Variância acumulada	43,35	73,79	

Fonte: Os autores.

Figura 4. Ordenação das 12 microbacias, usando-se os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2).



Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÕES

Os resultados permitiram as seguintes conclusões: as variáveis do relevo para bacias HM, Hm e Hmd foram as únicas variáveis sensíveis na diferenciação dos três solos, enquanto que as variáveis H, I, hIH e hIV conseguiram diferenciar o RQ de LVA e o LVA de RL; a análise multivariada foi eficiente na discriminação dos solos RQ, LVA e RL quando foram utilizadas as variáveis do relevo para microbacias indicando a seguinte ordem de importância para estas variáveis: Hmd, hIH, hIV, I, HM, DE, H, CVm, Hm, IV e IH; as variáveis do relevo foram mais eficientes na discriminação dos solos através da análise multivariada; as variáveis do relevo, submetidas à análise de agrupamento discriminaram 100% das bacias representativas das unidades LVA, RL e RQ.

REFERÊNCIAS

AMARAL, C. Fotointerpretação de características de bacias hidrográficas de terceira ordem na diferenciação de unidades de solo. Botucatu: UNESP, 1991. 104p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1991.

BARROS, Z.X. de. Caracterização de bacias hidrográficas no mapeamento de solos mediante o uso de análise multivariada. Botucatu: UNESP, 1988. 113p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1988.

BARROS, B.Z.X. de., BARROS, Z.X. de, POLLO, R.A., NASCIMENTO, F.M., CAMPOS, S. Análise multivariada aplicada em bacias hidrográficas no Município de Botucatu. Irriga, Botucatu, v.16, n.3, p.351-359, 2011.

CAMPOS, S., BARROS, Z.X. de. Comportamento da rede de drenagem na bacia do rio Capivara - Botucatu (SP), durante 15 anos. Energ. na Agríc., Botucatu, v.9, n.1, p.3753, 1994.

CARDOSO, L.G. Comportamento das redes de drenagem em solos com cana-deaçúcar e com eucalipto. Botucatu: UNESP, 1988. 139 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1988.

CURI, P.R. A similaridade na análise de agrupamento: coeficientes de correlação e distância. Cienc. Cult. S. Paulo, n.11, p.1678-86. 1983. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Cartas do Brasil. Superintendência de Cartografia do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral do Brasil. Folha de Botucatu, 1969.

KOFFLER, N.F. Análise do relevo a partir de índices de drenagem obtidos com fotografias aéreas. Bol.Geogr.Theorética. Rio Claro, v.12, n.23/24, p.69-76, 1982.

LIMA, S.L. Características da rede de drenagem e do relevo de três solos do Estado de São Paulo determinadas em fotografias aéreas e cartas planimétricas. Piracicaba: USP, 1987. 100p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"- Universidade de São Paulo, 1987.

MOREIRA, L., RODRIGUES, V.A. Análise morfométrica da microbacia da Fazenda Edgárdia – Botucatu (SP). .Eletr.Eng.Florestal. Garça, v.16, n.1, p.9-21, 2010.

PIROLI, E.L. Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu-SP. 2002. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

POLITANO, W.; ATHAYDE, M.L.F.; CORSINI, P.C.& LOPES, L.R. Avaliação mediante o emprego de imagens aéreas das condições ligadas ao uso da terra e

erosão acelerada de uma área com solos arenosos provenientes da formação Bauru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17, Iperó, 1988. Resumos... Iperó, 1988. CENEA/SBEA, 1988.p.48.

SILVA, C.M., CATANEO, A., CARDOSO, L.G. Sistema de planimetria digitalizada. In: JORNADA CIENTÍFICA DA ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES, Botucatu, 18, 1993. Anais... Botucatu - SP, JC, 1993,p.109.

SILVA, M.S., PIEDADE, G.C.R. Análise do relevo de uma bacia hidrográfica através da curva de distribuição percentual da superfície em função de suas declividades parciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Ilhéus-BA, 22, 1993. Anais... Ilhéus-BA, CEPLAC/SBEA, 1993.p.362-373.

STRAHLER, A.N. Hypsometric analysis of erosional topographic. Bull.Geol.Soc.Am., Colorado, v.63, p.1117-41,1953.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans.An.Geophys. Union, New Haven, v.38, p.913-920, 1957.

TERCINIER, G. & QUANTIN, P. Influence d'alteracion de cencches et ponces volconiques d'age recent sur la nature, les proprietes et la fertilité des soles aux nouvelles. Hébrides. Coh. Orston. Sér. Pédol., 6:203-224, 1968.

VIEIRA, N.M. Estudo geomorfológico das voçorocas de Franca, SP. Franca: UNESP, 1978. 255p. Tese (Doutorado em História) - Instituto de História e Serviço Social, Universidade Estadual Paulista, 1978.

CAPÍTULO 08

GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA CAPACIDADE DE USO DE UMA MICROBACIA

Francisco Antônio Galatti Filho

UNESP – Botucatu

E-mail: francisco.galatti@unesp.br

Sérgio Campos

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, SP.

E-mail: sergio.campos@unesp.br

RESUMO: O objetivo, deste trabalho foi a espacialização da capacidade de uso das terras da microbacia do Córrego dos Rochas, Município de Avaré-SP, obtida através da utilização do Sistema de Informação Geográfica - Idrisi, visando contribuir para uma melhor organização territorial e planejamento de uma adequado da ocupação do solo. Os resultados obtidos a partir da metodologia utilizada permitiram mostrar que a maior parte das áreas de terras da microbacia dos Rochas são formadas por solos pertencentes às unidades: LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA52) Distróficos (36,64 %) e LATOSSOLO VERMELHOS (LV4) Eutroféricos e Distroféricos (30,30 %), apresentando textura arenosa. Quanto à declividade, houve um predomínio de áreas com classes de declive de 0-12 %, relevo plano a ondulado (61,37 %) da área da microbacia, mostrando que essas terras são propícias para o cultivo de culturas anuais, com amplo uso da mecanização. A maior parte das terras foi classificada como sendo da classe IV (73,79 %) de capacidade de uso, porém, foram encontradas as seguintes subclasses de capacidade de uso das terras: IIe,s; IIIe; IVs; IVe; IVe,s, VIe e VIIe. As subclasses de capacidade IVe; IVe,s, IVs e VIe foram as mais representativas, mostrando tratar-se de terras que podem ser utilizadas para fins agrícolas, próprias para lavouras em geral, ressaltando-se que, quando cultivadas sem cuidados especiais, ficam sujeitas a severos riscos de depauperamento, principalmente quando os solos são utilizadas culturas anuais. O Sistema de Informação Geográfica – Idrisi mostrou-se eficiente na determinação da capacidade de uso das terras da microbacia do Bairro dos Rochas, Município de AvaréSP, demonstrando que a utilização de ferramentas de geoprocessamento facilita e agiliza os trabalhos dos cruzamentos de dados, permitindo o armazenamento digital de dados que poderão vir a ser utilizados para outras análises, sobretudo para futuros planejamentos territorial e ambiental da área ora estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, Capacidade do Uso do Solo, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Idrisi Kilimanjaro.

SUMMARY: The present work had a purpose the determination of the shart of soil use capacity of the watershed of the Rochas in Municipal District of Avaré – SP, obtained through the use of Geographical Information System – Idrisi, looking for contribute to a better territorial organization and for the planning of a right occupation of the soil. The results obtained with the used methodology to show that the most of

the areas of the watershed of the Rocha are organized by soil belonging to the units LVA52d (36, 54 %) and LV4e (30, 30 %) presenting textures that are sandy. About the declivity, had a predominance of areas with slope classes of 0-12 %, plane relief to wavy (61, 37 %) of the watershed showing that this lands are good to cultivate the annual cultures, with wide use of the mechanization. The biggest part of the lands of watershed were classified as being of the class IV of use capacity, but were found the following subclasses of capacity of land uses: IIe,s; IIIe; IVs; IVe; IVe,s, VIe e VIIe. The capacity subclasses IVe; IVe,s, e IVs (73,79 %) e VIe (15,56 %) were the most representatives, showing been about lands that can be used to agricultural ends, private to farming majority, jutting out that when cultivated without special cares, they stay in dangerous risks of impoverishment, mainly when the soils are cultivated with annual cultures. Information Geographical System – Idrisi show itself efficient in the determination of capacity in land uses of the watershed of the Rochas in the Avaré – SP Municipal District, showing that the use of geoprocessing tools digital storage that will come to be used to another analyses, above all to future planning of the territories and environment areas studied already.

KEYWORDS: Geoprocessing, soil use capability; Information Geographical System (GIS); Idrisi Kilimanjaro.

1. INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações atuais é com a necessidade de preservação do meio ambiente, possuindo lugar de destaque nos noticiários do País e em todo o mundo. O homem em busca do desenvolvimento explora os recursos naturais ao máximo, chegando a ponto de degradar áreas por completo. Em nome do desenvolvimento, matas e mananciais foram explorados sempre visando o lucro, onde a exploração foi realizada de forma pouco racional, causando um desequilíbrio ambiental, que se reflete nos dias de hoje. É dever de todos a fiscalização e o empenho para que os recursos naturais renováveis possam sempre estar em equilíbrio.

A exploração dos recursos existentes deve ocorrer de forma sustentável. A agricultura moderna é aliada da natureza, pois nenhum produtor quer sua propriedade contaminada ou que o recurso natural existentes se acabe.

As águas subterrâneas estão sendo contaminadas com fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura, a recuperação somente é possível com planejamento e manejo adequado. O estudo do meio ambiente é de vital importância para avaliar o grau de adaptação de cada ser vivo as condições ambientais existentes, o mau uso do solo trás sérios danos ao meio ambiente como assoreamento dos rios, a degradação, a erosão e o empobrecimento do solo.

O termo degradação abrange todos os processos que levam a diminuição da vida ou da capacidade de manter a vida ou da capacidade de aproveitamento econômico de uma área. No meio rural essa degradação é mais acentuada, o uso de práticas extrativistas e o manejo inadequado do solo causado pelo uso indiscriminado e desordenado dos recursos naturais.

A redução das reservas de água é outra realidade, pois os rios, córregos e açudes estão assoreados. Isto acontece pelo mau uso do solo e agressão com o meio ambiente afetando diretamente a todos, pois sentimos as mudanças climáticas como a elevação das temperaturas e as secas prolongadas, pois a natureza está em desequilíbrio.

Muitos produtores estão buscando o caminho inverso, adotando práticas conservacionistas como plantio direto, reposição das matas ciliares, procurando o desenvolvimento de forma sustentável.

Quanto ao planejamento dos recursos naturais visa à melhoria da qualidade de vida populacional. São necessários estudos que planejem o uso dos recursos naturais e que avaliem a degradação. O diagnóstico da situação real dos recursos naturais em uma bacia hidrográfica permite reconhecer qual a melhor unidade para o manejo, sendo este um instrumento necessário para a preservação e gerenciamento destes recursos.

A área de estudo tem uma importância para o município de Avaré, porque existe um grande número de produtores de hortaliças em que a produção está destinada às feiras e sacolões onde a escolha da área para o estudo se deu pela intensa degradação dos recursos naturais e o assoreamento do Córrego do Bairro dos Rochas.

Para reverter esse quadro já existente faz-se necessário um planejamento do meio rural onde, de acordo com a capacidade do uso da terra, é necessário um levantamento dos recursos existentes onde todas as propriedades possam trabalhar visando o uso sustentável dos recursos naturais e a conservação do meio ambiente.

O levantamento do uso da terra numa dada região é de fundamental importância para a compreensão de um manejo adequado. Deste modo, há necessidade de atualização constante dos registros de uso da terra, para que as tendências sejam analisadas e utilizadas de forma mais adequada, visto as constantes alterações provocadas pela ação do homem ao ambiente.

As informações sobre ocupação do solo, coletadas periodicamente em sensores colocados em satélites, juntamente com as técnicas de geoprocessamento, têm-se mostrado como uma ferramenta eficiente, um recurso para o auxílio na caracterização de elementos da paisagem, estudos de identificação e mapeamento dos recursos naturais. Com isto, muitos métodos tradicionais de levantamento do uso do solo podem ser melhorados, com o surgimento de novas metodologias que visem a agilidade e confiabilidade das informações sobre o meio ambiente.

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica apresenta maior facilidade na confecção do mapa de classes de capacidade de uso, em relação aos métodos usuais, visto a possibilidade de aquisição de dados georreferenciados, como os obtidos por sensoriamento remoto (fotografias aéreas), e a sobreposição de mapas de solo e classes de declive, digitalizados ou transferidos através do uso de "scanner", viabilizando sua confecção com acentuada rapidez e maior exatidão.

Portanto, o presente trabalho teve por objetivo realizar a espacialização da capacidade de uso das terras da microbacia dos Rochas, Município de Avaré (SP), utilizando-se de bases cartográficas e levantamento de solos tratados no Sistema de Informação Geográfica (SIG) do IDRISI, servindo de base para futuros planejamentos do uso correto do solo para a região em estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia hidrográfica do córrego dos Rochas, município de Avaré-SP, apresenta uma área de 1847 ha., compreendida entre as coordenadas geográficas 23° 05'55" de latitude Sul e 48° 55'33" longitude W Gr. O clima predominante do município, classificado segundo o sistema de Köppen, é do tipo Cwa - Clima Subtropical com inverno úmido, com predominância do vento Sul, a temperatura do mês mais quente ultrapassando os 33 °C, e no mês mais frio, média compensada de 18,9 °C e precipitação média anual de 1.200mm (IBGE, 2002).

A área da bacia hidrográfica foi delimitada pelas linhas divisoras d'água que demarcam seu contorno, onde são os pontos mais elevados da região em torno da rede de drenagem.

O plano de informação (PI) das curvas de nível equidistantes, de 20 em 20 m foi obtido através da transferência direta das isolinhas da carta planialtimétrica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, editadas em 1973, em escala 1:50000, do município de Avaré (SF-22-Z-B-II-1) do Estado de São Paulo, com o auxílio do software CARTALINX 1.2.

Para obtenção da carta clinográfica da microbacia, primeiramente, esta foi scaneada a partir da carta planialtimétrica de Avaré (IBGE, editadas em 1973) em formato "BMP" com auxílio de scanner tamanho A0, passando do formato analógico para o digital, através do software Adobe Photoshop, sendo posteriormente exportado para o Sistema de Informação Geográfica Kilimanjaro, utilizando-se do módulo BMPIDRIS do menu FILE / IMPORT.

Após a importação do mapa, realizou-se a georreferência, visando o ajuste das coordenadas X e Y de tela com as coordenadas planas X e Y da carta topográfica na projeção UTM (Universal Transverse Mercator). Com estes elementos, foi gerado um arquivo de correspondência, utilizando-se o módulo EDIT do menu, DATA ENTRY

do Idrisi, sendo em seguida, exportado para o CARTALINX 1.2 onde se procedeu à digitalização do limite, atribuindo um código, o tipo e o nome do arquivo de saída associado a um identificador, sendo a digitalização efetuada pelo módulo BEGIN ARC do CARTALINX 1.2. Posteriormente, procedeu-se a digitalização das curvas de nível córrego da microbacia dos Rochas.

Finalizada a digitalização no CARTALINX, o arquivo foi exportado para o Idrisi onde se fez a rasterização das classes de declive, classes de solo e limite do Município, utilizando-se o modulo REFORMAT RASTER / VECTOR CONVERSION /

POLYRAS, sendo as áreas do limite da microbacia, das classes de declive e de solo, determinadas através do modulo ANALYSIS / DATA BASE QUERY / ÁREA.

As classes de declive foram reclassificadas e agrupadas, segundo recomendações do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA para fins de conservação dos solos (Quadro 1).

Quadro 1. Intervalos de classes de declive para conservação de solos, (França, 1963).

Intervalo (%)	Relevo	Cores
0 - 3%	Plano	Verde Claro
3- 6%	Suave ondulado	Amarelo
6 - 12%	Ondulado	Vermelho
12 - 20%	Forte Ondulado	Azul
20 – 40 %	Montanhoso	Verde Escuro
> 40%	Escarpado	Roxo

Fonte: Os autores.

4.1. Obtenção da imagem booleana a partir do mapa de solos

A imagem booleana foi feita a partir da reclassificação do mapa de solos, onde foi dado o valor 1 (um) para toda área interna do mapa e valor 0 (zero) para área externa do mapa, através do comando “Reclass” do menu DATA BASE QUERY, do módulo ANALYSIS. Essa imagem booleana do mapa de solos foi cruzada com as demais imagens geradas no trabalho utilizando o comando OVERLAY do menu MATHEMATICAL OPERATORS, presente ao módulo ANALYSIS.

4.2. Obtenção do mapa referente ao cruzamento entre o mapa das classes de declive e as unidades de solo

A superposição dos mapas de unidade do solo e das classes de declive foi realizada no SIG - Idrisi, utilizando-se o comando CROSSTAB do menu DATABASE QUERY, presente no módulo ANALYSIS (Figura 6), obtendo-se dessa maneira um novo mapa das unidades de solo em função das classes de declive.

4.3. Determinação das classes e subclasses de capacidade de uso da terra

As classes de capacidade de uso da área de estudo foram determinadas de acordo com o sistema de classificação constante do manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso, utilizando-se os critérios constantes da tabela de julgamento (Quadro 2) confeccionada conforme França (1963), Lepsch *et al.*, (1991) e, adaptação feita por Zimback e Rodrigues (1993).

Quadro 2. Quadro de julgamento das classes de capacidade de uso das terras.

Limitação	Critérios	Classes de capacidade de uso							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Fertilidade Aparente	Muito alta	X							
	Alta	X							
	Média		X						
	Baixa			X					
	Muito Baixa						X		
Profundidade Efetiva	> 200cm	X							
	100 – 200cm	X							
	100 – 200cm		X						
	50 – 100cm				X				
	< 50cm						X		
Permeabilidade e Drenagem	Excessiva		X						
	Boa	X							
	Moderada		X						
	Pobre			X					
	Muito pobre					X			

Permeabilidade e Drenagem	Excessiva		X						
	Boa	X							
	Moderada		X						
	Pobre			X					
	Muito pobre					X			
Deflúvio	Muito rápido				X				
	Rápido			X					
	Moderado		X						
	Lento	X							
	Muito lento		X						
Pedregosidade	Sem pedras	X							
	< 1%		X						
	1 – 10%			X					
	10 – 30%				X				
	30 – 50%						X		
	>50%							X	
Risco de Inundação	Sem risco	X							
	Ocasional			X					
	Frequente					X			
	Muito frequente								X
Declividade	0 a 3%	X							
	3 a 6%		X						
	6 a 12%			X					
	12 a 20%				X				
	20 a 40%						X		
	> 40%							X	
Erosão Laminar	Não aparente	X							
	Ligeira		X						
	Moderada			X					
	Severa						X		
	Muito severa							X	
	Extrema/ severa								X
	Não aparente	X							

Erosão em Sulcos rasos	Ocasionais		X					
	Frequentes			X				
	Muito frequentes				X			
Erosão em sulcos médios	Não aparente	X						
	Ocasionais			X				
	Frequentes				X			
	Muito frequentes					X		
Erosão em Sulcos profundos	Não aparente	X						
	Ocasionais				X			
	Frequentes						X	
	Muito frequentes							X
Erosão em Voçorocas	Não aparente	X						
	Ocasionais						X	
	Frequentes							X
	Muito frequentes							X

Fonte: Os autores.

Na avaliação do julgamento das classes de capacidade de uso das terras (Quadro 2), foi adotado os seguintes critérios:

- Fertilidade aparente baseada nas características físicas e químicas dos diferentes tipos de solos do município segundo o levantamento de solo realizado por Oliveira *et al.*, (1999);

- Profundidade efetiva: determinada de conformidade com a descrição morfológica de cada tipo de solo, de acordo com a descrição morfológica de cada unidade, segundo o levantamento de solo realizado por Oliveira *et al.*, (1999);

- Permeabilidade e drenagem interna: estabelecidas a partir das propriedades físicas de cada tipo de solo, principalmente quanto à textura, constantes das análises realizadas no referido levantamento;

- Os critérios de enquadramento das classes quanto ao deflúvio.

Esses critérios quanto ao deflúvio foram analisados em função dos fatores principais que interferem na sua intensidade; quais sejam:

- Infiltração: varia com o tipo de solo, decrescendo na sua intensidade de Nitossolo

Vermelho Distroférico (Terra Roxa Estruturada) até Latossolos Vermelho Amarelos Distróficos; sendo que, quanto maior a infiltração menor será a contribuição para o deflúvio;

- Declividade: indicado pela própria classe de declive em que se encontra a área do Município. Participa de forma diretamente proporcional na intensidade do deflúvio; de modo que: quanto menor a declividade, menor a contribuição para a totalidade do deflúvio.

- Pedregosidade: determinado para cada tipo de solo segundo a descrição morfológica de cada solo, constante do levantamento de solos realizado por Oliveira et al. (1999);

- Risco de inundação: determinado através de observações de campo, por ocasião do levantamento realizado por Oliveira *et al.*, (1999);

- Tipos de erosões: critérios de limitação definidos a partir de observações de campo e informações obtidas junto à Secretaria de Agricultura e Abastecimento da cidade de Avaré/SP.

Para determinar o parâmetro fertilidade aparente utilizou dados obtidos nos resultados de análise de solo e baseou nos valores - índice de acidez (pH) e teor de saturação por bases (V%) apresentados nos Quadro 3 e 4 e os valores da capacidade de troca catiônica (CTC) com o teor de matéria orgânica (M.O.) apresentados no Quadro 5.

Quadro 3. Classificação e atributos de valores de pH e V%.

Classificação	pH	V%	Atributos
Muito alta	> 6,0	> 90	5
Alta	6,0 – 5,6	90 – 71	4
Média	5,5 – 5,1	70 – 51	3
Baixa	5,0 – 4,4	50 – 26	2
Muito Baixa	< 4,4	< 25	1

Fonte: Os autores.

Quadro 4. Classificação e atributos de valores de CTC e M.O.

Classificação	CTC	M.O.	Atributos
Alta	> 10	>2,5	5
Média	10 – 5	2,5 – 1,5	3
Baixa	< 5	< 1,5	1

Fonte: Os autores.

Com a soma destes quatro fatores chega a um valor máximo de 20 pontos, ou seja, o solo apresenta valores de pH e V% muito alto, CTC e M.O. valores alto e um valor mínimo de 4 pontos quando os valores dessas variáveis (pH e V%) muito baixa e CTC e M.O. estiverem baixos. Com a soma destes quatro atributos é feita a classificação da fertilidade aparente (Quadro 5).

Quadro 5. Classificação e atributos de valores de pH, V%, CTC e M.O.

Classificação	Intervalos	Classes
Muito alta	20,0 – 16,8	I
Alta	16,9 – 13,6	I
Média	13,6 – 10,4	II
Baixa	10,4 – 7,2	III
Muito Baixa	7,2 – 4,0	IV

Fonte: Os autores.

O parâmetro profundidade efetiva foi determinado de acordo com a descrição morfológica de cada solo (ZIMBACK, 1997).

A permeabilidade e a drenagem interna foram estabelecidas a partir das características físicas e morfológicas de cada tipo de solo.

A infiltração varia com o tipo de solo decrescendo na sua intensidade de Latossolo Roxo para os solos para solos hidromórficos, portanto quanto maior a infiltração menor será o deflúvio. A declividade é outro ponto importante, pois quanto menor o declive menor a contribuição para o deflúvio (Quadro 6).

Os intervalos das classes de declive foram preconizados pelo Soil Survey Staff (1975), utilizados por muitos pesquisadores da área de planejamento de uso e manejo do solo para projetos de conservação. As erosões existentes em cada tipo de solo foram determinadas em observações de campo e fotos aéreas do ano de 2004.

Quadro 6. Valores atribuídos para o deflúvio em relação ao tipo de solo e com o deflúvio com as classes de declive.

<i>Classes de Declive (%)</i>	<i>Critério de deflúvio</i>	<i>Classe</i>
0 – 3	lento muito lento	I II
3 – 6	lento moderado	I II

6 – 12	moderado rápido	II III
12 – 20	rápido	III
20 – 40	muito rápido	IV
> 40	Muito rápido	IV

Fonte: Zimback e Rodrigues (1993)

Para determinação da tabela das classes e subclasses de capacidade de uso (Quadro 6) de cada área obedecendo aos critérios estabelecidos para cada fator limitante. A classe de maior fator limitante corresponde à classe a classe de capacidade de uso daquela área. As subclasses também foram definidas em função das limitações de uso (Quadro 7), para definição das subclasses contidas no Manual para levantamento do meio físico e classificação da capacidade de uso das terras (Lepsch *et al.*, 1991).

Quadro 7. Limitações de uso para definição das subclasses.

E	S	A	C
Declive acentuado	Pouca profundidade	Lençol freático elevado	Seca prolongada
Declive longo	Textura arenosa em todo perfil	Risco de inundação	Geada
Mudança textural abrupta	Pedregosidade	Subsistência em sulcos	Ventos frios
Erosão laminar	Argilas expansivas	Deficiência em solos orgânicos	Granizo
Erosão em sulcos	Baixa saturação por bases	Deficiência de oxigênio no solo	Neve
Erosão em voçorocas	Toxidade de alumínio		
Erosão eólica	Baixa capacidade de troca		
Depósitos de erosão	Ácidos sulfatados ou sulfetos		
Permeabilidade baixa	Alta saturação com sódio		
Horizonte A arenoso	Excesso de sais solúveis		
	Excesso de carbonatos		

Fonte: Os autores.

4.2.6. Obtenção do mapa de classes de capacidade de uso da terra

O mapa de capacidade de uso das terras foi gerado a partir da reclassificação do mapa de classes de declive em função da unidade de solo, através do comando EDIT do menu DATABASE QUERY do módulo ANALYSIS.

Para visualizar o mapa da capacidade de uso Lepsch *et al.*, (1991), sugere cores para representar cada classe (Quadro 8).

Quadro 8 – Representação das classes de capacidade de uso e suas respectivas cores.

Classes	Cor característica	Classes	Cor característica
I	Verde Claro	V	Verde Escuro
II	Amarelo	VI	Alaranjado
III	Vermelho	VII	Marrom
IV	Azul	VIII	Roxo

Fonte: Os autores.

4.4. Cálculo das áreas dos mapas

As áreas de cada unidade de solo foram determinadas através do comando ÁREA do menu DATABASE QUERY do módulo ANALYSIS.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes às classes de declive (Figura 2 e Quadro 9) ocorrentes na microbacia dos Rochas – Avaré (SP) mostram que as áreas planas (declividade de 0 a 3 %) e suavemente ondulada (declividade de 3 a 6 %) representam mais de 27 % da área total, essas áreas são indicada para o plantio de culturas anuais com o uso de práticas simples de conservação do solo.

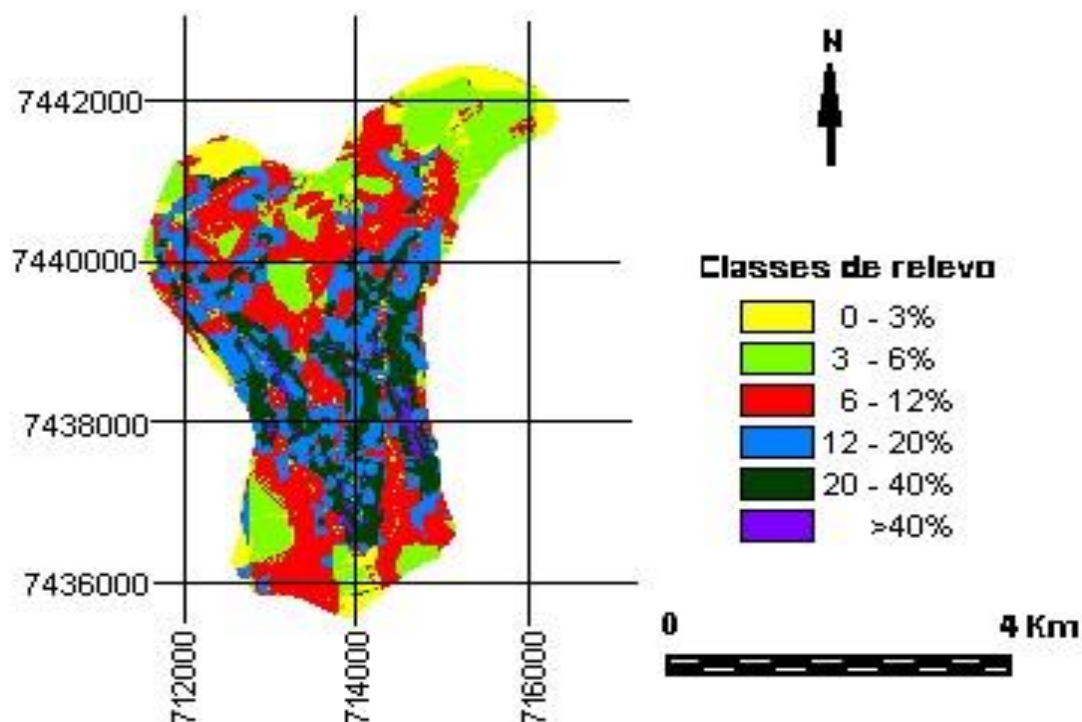
As áreas com relevo ondulado (declividade de 6 a 12 %) com 34,04 % (628,72 ha) da área total da microbacia são indicadas para o plantio de culturas anuais com o uso de práticas complexas de conservação do solo (Lepsch *et al.*, 1991).

Verificou-se o predomínio de áreas com classes de declive de 0-12 %, classificadas como relevo plano a suave ondulado com 61,56 % da área (1137,02 ha) total da microbacia, e que segundo Lepsch *et al.*, (1991) indicadas para o cultivo de

culturas anuais com uso de práticas simples de conservação do solo como, por exemplo, o plantio em nível que pode controlar o processo erosivo do solo.

O relevo forte ondulado (declividade de 12 a 20 %) está sujeito a problema sério de erosão, sendo essas áreas impróprias para cultuarias anuais indicada para culturas permanentes como laranja, café, cana-de-açúcar, pastagem, etc., proporcionando uma maior proteção ao solo, predomina em 21,32 % (393,78 ha) da área total da microbacia, enquanto que o relevo montanhoso (declividade de 20 a 40 %), indicado para o desenvolvimento da pecuária e da silvicultura, podendo ainda ser utilizados para preservação ambiental, evitando-se dessa maneira a erosão do solo, predominou em 15,56 % (287,39 ha).

Figura 2. Carta clinográfica da microbacia do Córrego dos Rochas – Avaré (SP).



Fonte: Os autores.

Quadro 9 – Classes de declividade ocorrentes na Microbacia dos Rochas – Avaré (SP).

Declividade (%)	Área (ha)	%
0 – 3	153,86	8,33
3 – 6	354,44	19,19
6 – 12	628,72	34,04
12 – 20	393,78	21,32

20 – 40	287,39	15,56
> 40	28,81	1,56
Total	1847	100

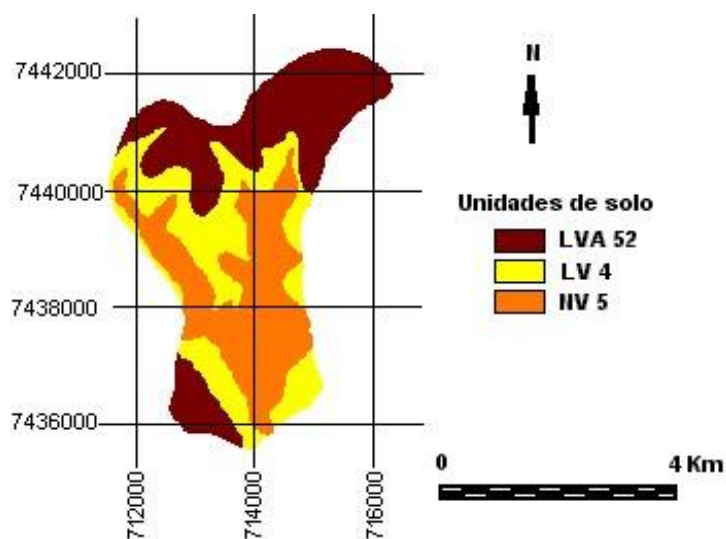
Fonte: Os autores.

As áreas com mais de 40 % de declividade representaram somente 1,56 % (28,81 ha) da área total da microbacia. Essas áreas, classificadas como relevo escarpado por Chiarini & Donzeli (1973) e por Lepsch *et al.*, (1991), como sendo terras propícias para o cultivo com silvicultura e pastagens, com limitações.

Podemos dizer dessa maneira que a área da microbacia é quase totalmente agricultável, pois apresenta mais de 80 % propício para o cultivo com culturas anuais e permanentes, ou seja, declividade variando de 0 a 20 %.

As unidades de solo ocorrentes na microbacia (Figura 3 e Quadro 10) são predominantemente de baixa fertilidade aparente (66,94 %), ou seja, representadas pelos solos LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distróficos com 36,64 % (676,68 ha) e LATOSSOLOS VERMELHOS Eutróféricos e Distroféricos com 30,3 % (559,76 ha); no entanto, a área é constituída por 33,06 % (610,56 ha) de solos de alta fertilidade aparente, representadas por NITOSSOLOS VERMELHOS Eutróféricos e Eutróficos.

Figura 3. Unidades de solo ocorrentes na microbacia do Córrego do Bairro dos Rochas – Avaré (SP), segundo Oliveira *et al.*, (1999).



Fonte: Os autores.

Quadro 10. Áreas totais (há e %) das unidades de solo ocorrentes na microbacia do Córrego do Bairro dos Rochas – Avaré (SP), segundo Oliveira *et al.*, (1999).

Unidade de solo	Área (ha)	%
LVA 52	676,68	36,64
LV 4	559,76	30,30
NV 5	610,56	33,06
Total	1847,00	100,00

Fonte: Os autores.

As classes de capacidade de uso das terras da microbacia do Bairro dos Rochas (Figura 5 e Quadro 11), permitiram constatar a existência de 7 subclasses: II e,s; III e; IV s; IV e; IV e,s; VI e; VII e.

Quadro 11. Determinação das classes e subclasses de capacidade de uso pelos critérios de julgamento:

	Solos	Dec.	F. A.	P.E.	PeD	Df.	P.	R.I.	Dec.	E.L.	E.S.	V.	Classe	Subclasse
1	LVA 52	0-3	IV	I	I	I	I	I	I	II	II	I	IV	s
2	LVA 52	3- 6	IV	I	I	I	I	I	II	II	II	I	IV	s
3	LVA 52	6-12	IV	I	I	II	I	I	III	II	II	I	IV	S
4	LVA 52	12-20	IV	I	I	II	I	I	IV	II	II	I	IV	s , e
5	LVA 52	20- 40	IV	I	I	III	I	I	VI	II	II	I	VI	E
6	LVA 52	> 40	IV	I	I	VI	I	I	VII	II	II	I	VII	E
7	LVA 4	0-3	IV	I	I	I	I	I	I	II	II	I	IV	S
8	LVA 4	3- 6	IV	I	I	II	I	I	II	II	II	I	IV	S
9	LVA 4	6-12	IV	I	I	II	I	I	III	II	II	I	IV	S
10	LVA 4	12-20	IV	I	I	III	I	I	IV	II	II	I	IV	s , e
11	LVA 4	20- 40	IV	I	I	III	I	I	VI	II	II	I	VI	E
12	LVA 4	> 40	IV	I	I	IV	I	I	VII	II	II	I	VII	E
13	NV 5	0-3	I	I	I	II	I	I	I	II	II	I	II	s , e
14	NV 5	3- 6	I	I	I	II	I	I	II	II	II	I	II	s , e
15	NV 5	6-12	I	I	I	I	I	I	III	II	II	I	III	E
16	NV 5	12-20	I	I	I	I	I	I	IV	II	II	I	IV	E
17	NV 5	20- 40	I	I	I	II	I	I	VI	II	II	I	VI	E
18	NV 5	> 40	I	I	I	II	I	I	VII	II	II	I	VII	E

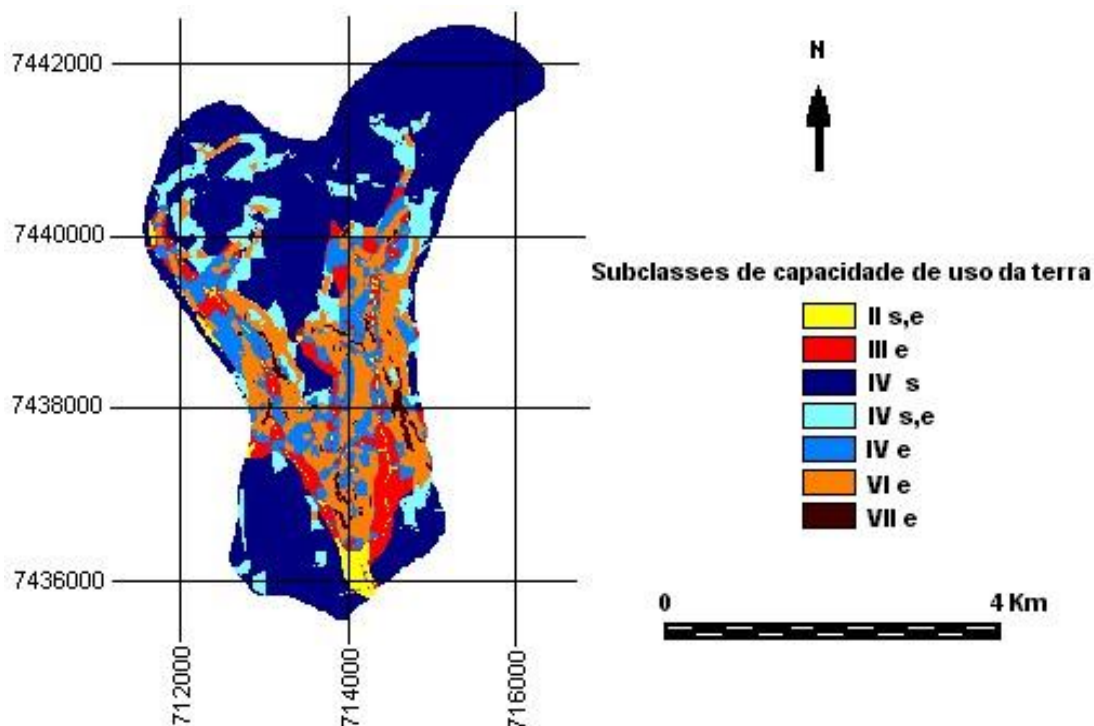
A - Fertilidade aparente; P.E. - Profundidade efetiva; PeD - Permeabilidade e drenagem interna; Df - Deflúvio; P - Pedregosidade; R.I. - Risco de inundação; Dec. - Declividade; E.L. - Erosão laminar; E.S. - Erosão em Sulcos; V - Voçorocas. Fonte: Os autores.

As subclasses de capacidade de uso das terras II e,s (1,85 %) e III e (7,25 %) são terras que podem ser utilizadas para fins agrícolas, próprias para lavouras em geral, ressaltando-se que quando cultivadas sem cuidados especiais ficam sujeitas a severos riscos de depauperamento, principalmente quando os solos são cultivados com culturas anuais.

As subclasses de capacidade de uso do solo IVs, (52,47 %), IVe (10,94 %) e IVe,s (10,38 %), foram as mais significativas, predominando em mais da metade da área da microbacia, localizadas nas unidades de solo NITOSSOLO VERMELHO (NV5); LATOSSOLO VERMELHO (LV4) e LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA52). Estas subclasses abrangem 73,79 % (1362,87 ha) de solos de textura arenosa/média até argilosa, de fertilidade aparente variando de baixa a alta, apresentando-se, segundo Lepsch *et al.*, (1991), como terras limitadas por riscos medianos a severos de erosão em cultivos intensivos, com declividades acentuadas, com deflúvio muito rápido, podendo apresentar erosão em sulcos superficiais muito frequentes, em sulcos rasos frequentes ou em sulcos profundos ocasionais. Nestas classes são indicadas culturas permanentes protetoras do solo, não podendo tais áreas ser ocupadas com culturas anuais, apresentando dificuldades severas a motomecanização.

A subclasse de capacidade de uso do solo IIe,s apareceu com 1,85 % (34,24 ha) da área da microbacia, na unidade de solo NITOSSOLO VERMELHO (NV5), textura argilosa de alta fertilidade aparente que, segundo Lepsch *et al.*, (1991), nesta subclasse estão as terras produtivas que têm limitações moderadas para o seu uso, oferecendo ligeiro a moderado risco de erosão estando sujeitas a riscos moderados de depauperamento, apresentando-se boas para poderem ser cultivadas desde que lhes sejam aplicadas práticas especiais de conservação do solo, de fácil execução, para produção segura e permanente de colheitas entre médias e elevadas, de culturas anuais adaptadas à região. Possuem ligeira limitação pela baixa atividade da fração coloidal.

Figura 5. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).



Fonte: Os autores.

Quadro 12 – Áreas totais (há e %) das subclasses de capacidade de uso da terra da microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

Subclasses	Área (ha)	Área (%)
II s,e	34,24	1,85
III e	133,77	7,25
IV s	969,17	52,47
IV e	202,01	10,94
IV e,s	191,69	10,38
VI e	287,46	15,56
VII e	28,66	1,55
TOTAL	1847	100

Fonte: Os autores.

A subclasse de capacidade de uso do solo IIIe corresponde a 7,25 % (133,77 ha) da área da microbacia, na unidade de solo NITOSSOLO VERMELHO (NV5) de solos de textura argilosa, de fertilidade aparente alta, sendo caracterizadas, segundo Lepsch *et al.*, (1991), nesta categoria estão as terras próprias para lavouras em geral, mas que, quando cultivadas sem cuidados especiais, ficam sujeitas a severos riscos

de depauperamento, principalmente no caso de culturas anuais. Requerem medidas intensas e complexas de conservação do solo, a fim de poderem ser cultivada segura e permanente, com produção média a elevadas, de culturas anuais adaptadas. Apresenta declividades moderadas, relevo suavemente ondulado a ondulado, com deflúvio rápido, com riscos severos de erosão quando o solo está descoberto de vegetação, podendo apresentar erosão laminar moderada e/ou sulcos superficiais e rasos frequentes.

As subclasses de capacidade de uso do solo VIe e VIIe representam respectivamente 15,56 % (287,46 ha) e 1,55 % (28,66 ha) da área da microbacia, presentes nas unidades de solo NITOSSOLO VERMELHO (NV5); LATOSSOLO VERMELHO (LV4) e LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA52), sendo terras de baixa a alta fertilidade aparente, apresentando-se, segundo Lepsch *et al.*, (1991), como terras limitadas por riscos medianos a severos de erosão em cultivos intensivos.

A subclasse de capacidade de uso do solo VIe, representa 15,56 % da área da microbacia, apresentando-se, segundo Lepsch *et al.*, (1991) como terras impróprias para culturas anuais com risco de erosão que pode chegar a severo, com deflúvio moderado a severo e presença de sulcos rasos muito frequentes ou sulcos profundos frequentes. Podem ser usadas para produção de certos cultivos permanentes úteis como pastagens ou florestas (como seringueira e cacau), usadas como culturas protetoras do solo, devem ser feitas com restrições moderadas usando práticas de conservação de solo e um manejo adequado. Mesmo sob esse tipo de vegetação, é medianamente suscetível de danificação pelos fatores de depauperamento do solo devido o seu relevo, apresentam dificuldades de motomecanização pelas condições topográficas.

A subclasse de capacidade de uso do solo VIIe representa apenas 1,55 % da área da microbacia apresentando, segundo Lepsch *et al.*, (1991), como terras que, por serem sujeitas a muitas limitações permanentes, além de serem impróprias para lavouras, apresentam severas limitações, mesmo para certas culturas permanentes protetoras do solo, sendo seu uso restrito para pastagem e reflorestamento com cuidados especiais. São altamente susceptíveis de danificação, exigindo severas restrições de uso, com práticas especiais. Apresentam limitações severas para outras atividades que não florestas, com risco de erosão muito severa, apresentando

declividades muito acentuadas (mais de 40 %) propiciando deflúvios muito rápidos, impedindo a motomecanização, com presença de erosão em sulcos muito profundos, muito frequentes.

5. CONCLUSÕES

- A integração das ferramentas do geoprocessamento possibilitou agilidade na coleta e manipulação dos dados nas diferentes análises necessárias;

- A metodologia utilizada para o levantamento das classes de capacidade de uso das terras da microbacia dos Rochas, Avaré – SP., bem como o emprego do Sistema de Informações Geográficas Idrisi - Kilimanjaro, permitiram realizar uma adequada avaliação da capacidade de uso, com significativa redução de tempo e recursos financeiros, facilitando e agilizando os trabalhos de cruzamento de dados, cruzamentos entre os mapas, interpolações e na geração dos mapas finais, permitindo o armazenamento digital de dados que poderão vir a ser utilizados para outras análises, sobretudo para futuros planejamentos territorial e ambiental da área ora estudada;

- As unidades de solos LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (36,64 %) e LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (30,3 %) apresentando texturas variando de arenosa/média e classes de declive de 0-12 % (relevo plano a ondulado) cobriram mais de 60 % da área (1133,19 ha) total da microbacia, mostrando que essas terras são propícias para o cultivo de culturas anuais, com amplo uso da mecanização.

- A classe de capacidade de uso IV foi a mais representativa, representando mais de 70% da microbacia, porém, foram encontradas as seguintes subclasses: IIe,s; IIIe; IVs; IVe; IVe,s; VI e, VII e.s. As subclasses de capacidade IVs, IVe, IVe,s, são terras limitadas por riscos medianos a severos de erosão em cultivos intensivos, com declividades acentuadas, com deflúvio muito rápido, podendo apresentar erosão em sulcos superficiais muito frequentes, em sulcos rasos frequentes ou em sulcos profundos ocasionais. Nestas classes são indicadas culturas permanentes protetoras do solo, não podendo tais áreas ser ocupadas com culturas anuais, apresentando dificuldades severas à motomecanização.

REFERÊNCIAS

FRANÇA, G.V. A classificação de terras de acordo com sua capacidade de uso como base para um programa de conservação de solo. In.: CONGRESSO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1, 1963, Campinas. Anais... São Paulo: Secretaria da Agricultura, Divisão Estadual de Máquinas Agrícolas, 1963. p.399-408.

CHIARINI, J.V., DONZELI, P.L. Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. Bol. Inst. Agron. Campinas, n.3, p.1-20, 1973.

IBGE. Anuário estatístico do IBGE. Ministério do Planejamento e Orçamento. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE. Ano 1 (1908/12). 2002.

LEPSCH, J.F., BELLINAZZI JÚNIOR, R., BERTOLINI, D., ESPÍNDOLA, C.R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 1991. 175p.

SOIL SURVEY STAFF. 1975. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. USDA, Washington, D.C. 930p

ZIMBACK, C.R.L., RODRIGUES, R.M. Determinação da capacidade de uso das terras da Fazenda Experimental de São Manuel. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Departamento de Solos, 1993. 28p. (Mimeografado).

ZIMBACK, C.R.L., Levantamento de solos. Apostila. Curso de pós – graduação em agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, 1997.

CAPÍTULO 09

VULNERABILIDADE À EROÇÃO DO SDOLO DO ALTO RIO PARDO - PARDINHO (SP)

Fernanda Leite Ribeiro

UEL – Londrina – PR

E-mail: flribeiro@yahoo.com

Sérgio Campos

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, SP.

E-mail: sergio.campos@unesp.br

RESUMO: Com este trabalho se visou à elaboração de um banco de dados com informações cadastrais e de um mapa temático de vulnerabilidade natural à erosão para futuros zoneamento ecológicos da bacia do Alto Rio Pardo, Pardinho, SP, através do Sistema de Informações Geográficas SPRING, utilizando-se da imagem digital do sensor Landsat 7 ETM⁺, e como fonte de dados: mapa de solos, cartas topográficas, geológicas e geomorfológicas e dados de precipitação. O mapa de vulnerabilidade à erosão foi elaborado a partir de regiões espectralmente homogêneas, sendo os pesos médios para cada tema associado a um valor de vulnerabilidade, gerando uma grade resultante da média zonal que, fatiada em termos de vulnerabilidade, resultou no mapa de vulnerabilidade à erosão. Os resultados permitiram concluir que a imagem digital gerou informações valiosas para o mapeamento do uso do solo e formação do banco de dados; o SIG-SPRING foi eficiente na identificação das classes de solo e de vulnerabilidade à erosão; que 95 % da bacia apresentam grau de vulnerabilidade mediana e moderadamente estável, pela presença de solos de média jovialidade, em relevo suave ondulado e coberto por pastagem (49,27 %) e cultura anual (29,88 %).

PALAVRAS-CHAVE: Uso do solo; SIG-SPRING; Sensoriamento remoto.

SUMMARY: This study aimed the elaboration of a database with information and a map of erosion vulnerability for ecological zoning for Pardo River, Botucatu, SP, by using the Geographical Information System – SPRING. The map of erosion vulnerability was made from spectrally homogeneous regions, producing a grid of zone averages, which was subdivided, resulting to a vulnerability map to erosion. The results allowed concluding that image digital produced information for mapping of soil use and database formation. The GIS - SPRING was efficient for soil and vulnerability erosion classes and 95 % of the basin present moderately stable vulnerability degree, through the presence of young soils in gently undulated relief and 49.27 % of pasture and 29.88 % in crops.

KEYS WORDS: Soil use; GIS – SPRING; Sensing remote.

1. INTRODUÇÃO

A demanda cada vez mais crescente dos recursos naturais e sua rápida diminuição em escala local, regional, nacional e global, impõem a necessidade de um inventário e planejamento racional desses recursos para a sua manutenção, haja isto que o uso da terra sem um planejamento adequado provoca o empobrecimento dos solos quanto à fertilidade natural, aumenta a acidez, provocando baixa produtividade das culturas trazendo, como consequência, os baixos níveis sócioeconômico e tecnológico da população rural.

As medidas adotadas para o planejamento do uso do solo foram, até recentemente, tomadas com base em informações fragmentadas de efeitos do uso da terra no ambiente, com virtude de não haver registros seguros sobre as condições adequadas de uso da terra, não se podendo avaliar, portanto, as alterações provocadas pela ação do homem.

Com a crescente demanda dos recursos naturais, o levantamento periódico do uso da terra em uma dada região tornou a compreensão dos padrões de organização do espaço de interesse fundamental, uma vez que em dado período, quase nunca é permanente, pois o solo está sendo sempre agredido pela ação antrópica.

A constante agressão antrópica além de ser quase sempre desordenada e sem qualquer planejamento de preservação ambiental, provoca um custo financeiro muito elevado nos levantamentos dos recursos naturais por métodos tradicionais; como exemplo, o aerolevanteamento, uma vez que este procedimento deve ser realizado a cada ano para manter atualizadas as informações de ocupação do solo.

Atualmente, para se obter informações sobre a ocupação do solo, o problema dos altos custos pode ser contornado através da utilização de dados coletados por sensores remotos postos a bordo de satélites orbitais, como exemplo, o sensor "Thematic Mapper" (TM) do satélite Landsat, o sensor HRV (high resolution visible) a bordo do satélite SPOT, entre outros.

Para agilizar o processamento desses dados e integrá-los a outras informações, cartográficas, cadastrais, etc., é possível utilizar um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que permita, ainda, criar um banco de dados gerado ao longo do tempo, possibilitando o acompanhamento e a análise temporal da área de estudo, a qual é de importância regional, uma vez que abrange a nascente do Rio Pardo e a represa de captação da Sabesp para abastecimento dos Municípios de

Botucatu e Pardinho; trata-se de uma área que apresenta problemas concernentes com poluição das águas, degradação dos rios e assoreamento de rios. O uso intensivo do solo sem a conservação adequada, inclusive com plantio de culturas muito próximo às margens, vem provocando esses impasses nos recursos naturais, além de poluição do meio ambiente por resíduos industriais e orgânicos.

Neste trabalho visou-se à elaboração do mapa temático de vulnerabilidade natural a erosão que servirá para futuro zoneamento ecológico da área do Alto Rio Pardo, Botucatu, SP, à criação de um banco de dados com informações cadastrais sobre tipo de solo e geologia e a caracterização de cada região quanto à erosão, utilizando-se o SIG - SPRING.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica localizada na cabeceira do Rio Pardo, Município de Pardinho, na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo; com uma área de 5334,36ha, se situa entre as latitudes de 22° 58' 32" S a 23° 06' 39" S e longitudes de 48° 20' 28" WGr. a 48° 26' 08" W Gr.

O clima do município, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa na depressão periférica ou baixada e Cwb no altiplano da cuesta onde está localizada a cidade de Pardinho; o tipo Cwa caracteriza-se por apresentar clima mesotérmico úmido com inverno seco, em que a temperatura média do mês mais quente é maior que 22° C, apresentando os meses de julho e agosto como os mais secos; o tipo Cwb caracteriza-se por um tipo mesotérmico de inverno seco cujas temperaturas médias do mês mais quente não ultrapassam 22° C e do mês mais seco e mais frio é inferior a 18° C.

Os solos ocorrentes são: Latossolo Vermelho Distrófico (LVd); Latossolo Vermelho Eutrófico (LVe); Neossolo Litólico Psamítico (RL); Alissolo Hipocrômico (AP) e Gleissolo Melânico Distrófico (GMd).

Utilizaram-se, como bases cartográficas, as cartas planialtimétricas de Botucatu (SF-22-R-IV-3) e Pardinho (SF-22-X-II-1), 1:50000, com curvas de nível de 20 em 20m, editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1973); o mapa de solos, 1:10000 (Zimback, 1997) e a imagem no formato digital do ETM+ do Landsat-7, bandas 3, 4 e 5, órbita/ponto 220/76, passagem de 3/06/2001.

Para obtenção do mapa de vulnerabilidade à erosão utilizou a metodologia proposta por Crepani *et al.*, (2001), desenvolvida com base no conceito de ecodinâmica de Tricart (1977) e na utilização de imagens do Landsat-TM.

A análise e a interpretação das imagens foram feitas considerando-se os padrões fotográficos identificados pelas variações de cor, textura, forma, padrões de drenagem e relevo. A vulnerabilidade das unidades de paisagem foi estabelecida através de uma escala de valores (21 classes de 1.0 a 3.0, conforme Crepani *et al.*, 2001, de acordo com a relação morfogênese/pedogênese, analisando-se cada um dos temas: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima.

Posteriormente, fez-se uma classificação do grau de estabilidade ou vulnerabilidade de cada unidade ambiental, segundo as relações entre os processos de morfogênese e pedogênese, sendo possível elaborar a carta de vulnerabilidade natural à erosão, em escala 1:250000. Os planos de informações (PIs) contidos dentro do projeto foram utilizados para armazenar informações da área de estudo oriundas de diferentes fontes.

Foram inseridos no banco de dados os PIs: rede de drenagem, curvas de nível, limites da bacia hidrográfica, imagens do sensor ETM+ do Landsat-7, mapas de solos, geológico e geomorfológico e dados de precipitação.

O processamento digital consistiu de uma série de etapas computacionais para extrair as informações desejadas, como: digitalização das curvas de nível para a elaboração do mapa de declividade; importação do mapa de solos; digitalização de polígonos do mapa geológico; extração das informações de uso do solo com base na imagem do sensor ETM+ através de segmentação, classificação e posterior edição matricial para correção dos erros ocasionados pelo algoritmo classificador, auxiliado pelo trabalho de campo; ponderação por grade numérica dos mapas temáticos para valores adotados por Crepani *et al.*, (2001); edição do mapa cadastral dos polígonos de análise de padrões; processamento da média zonal em cada polígono de análise de padrões, de acordo com os valores de cada mapa ponderado; fatiamento da grade numérica obtida da média zonal para a elaboração do mapa de vulnerabilidade a erosão e criação da tabela cadastral para consulta espacial.

A segmentação de imagem é um procedimento adotado antes da fase de classificação, na tentativa de solucionar o problema da subjetividade do treinamento na classificação supervisionada, a qual se baseia nos procedimentos de análise dos

píxels; através deste procedimento, a imagem é dividida em regiões espectralmente homogêneas, em que algumas dessas áreas são utilizadas como treinamento do classificador.

O procedimento de segmentação exige que o analista forneça dois tipos de limiares: o limiar de similaridade e o de área. Após vários testes, definiu-se o valor 8 para o limiar de similaridade e 10 para o limiar de área, em razão de serem esses valores os que melhor representaram as regiões de interesse para o mapeamento de uso do solo na área de estudo; em seguida, realizou-se a classificação não-supervisionada através do classificador ISOSEG, com limiar de aceitação de 75%; as classes de uso do solo que foram associadas às classes temáticas, foram: água, mata nativa, reflorestamento, cultura anual, cultura perene, pastagem, várzea e cidade (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de vulnerabilidade à erosão associados às classes de uso do solo.

Classe de Uso do Solo	Valor de Vulnerabilidade
Água	1,5
Cultura Perene	2,5
Cultura Anual	3,0
Pastagem	2,0
Mata	1,0
Várzea	3,0
Cidade	1,0
Reflorestamento	1,5

Fonte: Os autores.

Elaborou-se o mapa de uso do solo foi elaborado conforme procedimento utilizado para o mapa de vulnerabilidade, porém os valores de vulnerabilidade (Tabela 1) diferem dos estipulados no projeto desenvolvido por Crepani *et al.*, (2001). Esses valores eram dirigidos para a vegetação típica da Floresta Amazônica, como, a vegetação difere da Amazônia, surgiu a necessidade de se associar outros valores de vulnerabilidade, de acordo com a vegetação típica da região, considerando-se como e quanto esta vegetação afeta a estrutura física do solo.

A digitalização das isolinhas foi realizada na tela do monitor, através da função edição vetorial, contida no aplicativo SPRING; para tal, as cartas foram escaneadas

e transformadas do formato TIFF para o formato GRIB no módulo IMPIMA do SPRING e, então, importadas as cartas para o banco de dados; posteriormente, realizaram-se o registro, utilizando-se como referência as cartas planialtimétricas originais; uma vez feito o registro, os dados foram importados para o projeto Pardinho como categoria Imagem, isto é, no formato “raster”, semelhante à imagem do ETM+ do Landsat-7. Através da edição vetorial, criou-se um Modelo Numérico de Terreno com as informações das isolinhas, as quais foram transformadas em uma grade triangular, a fim de gerar a declividade.

Uma vez gerada a declividade, a próxima etapa foi fazer o fatiamento dos dados; desta forma, um plano de informação da categoria numérica originará um Plano de Informação de categoria temática representando um aspecto particular do modelo numérico de terreno; conseqüentemente, cada fatia deve ser associada a uma classe temática previamente definida no esquema conceitual do banco de dados ativo.

A definição dos intervalos de cotas ou fatias e os valores para a vulnerabilidade à erosão (Tabela 2) foram realizados conforme Crepani *et al.*, (2001). Os intervalos de cotas são definidos no SPRING através dos modos fixo e variável.

Tabela 2. Valores de vulnerabilidade para a declividade das encostas.

Declividade		Vuln/ Estab	Declividade		Vuln/ Estab	Declividade		Vuln/ Estab
grau	%		grau	%		grau	%	
<2	<3,5	1,0	9,9-11,2	17,4-19,8	1,7	19,1-20,4	34,6-37,2	2,4
2 – 3,3	3,5-5,8	1,1	11,2-12,5	19,8-22,2	1,8	20,4-21,7	37,2-39,8	2,5
3,3–3,6	5,8-8,2	1,2	12,5-13,8	22,2-24,5	1,9	21,7-23,0	39,8-42,4	2,6
4,6–5,9	8,2- 0,3	1,3	13,8-15,2	24,5-27,2	2,0	23,0-24,4	42,4-45,3	2,7
5,9–7,3	10,3- 2,9	1,4	15,2-16,5	27,2-29,6	2,1	24,4-25,7	45,3-48,1	2,8
7,3–8,6	12,9-5,1	1,5	16,5-17,8	29,6-32,1	2,2	25,7-27	48,1-50	2,9
8,6–9,9	15,1-7,4	1,6	17,8-19,1	32,1-34,6	2,3	>27	>50	3,0

Fonte: Os autores.

O mapa temático da geologia da área (Tabela 3) foi gerado a partir de dados digitalizados de mapas geológicos em formato analógico e o mapa de solos (Tabela 4) foi importado no formato raster e, posteriormente, editado matricialmente a fim de corrigir as unidades de solo de acordo com o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Oliveira *et al.*, 1999).

Tabela 3. Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns.

Rocha	Vuln/Esta b	Rocha	Vuln/ Estab	Rocha	Vuln/ Estab
Quartzitos ou metaquartzitos	1,0	Milonitos, Quartzo, Clorita xisto	1,7	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Riólito, Granito, Dacito	1,1	Anfibolito Kimberlito, Dunito	1,8	Conglomerados, Subgrauvacas	2,5
Granodiorito, Quartzo	1,2	Actinolita xisto	1,9	Grauvacas, Arcózios	2,6
Diorito, Granulitos Migmatitos, Gnaisses	1,3	Estauroлита xisto, Xistos granatíferos	2,0	Siltitos, Argilitos	2,7
Fonólito, Nefelina Sienito, Traquito, Sienito	1,4	Filito, Metassiltito	2,1	Folhelhos	2,8
Andesito, Diorito, Basalto	1,5	Ardósia, Metargilito	2,2	Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9
Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6	Mármore	2,3	Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc.	3,0

Fonte: Adaptada de Crepani *et al.*, (2001)

Tabela 4. Valores de vulnerabilidade/estabilidade dos solos (Crepani *et al.*, 2001).

Classes de solo	Lege nda	Vulnerabilidade/ Estabilidade
Latossolo Amarelo	LA	1,0
Latossolo VermelhoAmarelo	LVA	1,0
Latossolo Vermelho	LV	1,0
Latossolo Bruno	LB	1,0
Argissolo	P	2,0
Luvissolo	T	2,0
Alissolo	A	2,0
Nitossolo	N	2,0
Chernossolo	M	2,0
Planossolo	S	2,0
Espodossolo	E	2,0

Cambissolos	C	2,5
Neossolo	R	3,0
Neossolo	RQ	3,0
Quartzarênico	V	3,0
Vertissolo	O	3,0
Organossolo	G	3,0
Gleissolo	F	3,0
Plintossolo	MD	3,0
Chernossolo	AR	3,0
Rêndzico		
Afloramento Rochoso		

Fonte: Os autores.

Como existe apenas um único valor médio de precipitação para toda a região de estudo, o mapa de amplitude de precipitação foi obtido através de uma edição matricial em cima do limite da bacia (Tabela 5).

Tabela 5. Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à erosão.

Intensidade Pluviométrica mm.mês ⁻¹	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica mm.mês ⁻¹	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica mm.mês ⁻¹	Vulnerabilidade
< 50	1,0	200 – 225	1,7	375 – 400	2,4
50 – 75	1,1	225 – 250	1,8	400 – 425	2,5
75 – 100	1,2	250 – 275	1,9	425 – 450	2,6
100 – 125	1,3	275 – 300	2,0	450 – 475	2,7
125 – 150	1,4	300 – 325	2,1	475 – 500	2,8
150 – 175	1,5	325 – 350	2,2	500 – 525	2,9
175 – 200	1,6	350 – 375	2,3	> 525	3,0

Fonte: Crepani *et al.*, (2001).























A ponderação consiste em transformar os mapas temáticos em uma grade numérica, em que cada classe recebe um peso. Fez-se o processamento através do LEGAL no SPRING, constituído de sentenças (linhas de comando), que estão estruturadas em três partes: declarações, instanciações e operações (álgebra de mapas); na instanciação, recuperam-se os dados já existentes do banco de dados ou

se cria um novo PI, que poderá, então, ser associado ao resultado de operações em LEGAL.

Na elaboração do mapa de vulnerabilidade à erosão, foi necessário determinar regiões espectralmente homogêneas, utilizando-se da segmentação por crescimento de regiões. A segmentação foi então mosaicada para um Plano de Informação Cadastral que por edição vetorial, a segmentação em 1.320 polígonos, os quais são rotulados na categoria objetos, para servirem de base para uma tabela de atributos, sendo feito para cada polígono, o cálculo médio dos pesos de cada tema, ou seja, de cada grade ponderada dos temas declividade, geologia, solo, uso do solo e pluviosidade, associando-se um valor, gerando uma nova grade. Este processo foi realizado no LEGAL através da edição de um programa denominado Média Zonal.

A grade resultante da média zonal foi então fatiada de intensidade pluviométrica, descrita em Crepani *et al.*, (2001), gerando o mapa de vulnerabilidade à erosão.

Tabela 6. Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas.

Unidade de Paisagem	Média	Grau de Vulnerabilidade	Grau de Saturação			
			Verm	Verde	Azul	
U1	3,0		255	0	0	
U2	2,9		255	51	0	
U3	2,8	Vulnerável	255	102	0	
U4	V 2,7		255	153	0	
U5	U 2,6		255	204	0	
U6	L 2,5	E Moderadamente	255	255	0	
U7	N 2,4	S Vulnerável	204	255	0	
U8	E 2,3	T	153	255	0	
U9	R 2,2	A	102	255	0	
U10	A 2,1	B Medianamente	51	255	0	
U11	B 2,0	I Estável	0	255	0	
U12	I 1,9	L Vulnerável	0	255	51	
U13	L 1,8	I	0	255	102	
U14	I 1,7	D	0	255	153	
U15	D 1,6	A Moderadamente	0	255	204	
U16	A 1,5	D Estável	0	255	255	
U17	D 1,4	E	0	204	255	
U18	E 1,3		0	153	255	
U19	1,2		0	102	255	
U20	1,1	Estável	0	51	255	
U21	1,0		0	0	255	

Fonte: Crepani et al. (2001)

Realizou-se o cadastro dos dados a partir dos seguintes procedimentos: exportação dos polígonos e seus respectivos identificadores (rotulação espacial do polígono) no formato ASCII; importação apenas dos identificadores no formato ASCII para o Plano de Informação dos polígonos; procedimento este realizado para não se ter a necessidade de rotular todos os polígonos, individualmente, desta forma, elaborou-se uma tabela, como categoria objeto, denominada cadastral, com os seguintes atributos: identificador, código, rótulo, área e perímetro do polígono.

Depois de elaborado o mapa de vulnerabilidade, os dados de cada atributo foram inseridos na tabela a partir de uma programação computacional realizada pelo LEGAL, elaborada para um cadastro espacial inteligente do banco de dados, através do qual um usuário pode fazer uma consulta a respeito das propriedades de determinado polígono que, por outro lado foram inseridas na tabela de atributos.

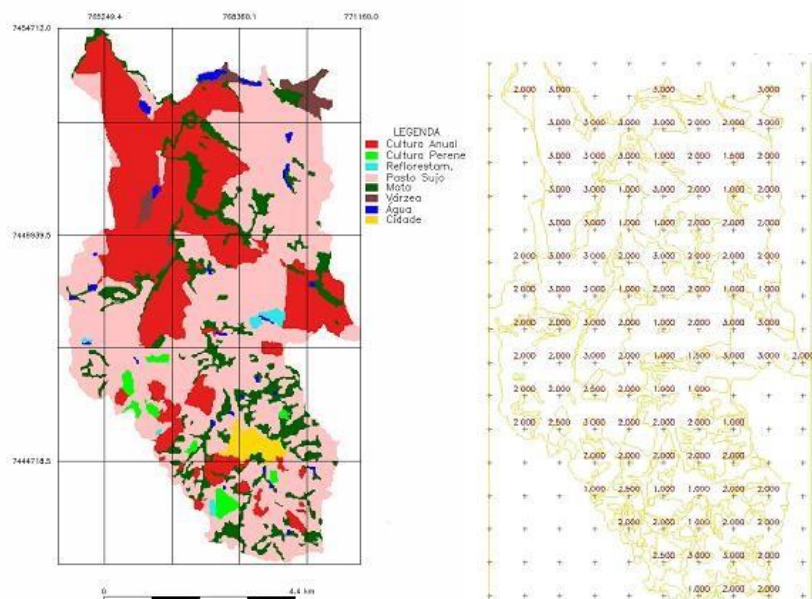
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação digital das imagens do Landsat-7 (Figura 1 e Tabela 7) permitiu através dos valores ponderados para a vulnerabilidade à erosão devido ao uso do solo mapear, discriminar e avaliar 8 classes de uso da terra: água, cultura perene e anual, pastagem, mata, várzea, cidade e reflorestamento.

As classes de uso de maior ocorrência na área de estudo foram as pastagens, com área de 2648,93 ha (49,27 %). Em termos de valores de vulnerabilidade, a pastagem, que representa uma classe de uso sem muita remoção e revolvimento do solo, foi considerada mediana quanto a influência à erosão do solo, recebendo um peso de valor 2, sendo que as culturas anuais predominaram em quase 30 %, com área de 1606,37 há; por ser a classe que mais afeta a estrutura física do solo, recebeu peso de valor 3 mostrando, com isso, a vocação regional para agropecuária, conforme Campos (1997).

O índice mostra que as pastagens são cultivadas mais extensivamente, ou seja apresentam ocorrência de plantas invasoras, mostrando vulnerabilidade média (2) e são mais vulnerável que as matas (1) porém menos vulneráveis que as culturas anuais (3), várzeas (3) e cultura perene (2,5).

Figura 1. Classes de uso do solo e grade de ponderação da Região do Alto Rio Pardo – Pardinho (SP).



Fonte: Os autores.

Tabela 7. Classes de uso do solo e respectivos valores de vulnerabilidade da Região do Alto Rio Pardo – Pardinho (SP).

Classe de Uso do Solo	Área (ha)	Área (%)	Valor de Vulnerabilidade
Água	60,62	1,12	1,5
Cultura Perene	78,75	1,46	2,5
Cultura Anual	1.606,37	29,88	3,0
Pastagem	2.684,93	49,94	2,0
Mata	745,31	13,86	1,0
Várzea	96,12	1,79	3,0
Cidade	77,94	1,45	1,0
Reflorestamento	26,75	0,50	1,5
Total	5.376,79	100,00	

Fonte: Os autores.

A área de estudo pode ser classificada como extremamente vulnerável, pois as classes de uso da terra mais vulneráveis predominam em quase 80 % da área total, ou seja, é 29,88 % constituída de culturas anuais (vulnerabilidade 3) e 49,94 % de pastagens (vulnerabilidade 2).

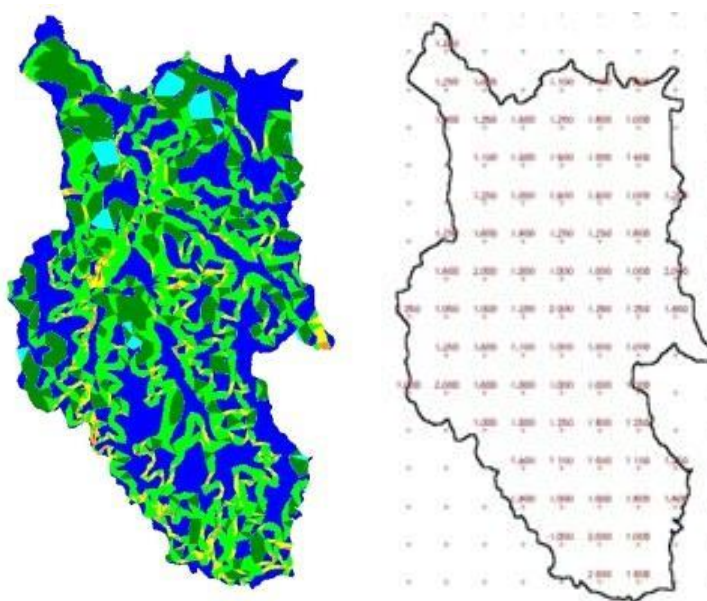
As matas como protegem mais o solo em termos de vulnerabilidade, mostraram que precisa ser mais bem preservada para atender o mínimo de reserva

florestal (20 %) exigido pelo Código Florestal Brasileiro, pois apresentam baixa vulnerabilidade (índice 1,0).

A carta clinográfica (Figura 2 e Tabela 8) mostra que a maior parte da área de estudo (94,14 %) possui declividade variando de 0 a 20 % e vulnerabilidade oscilando de 1 a 1,6; desta forma, diz-se que a área é representada por relevo plano a suave ondulado e a declividade é pouca representativa na área em relação à erosão do solo, pois mais de 66 % dessas declividades foram considerados estáveis (66,22 %), enquanto as outras declividades, com mais de 27 %, medianamente estáveis podendo-se dizer que mais de 3/5 da área são estáveis quanto à declividade e apenas 0,05 % apresenta alta vulnerabilidade (> 50 % declividade).

O mapa geológico que gerou os valores de vulnerabilidade à erosão de cada classe geológica (Figura 3) permitiu verificar que a classe Km, em que a rocha predominante é o arenito quartzoso e o valor de vulnerabilidade à erosão do solo é 2,4, é a que mais afeta o solo da área em termos de erosão, porém se enquadra como resistência medianamente vulnerável, enquanto a classe JKsg, foi geologicamente reconhecida com medianamente estável, pois o índice de vulnerabilidade de 1,5 praticamente não afeta o solo em termos de estabilidade.

Figura 2. Carta clinográfica e a grade de ponderação da Região do Alto Rio Pardo – Pardinho (SP).



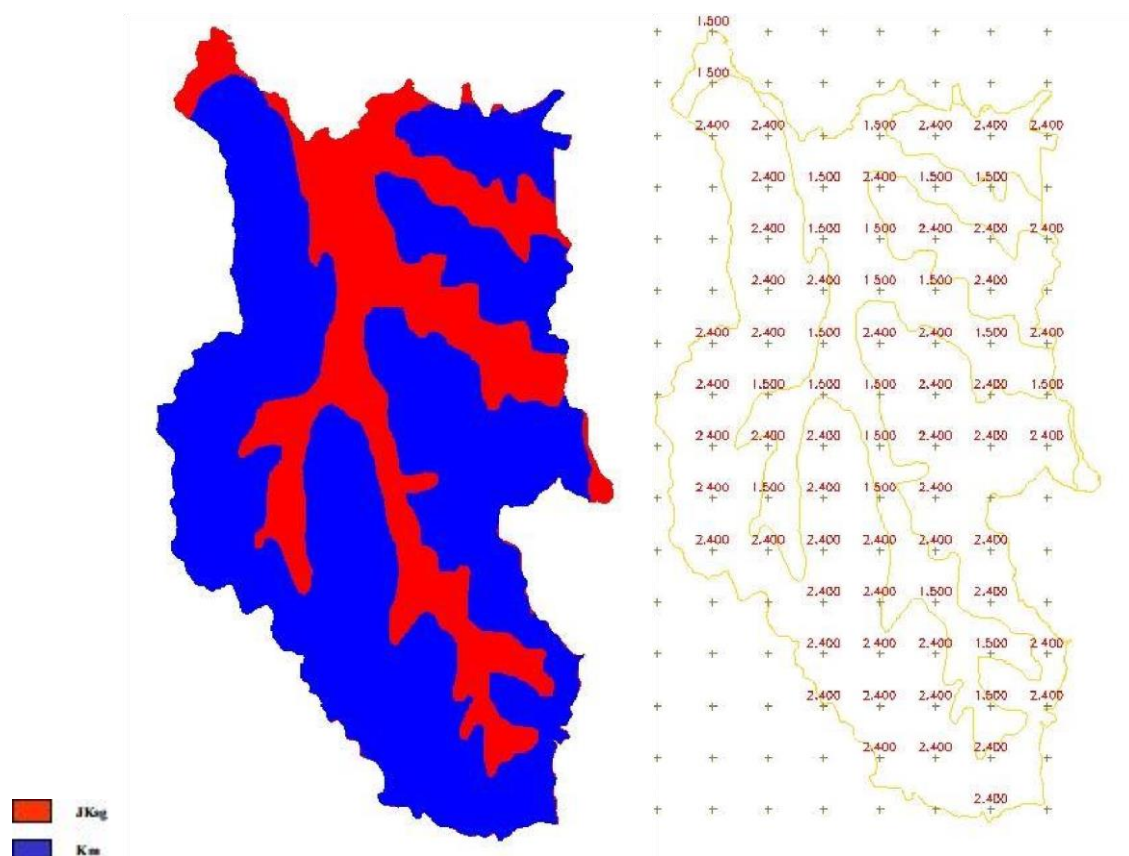
Fonte: Os autores.

Tabela 8. Valores de representatividade na área das classes de declividade da Região do Alto Rio Pardo – Pardinho (SP).

Classes de declive	Representatividade na área (%)	Valor de vulnerabilidade
0 – 2%	38,81	1,0
2 – 5%	4,46	1,1
5 - 10%	22,94	1,25
10 - 20%	27,91	1,6
20 - 30%	4,78	2,0
30 - 50%	1,03	2,6
> 50%	0,05	3,0

Fonte: Os autores.

Figura 3. Mapa geológico e a grade de ponderação da Região do Alto Rio Pardo Pardinho (SP).



Fonte: Os autores.

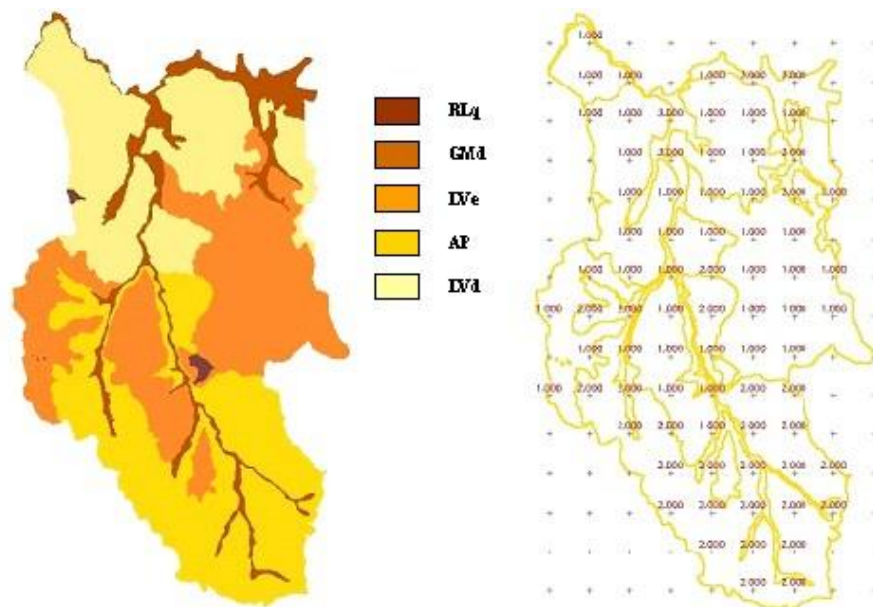
Os solos (Figura 4) permitiram classificar o grau de vulnerabilidade à erosão como vulnerável e medianamente vulnerável, pois o índice de vulnerabilidade variou

de 1 para 2, exceto para os solos ao longo do rio principal da bacia que receberam o valor 3,0.

A pluviosidade influenciou pouco a vulnerabilidade do solo à erosão, pois representa um valor de 1,3.

O mapa de vulnerabilidade à erosão do solo (Figura 6 e Tabela 9) permitiu constatar que o grau de estabilidade de cada unidade ambiental variou de 1,1 a 2,2, ou seja, sendo classificado, respectivamente, de baixa a medianamente estável/vulnerável.

Figura 4. Mapa de solos e grade de ponderação da Região do Alto Rio Pardo – Pardinho (SP).

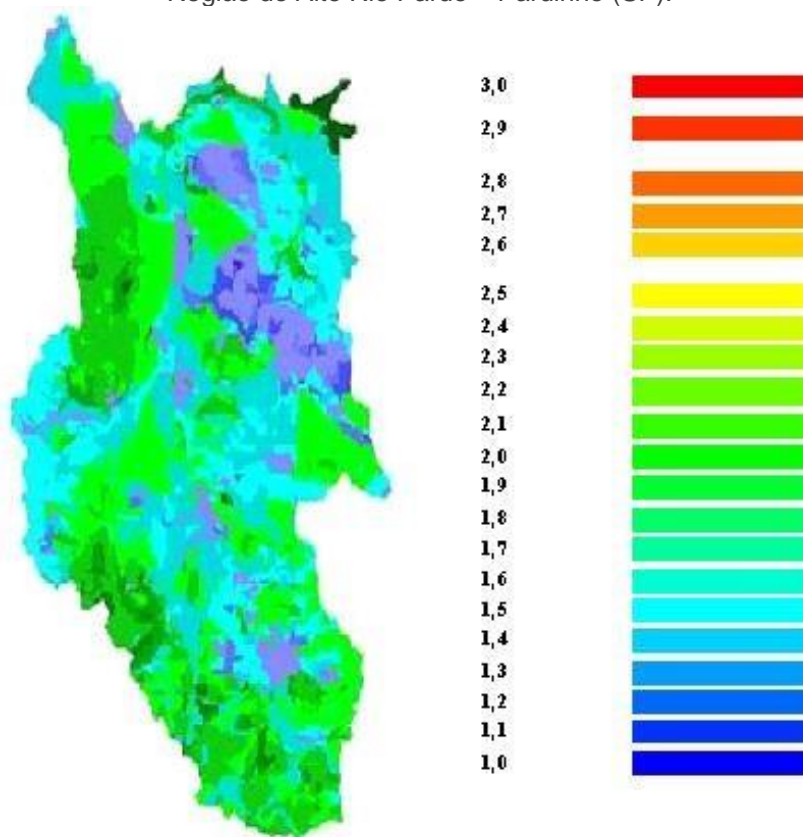


Fonte: Os autores.

O grau de vulnerabilidade mostrou, também, que mais de 75 % da área são moderadamente estáveis (vulnerabilidade de 1,4 a 1,7); já a Figura 5 e a Tabela 9 permitem verificar que a área possui valores de vulnerabilidade do solo à erosão entre 1,1 e 2,2, isto é, de baixa a média vulnerabilidade e que a vulnerabilidade máxima foi de 2,2, representada pela cor verde claro.

Pode-se dizer que a quase totalidade (96,45 %) da área pertence às classes de vulnerabilidade moderadamente estável (75,27 %) e medianamente estável/vulnerável (21,18 %), pois somente 3,55 % pertencem às classes estáveis, cuja ocorrência é devido, provavelmente, ao fato dessa área se compõe de solos nos quais o índice variou de 1 a 2 e por apresentar cobertura vegetal que cobre o solo medianamente (pastagens) e relevo plano a suave ondulado (0 a 20 % de declive).

Figura 5. Mapa de vulnerabilidade à erosão do solo e a grade de ponderação da Região do Alto Rio Pardo – Pardinho (SP).



Fonte: Os autores.

Tabela 9. Classes de vulnerabilidade do solo à erosão na área.

Unidade de Paisagem	Média			Grau de Vulnerabilidade	Área (ha)	Área (%)
U1		3,0			0	0
U2		2,9			0	0
U3		2,8		Vulnerável	0	0
U4	V	2,7			0	0
U5	U	2,6			0	0
U6	L	2,5	E	Moderadamente	0	0
U7	N	2,4	S	Vulnerável	0	0
U8	E	2,3	T		0	0
U9	R	2,2	A		0,4	0,006
U10	A	2,1	B	Medianamente	46,9	0,88
U11	B	2,0	I	Estável/	62,4	1,17
U12	I	1,9	L	Vulnerável	174,9	3,29
U13	L	1,8	I		840,1	15,83
U14	I	1,7	D		1367,5	25,77
U15	D	1,6	A	Moderadamente	1213,1	22,86

U16	A	1,5	D	Estável	915,8	17,26
U17	D	1,4	E		497,8	9,38
U18	E	1,3			120,8	2,28
U19		1,2			62,5	1,17
U20		1,1		Estável	3,06	0,06
U21		1,0			0	0

Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÕES

1. Os dados coletados pelo sensor “Thematic Mapper” do Landsat geraram informações valiosas sobre os diferentes alvos de ocupação do solo, sendo muito úteis para o mapeamento utilizado no banco de dados.

2. O sistema de informações geográficas SPRING foi eficiente na determinação da ocupação do solo e na determinação das classes de vulnerabilidade à erosão.

3. Conclui-se que 95 % da área total apresentam grau de vulnerabilidade classificado como medianamente e moderadamente estável, devido à presença de solos de média jovialidade, em relevo suave ondulado (declividade de 5 a 20 %) e coberto na maior parte por pastagem e cultura anual nas unidades de paisagem; além disso, a região apresenta mais de 3/4 da sua área com grau de vulnerabilidade moderadamente estável.

4. Quase 80 % da área são ocupados por cultura (29,88 %) e pastagem (49,27 %) mostrando a vocação regional para a agropecuária.

REFERÊNCIAS

Campos, S. Diagnóstico físico conservacionista da Bacia do Rio Lavapés – Botucatu, SP. Botucatu, SP. FCA/UNESP, 1997. 140p. Tese de Livre-Docência.

Crepani, E.; Medeiros, J.S. de; Azevedo, L.G.DE.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T.G.; Duarte, V. Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológicoeconômico. São José dos Campos: INPE, 2001. 25p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Secretaria de Planejamento da Presidência da República - *Carta do Brasil - Quadrícula de Botucatu e Pardinho*. Escala 1:50000, 1973.

OLIVEIRA, J.B. de; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERAN FILHO. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: Legenda expandida. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Campinas, 1999. 64p.

Tricart, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE-SUPREN, 1977. 91p.

Zimback, C.R.L. Mapa de solos da bacia do Rio Pardo, SP. Botucatu: FEPAF: FCA/UNESP, 1997. 55p.

CAPÍTULO 10

ANÁLISE DO USO INADEQUADO DA TERRA ATRAVÉS DO SIG- IDRISI

Sérgio Campos

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, SP.

E-mail: sergio.campos@unesp.br

Cristiane Lopes da Silva

UNESP – Botucatu

E-mail: cristiane.silva@unesp.br

Thiago Godinho dos Santos

UNESP – Botucatu

E-mail: thiago.santos@unesp.br

Edson Luís Piroli

UNESP – Ourinhos – SP

E-mail: edson.piroli@unesp.br

RESUMO: Este trabalho visou analisar o uso inadequado da terra através do SIG-IDRISI na bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP), compreendida entre as coordenadas geográficas 22°39'36" a 22°57' 39" S e 48°17' 34" a 48° 29' 36" W Gr., com uma área de 21.912,5 ha. O SIG - IDRISI foi eficiente e rápido na identificação, mapeamento e determinação dos usos da terra: reflorestamento, pastagens, solo exposto, uso agrícola, capoeiras e matas. As imagens do satélite LANDSAT 5 forneceram um excelente banco de dados para a classificação supervisionada e futuros planejamentos e gerenciamento das atividades agropecuárias. As pastagens vêm sendo utilizadas inadequadamente nas classes III e VIII, bem como o uso agrícola em todas as classes, com exceção da classe III. A subclasse VIII é, a mais problemática, apresenta-se coberta com mais de 56,54 % de áreas conflitantes. As áreas de conflitos das classes IV e VI poderão ser usadas adequadamente com pastagens, bem como as da classe III por culturas, sendo opções de retorno econômico para o agropecuarista. As classes com uso agrícola e pastagem predominaram em 58,17 % da bacia, mostrando o domínio da agropecuária. A preservação ambiental vem ocorrendo na bacia, pois se apresenta coberta com 29,58 % de matas e capoeiras.

UNITERMOS: Ocupação do solo; Uso da terra; SIG – IDRISI.

SUMMARY: This study aimed to analyse of the inadequate soil use through of the GISIDRISI in the Capivara River basin - Botucatu (SP), between the geographical coordinates 22° 42' to 22° 56' S and 48° 20' to 48° 22' W Gr., it comes with an area of 21.912,5 ha. SIG - IDRISI was efficient and fast for identification, survey and determination of the soil: reforestation, pastures, exposed soil, agricultural use, brushwood and forests. The images of the satellite LANDSAT 5 supplied an excellent database for the supervised classification, future plannings and managing of the agricultural activities. The pastures has been inadequately use in the classes III and

VIII, as well as the agricultural use in all the classes, except for the class III. The subclass VIIIe, the most problem, is covered with 56,54 % of conflict areas. The classes with agricultural use and pasture prevailed in 58,17 % of the basin, mainly agricultural use. The environmental preservation is occurring in the basin, because it is covered with forests and brushwood (29,58 %). The conflict areas will can be adequately use in the classes IV and VI with pastures, as well as the culture uses in the class III, being option of economical investment for the agriculture and cattle-raising.

KEYWORDS: Soil occupation; Soil use; GIS.

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda dos recursos naturais e a rápida diminuição global, faz-se necessários estudos e planejamentos que maximizem a manutenção desses recursos.

O levantamento do uso da terra numa dada região é de fundamental importância para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Qualquer que seja a organização espacial do uso da terra num dado período, raramente é permanente. Deste modo, há necessidade de atualização constante dos registros de uso da terra, para que as tendências sejam analisadas e utilizadas de forma mais técnica, adequada e racional possível.

O planejamento do uso da terra vem se tornando cada vez mais uma importante atividade para os meios rural e urbano. Nesse sentido, o uso adequado da terra, de maneira a protegê-la contra a erosão e visando aumentar gradativamente a sua capacidade produtiva, requer sempre um planejamento inicial, efetivo e eficiente.

Assim, para que se possa estruturar e viabilizar um planejamento e a implementação de uma política agrícola adequada há necessidade de se ter informações confiáveis e atualizadas referentes ao uso e ocupação da terra atual.

Portanto, o presente trabalho de pesquisa visou analisar o uso inadequado da terra através do SIG – IDRISI da terra da bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP), visando a racionalidade no uso e a conservação das terras da bacia, pois este sistema permite obter resultados com maior agilidade quanto à integração e manipulação dos dados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na bacia do Rio Capivara, localizada no município de Botucatu (SP), por ser uma área muito importante do município. Essa área situa-se geograficamente entre as coordenadas: 48° 20' a 48° 22' de longitude W Gr. e 22° 42' a 22° 56' de latitude S, apresentando 21912,5 ha.

O clima predominante do município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cfa - clima temperado chuvoso.

Segundo Oliveira *et al.*, (1999), os solos ocorrentes na área são: Latossolo Vermelho-Amarelos (LVA); Latossolo Vermelhos (LV); Neossolos Quartzarênico Argissólico e Latossólico (RQ) e Neossólicos Litólicos (RL).

Foram utilizados, no estudo, os dados coletados pelo sensor "Thematic Mapper", do Landsat-5, no formato digital, composição colorida das bandas TM3, TM4 e TM5, em escala 1 : 50000, referentes à órbita 220, ponto 76, quadrante A, passagem de 08/06/97.

A coleta e a confirmação das coordenadas dos pontos de controle a campo e da ocupação do solo foi realizada com auxílio de um GPS de navegação GARMIN XL 45 GPS II.

O "Software" IDRISI - Sistema de processamento de informações georreferenciadas foi utilizado na classificação supervisionada da imagem de satélite.

Inicialmente, foi elaborada uma composição falsa cor com a combinação das bandas 3, 4 e 5, pois esta apresenta uma boa discriminação visual dos alvos, possibilitando a identificação dos padrões de uso da terra de maneira lógica. Esta composição apresenta os corpos d'água em tons azulados, as florestas e outras formas de vegetações em tons esverdeados e os solos expostos em tons avermelhados. A seguir, fez-se o georeferenciamento da composição falsa cor, utilizando-se para isso do módulo Reformat/Resample do SIG – IDRISI, sendo os pontos de controle obtido nas cartas planialtimétricas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em escala 1: 50000, referentes aos municípios de Botucatu (SF-22-R-IV-3) e de Barra Bonita (SF-22Z-IV-1), respectivamente, editadas em 1969 e 1978. Após o georeferenciamento, foi feito o corte, extraíndo-se apenas a área da bacia do Rio Capivara. Posteriormente, foram demarcadas as áreas de treinamento sobre a imagem com o cursor e o mouse. Essas áreas foram demarcadas sobre grande número de locais, buscando-se abranger todas as variações de cada ocupação do solo.

Depois, foram criadas as assinaturas pelo módulo Maseking e a classificação supervisionada propriamente dita pelo método de Máxima Verossimilhança, através do módulo Maxlike. Na classificação supervisionada, as ocupações do solo foram identificadas e diferenciadas, umas das outras pelo seu padrão de resposta espectral, sendo as áreas de treinamento delimitadas por polígonos desenhados sobre cada uso da terra na imagem. Em seguida, foram indicados os nomes para cada classe

de uso da terra, associados aos seus respectivos identificadores, sendo a imagem classificada e os cartogramas demonstrativos da distribuição espacial de cada uso da terra com base nestes dados.

Na identificação digital dos alvos, utilizou-se das chaves de interpretação para imagens (Rocha, 1986) para determinação das 6 classes de uso: reflorestamento, solo exposto, uso agrícola, pastagens, capoeiras e matas, sendo amostrados 3 pontos por classe.

Para análise das áreas com uso inadequado da terra foi utilizado o mapa de uso da terra obtido pela classificação supervisionada em 1997 e o mapa de capacidade de uso das terras da bacia do Rio Capivara – Botucatu obtido por Araújo Júnior (1998).

A conversão do mapa de uso adequado para o formato digital foi realizada através do scanner Genius Vivid Pro II e convertido para o formato vetorial através de digitalização na tela do computador.

Após a elaboração da carta de uso da terra em 1997, de uso adequado e do cruzamento entre estas, as áreas foram medidas, utilizando-se do comando "Area" do menu "Database Query", pertencente ao módulo "Analysis", sendo posteriormente determinada as porcentagens de cada classe.

A verificação do resultado da classificação foi avaliado estatisticamente através do Índice Kappa. O procedimento sugerido por Eastmann (1999) e por Simões (2001), inicialmente consistiu na geração de pontos aleatoriamente estratificados. O uso da terra no píxel referente a cada ponto foi identificado, sendo criado a seguir um arquivo de valores relacionado aos pontos amostrais da verdade terrestre. Estes dois arquivos foram associados e em seguida rasterizados, gerando uma imagem raster com a verdade terrestre. A seguir, através do módulo *Ermat* analisou-se estatisticamente a classificação supervisionada confrontando-a com a imagem contendo a verdade terrestre com a imagem classificada do uso da terra. O resultado desta confrontação é uma matriz de erros e o Índice Kappa geral e por categoria.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise digital da imagem de satélite pelo Sistema de Informação Geográfica – IDRISI permitiu o reconhecimento de 6 coberturas vegetais: reflorestamento, solo

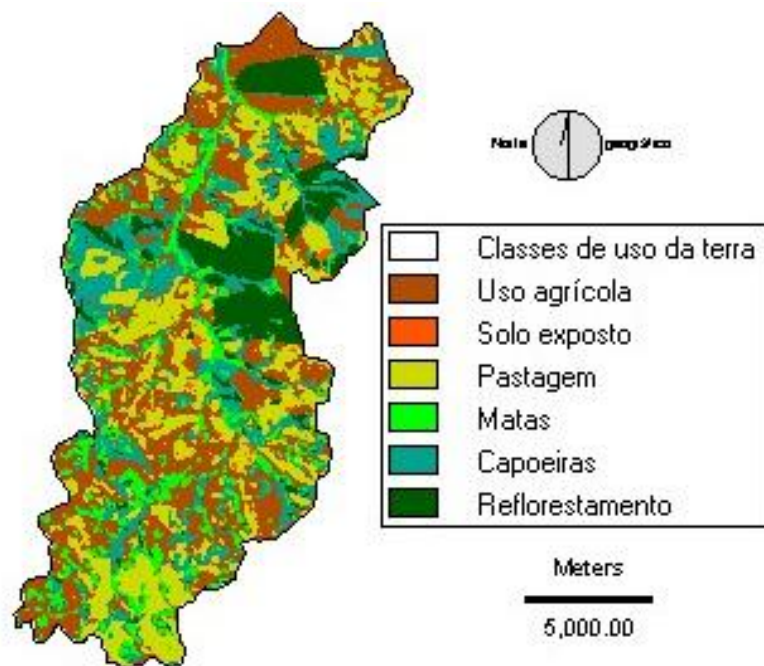
exposto, pastagens, usos agrícolas, capoeiras e mata. O Sistema de Informação Geográfica foi eficiente na identificação, no mapeamento e na determinação das ocupações do solo, pois minimizou a complexidade e o grau de subjetividade na quantificação dessas áreas.

A análise das Figuras 1 e 2 e do Quadro 1 permitiu constatar que as áreas com uso agrícola e as pastagens compõem os principais componentes da paisagem na bacia, pois ocupam 7.459,00 ha (34,04 %) e as pastagens (24,13 %). Essas coberturas vegetais representaram mais de 58 % da área total da bacia, ou seja, cobriram 12.747,7 ha, mostrando com isso, o domínio da agropecuária na região, reflexo da predominância de solos de baixa fertilidade, conforme Barros (1988) e Campos (1998).

A bacia apresenta-se coberta com mais de 11 % de floresta implantada (Reflorestamento) espalhadas ao longo da bacia com Eucalipto (2534,19 ha). Essa cobertura deve ser mais incrementada na região, como forma de proteção racional e integrada da área (Campos, 1997), pois há uma tendência de evolução, uma vez que na região existem grandes Companhias Reflorestadoras que vieram para essa região em busca de terras menos valorizadas e com potencialidades para essências florestais (Barros, 1988). Essas populações com Eucalipto para Coelho (1968) atendem as necessidades econômicas e constituem-se numa forma de proteção contra o processo erosivo do solo, pois o solo não ficando exposto a ação das chuvas, conseqüentemente as erosões deixarão de aparecer e os elementos nutritivos essenciais para a sobrevivência das plantas não serão lixiviados. Essa cobertura vegetal para Vieira (1978) tem grande influência nos processos de escoamento, atuando no mecanismo hidrológico, retardando e desviando o escoamento superficial e conseqüentemente a erosão.

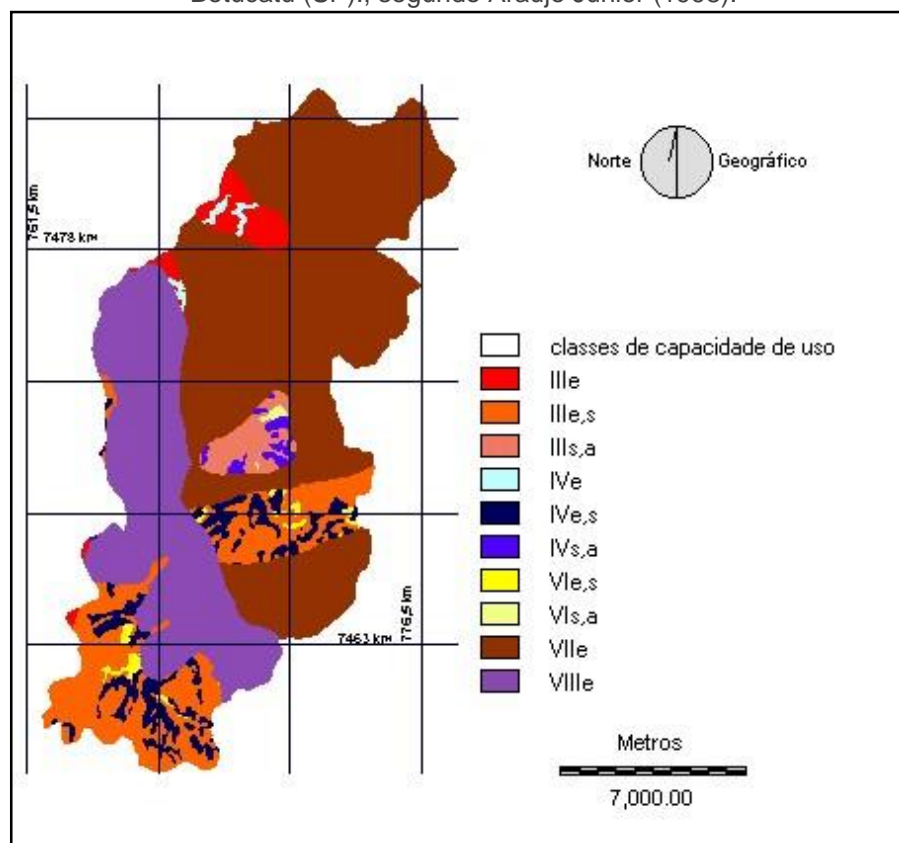
As matas vêm se tornando cada vez mais escassas na região, sendo estas ocupadas por pastagens. Isto vem se desenvolvendo sem planejamento, com métodos inadequados e cortes indiscriminados dessas coberturas naturais remanescentes e sem os estudos sobre os impactos ambientais, que certamente acarretarão em erosões nos solos e assoreamentos dos cursos d'águas. Essas áreas cobrindo 11,25 % da bacia (2.466,18ha) são constituídas por tipos de vegetações arbóreas, como florestas nativas primárias e secundárias e matas de galeria (matas ciliares).

Figura 1. Distribuição espacial das classes de uso da terra ocorrentes na bacia do Rio Capivara Botucatu (SP).



Fonte: Os autores.

Figura 2. Classes e subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na bacia do Rio Capivara Botucatu (SP), segundo Araújo Júnior (1998).



Fonte: Os autores.

Esses dados permitem inferir que as ocupações do solo com pastagens, capoeiras e matas, representavam em 1997, mais de 53 % da área da bacia, refletindo dessa maneira a predominância de solos de baixa fertilidade, conforme constatado por Barros (1988).

A delimitação das classes de capacidade de uso da terra é recomendado para fins de planejamento de práticas de conservação do solo em propriedades ou empresas agrícolas e em pequenas bacias hidrográficas (Lepsch *et al.*, 1991). pois visa definir áreas homogêneas para utilização adequada dos solos em termos de conservação, pretendendo dessa maneira disciplinar os processos ou artifícios usados para deter ou retardar o depauperamento e destruição dos solos.

Quadro 1. inter-relação entre o uso adequado e de 1997 das terras da bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

Capacidade De uso		Classes de uso da terra						
		Uso Agrícola	Solo Exposto	Pastagem	Mata	Capoeira	Reflorestamento	Total
III	ha	1562,92	38,67	1239,63	587,08	491,29	160,78	4080,37
	%	7,13	0,18	5,66	2,68	2,24	0,73	18,62
IV	ha	424,03	5,42	434,21	268,99	190,21	71,21	1394,07
	%	1,94	0,02	1,98	1,23	0,87	0,33	6,37
VI	ha	45,91	0,00	64,61	31,42	42,89	23,61	208,44
	%	0,21	0,00	0,30	0,14	0,20	0,11	0,96
VII	ha	3480,37	99,32	2461,23	820,24	1933,41	2059,68	10854,25
	%	15,88	0,45	11,23	3,74	8,82	9,40	49,52
VIII	ha	1945,77	4,34	1089,02	758,45	1358,88	218,91	5375,37
	%	8,88	0,02	4,97	3,46	6,20	1,00	24,53
Total		7459,00	147,75	5288,70	2466,18	4016,68	2534,19	21912,5
		34,04	0,67	24,14	11,25	18,33	11,57	100

Fonte: Os autores.

Esses dados permitem inferir que as ocupações do solo com pastagens, capoeiras e matas, representavam em 1997, mais de 53 % da área da bacia, refletindo dessa maneira a predominância de solos de baixa fertilidade, conforme constatado por Barros (1988).

A delimitação das classes de capacidade de uso da terra é recomendado para fins de planejamento de práticas de conservação do solo em propriedades ou empresas agrícolas e em pequenas bacias hidrográficas (Lepsch *et al.*, 1991), pois visa definir áreas homogêneas para utilização adequada dos solos em termos de conservação, pretendendo dessa maneira disciplinar os processos ou artifícios usados para deter ou retardar o depauperamento e destruição dos solos.

As informações sobre o uso adequado das terras são importantíssimas para estruturação e viabilização de um planejamento agrícola, pois o diagnóstico da adequação agrícola das terras rurais de uma região envolve a caracterização do meio físico, do uso atual e a determinação da capacidade de uso das terras, sendo possível com esses dados identificar a compatibilidade entre a capacidade de uso e o uso atual, além de poder identificar as áreas utilizadas com prejuízo potencial ao ambiente (acima da capacidade de uso) e as subutilizadas, ou seja, abaixo da capacidade de uso (Muramoto *et al.*, 1993).

A atividade agropecuária é muito representativa na classe III (2802,55 ha), pois as culturas agrícolas estão presentes com 7,13 % (1562,92 ha) e as pastagens com 5,66 % (1239,63 ha), sendo as pastagens áreas de conflitos, pois as terras da classe III, por serem nobres, estão sendo subutilizadas por essa cobertura vegetal. Essas áreas poderiam ser mais bem aproveitadas com a implantação de culturas, uma vez que as pastagens vêm ocupando áreas com declividades nobres.

As matas com 587,08ha e as capoeiras com 491,29ha, totalizando 26,43 % desta classe, permitem constatar que as áreas de preservação estão sendo respeitadas, pois segundo o Código de Preservação Florestal, deve ser no mínimo de 20 % de área florestada.

Os solos ocorrentes na classe IV por apresentam riscos ou limitações severas, apresentando sérios problemas de conservação, são adequados para cultivos com pastagens e florestas. Assim, estes estão sendo utilizados inadequadamente com uso agrícola (424,03 ha) e com solo exposto (5,42 ha). Essas áreas poderiam ser usadas adequadamente com pastagens, pois a pecuária é a atividade de maior retorno econômico para os pecuaristas da região.

As matas e as capoeiras, respectivamente, com 268,99 ha e 190,21 ha, representam 32,94 % dessa classe, estando acima dos 20 % exigidos pelo Código Florestal.

Os conflitos de uso da terra na classe VI mostram que essa vem sendo usada adequadamente em 77,97 %, ou seja, com pastagens em 64,61 ha, com matas em 31,42 ha, com capoeiras em 42,89 ha e com reflorestamentos em 23,61 há e inadequadamente com culturas agrícolas que vem ocupando inadequadamente essa classe em 22,03% (45,91ha). Assim, praticamente, 1/5 dessa classe é área de conflito, podendo ocorrer problemas com erosões em função da alta declividade e deflúvio que essas terras apresentam (Lepsch *et al.*,1991). Nessas áreas, as pastagens poderiam ser implantadas com sucesso, sendo outras opções para os pecuaristas.

As áreas da classe VII estão sendo subutilizadas em quase 1/3, ou seja 3480,87 ha com uso agrícola e 99,32 ha com solo exposto. Essas áreas por serem adaptadas mais para pastagens e reflorestamentos, uma vez que apresentam problemas de conservação do solo vem sendo preservada ambientalmente, pois mais de 44 % se apresentam cobertos por matas (820,24ha) matas, capoeiras (1933,41ha) e reflorestamentos (2059,68ha). Essa área apresentava uma atividade agropecuária expressiva, pois mais de 54 % era compreendida por uso agrícola 3480,37ha e por pastagens 2461,23ha.

A classe VIII, por serem terras impróprias para vegetação produtiva e ser mais adaptada para proteção da fauna silvestre, recreação e armazenamento de água, vem sendo subutilizada com usos agrícolas 1945,77ha, solo exposto 4,34ha e pastagens 1089,02ha. Essa classe, embora apresente mais de 56 % da sua área sendo subutilizada, mais de 44 % é coberta com mata (758,45ha), capoeira (1358,88ha) e reflorestamento (218,91ha), mostrando que esta está sendo preservada ambientalmente. A preservação dessa classe, provavelmente, vem ocorrendo em detrimento das terras apresentarem características adversas, pois geralmente estão localizadas em escarpas de serras, segundo Lepsch *et al.*, (1991) e são locais de difícil acesso (Barros, 1988).

A avaliação da exatidão para a classificação supervisionada realizada pelo índice Kappa foi de 0,47, cuja qualidade foi classificada como boa, segundo Landis & Koch (1977). Como foi possível analisar somente 6 classes de uso, pode-se concluir que é necessário a aplicação de uma classificação supervisionada mais rigorosa para mapeamentos futuros nessa área.

4. CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia utilizada e com os resultados obtidos concluiu-se que: as imagens do Sensor TM do LANDSAT 5, permitiram o mapeamento do uso da terra da bacia de maneira rápida e confiável, além de fornecer um excelente banco de dados para a classificação supervisionada e para futuros planejamentos e gerenciamento das atividades agropecuárias regionais; o SIG - IDRISI permitiu constatar através de seus diferentes módulos para georreferenciamento, classificação digital do uso da terra e modelo matemático, as áreas de uso da terra por: reflorestamento (34,04 %); solo exposto (0,67 %); pastagem (24,14 %); uso agrícola (11,25 %); capoeira (18,33 %) e mata (11,57 %) com rapidez e confiabilidade; as áreas com uso agrícola foram os principais componentes da paisagem da bacia, ocupando 34,04 % da bacia; o alto índice de ocupação do solo por povoamentos com eucalipto, pastagens, capoeira e reflorestamento refletem a predominância de solos com baixa fertilidade; o uso agrícola e as pastagens predominaram em mais de 58 % da bacia, mostrando assim o domínio da agropecuária; a preservação ambiental vem ocorrendo na bacia, pois as classes vêm sendo cobertas, em média, por mais de 40 % com matas, capoeiras e reflorestamentos; a subclasse VIII foi a subclasse mais problemática porque apresenta com mais de 56 % de áreas conflitantes; as áreas nas classes IV e VI podem ser outras opções de implantação com pastagens (23,99 %) para o pecuarista, bem como a classe III é uma outra opção de plantio com culturas (5,66 %) para o agricultor.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO JÚNIOR, A.A. de. Capacidade de uso das terras da bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP). Botucatu: UNESP, 1998. 94p. Dissertação (Mestrado).

BARROS, Z.X. de Caracterização de bacias hidrográficas no mapeamento de solos mediante o uso de análise multivariada. Botucatu: UNESP, 1988, 113p. Tese (Doutorado).

CAMPOS, S. **Diagnóstico físico conservacionista da bacia do rio Lavapés - Botucatu (SP)**. Botucatu: UNESP, 1997. 140p. Tese (Livre-Docência).

COELHO, A.G. de. Fotointerpretação da eucaliptocultura e estudo do planejamento agrícola. **Bol.Inst.Agron.**, Campinas, n.187, p.1-60, 1968.

EASTMAN, J. R. IDRISI32. **Guide to GIS and image processing**. Massachusettes, Clark University. V. 2, 1999. 169p.

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

LEPSCH, J.F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Soc.Bras.Cien. do Solo, 1983. 175p.

MURAMOTO, J. et al. Adequação do uso das terras de Piracicaba (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p.405-6.

OLIVEIRA, J.B. de; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERAN FILHO. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Campinas, 1999. 64p.

ROCHA, J.S.M. da. **Manual de interpretação de aerofotogramas**. Fascículo XI, Santa Maria, 1986, 58p.

SIMÕES, L.B. **INTEGRAÇÃO ENTRE UM MODELO DE SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA DELIMITAÇÃO DE ZONAS TAMPÃO RIPÁRIAS**. BOTUCATU: UNESP, 2001.171P. TESE (DOUTORADO).

VIEIRA, N.M. **Estudo geomorfológico das voçorocas de Franca, SP**. Franca: UNESP, 1978. 255p. Tese (Doutorado).

Agência Brasileira ISBN
ISBN: 978-65-84610-03-3