

CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS
COM SUPORTES DE SENSORIAMENTO REMOTO E
GEOPROCESSAMENTO.**

Bruno Souza Leite



Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Rio Claro
Estado de São Paulo - Brasil
Março - 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

BRUNO SOUZA LEITE

**CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM
SUPORTES DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Sergio dos Anjos
Ferreira Pinto

Rio Claro - SP

2013

*“Para o meu irmão ausente
Rubens Alexandre que me privilegiou
com sua amizade
e partilhou comigo
momentos de companheirismo
para a vida.”*

Agradecimentos

*Agradeço aos meus pais **Gerson de Souza Leite Jr** e **Maria Edilde dos Santos**, irmã **Thalita Souza Leite** e Tio **Jefferson de Souza Leite** que com muita dedicação e prioridade me deram todas as condições para que este momento fosse findo, e a todos os professores que fizeram e ainda fazem parte desta jornada acadêmica. Agradeço aos amigos da moradia estudantil casa 04: **Itu, Cleberson, Mayara, Mayra, Juju, Dênise, Susu entre outros**, amigos que conviveram de forma marcante durante todo período de graduação, como também aos amigos da turma de 2005 - Geografia Integral: **Gonzáles, Cabelo, Du, Pira, Duque, Capão, Corintiano, Raquel, Sílvia e Edvania**, que com seu companheirismo sempre estiveram ao meu lado.*

*Agradeço a todos os amigos que vivenciaram , em especial ao **Professor Dr. Sergio dos Anjos Ferreira Pinto** e aos **Mestres Andre Giovanini de Oliveira Sartori e Edvania Aparecida Correa**, que com seus conhecimentos sempre embasaram meus trabalhos científicos em questão.*

Muitas pessoas que não forma citadas tiveram contribuição acerca do trabalho hora desenvolvido.

A todos a minha sincera gratidão.

Bruno Souza Leite.

551.4 Leite, Bruno
L533c Caracterização do meio físico em bacias hidrográficas
com suportes de sensoriamento remoto e geoprocessamento /
Bruno Leite. - Rio Claro : [s.n.], 2013
46 f. : il., figs., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Sergio dos Anjos Ferreira Pinto

1. Geografia física. 2. Diagnóstico físico. 3. Bacia
hidrográfica. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

LISTA DE SIGLAS

UNESCO – United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization

FAO – Food and Agriculture Organization

SIG – Sistema de Informações Geográficas

USDA – United States Department of Agriculture

REM – Radiação Eletromagnética

LANDSAT – Land Remote Sensing Satellite

CBERS – China-Brazil Earth Resources Satellite

CAD – Computer Aided Design

EDIP – Environmental Development of Productor

MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

UTM – Universal Transversa de Mercator

GPS – Global Position System

SAD – South American Datum

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

RGB – Red Green Blue

UGRHI – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos

PIB – Produto Interno Bruto

CPTI – Cooperativa de Pesquisas Tecnológicas e Industriais

SIGRH – Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos

APP – Área de Preservação Permanente

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Sub-bacias da UGRHI 04.....	17
Figura 02: Localização dos municípios de Santa Rosa de Viterbo e São Simão no Estado de São Paulo.....	18
Figura 03: Mapa do Perímetro da Sub-Bacia do Ribeirão Águas Claras.....	22
Figura 04: Mapa de Caracterização Geológica.....	23
Figura 05: Mapa de Caracterização Geomorfológica.....	25
Figura 06: Mapa de Caracterização Pedológica.....	28
Figura 07: Mapa de Declividade.....	32
Figura 08: Mapa de classes de pré-disposição aos riscos da erosão hídrica.....	33
Figura 09: Mapa de Perda de Solo.....	35
Figura 10: Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Sub-Bacia do Ribeirão das Águas Claras.....	36
Figura 11: Mapa de Áreas de Preservação Permanente.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Quantificação das unidades geológicas existentes.....	24
Tabela 02: Quantificação das unidades geomorfológicas existentes.....	26
Tabela 03: Quantificação dos tipos de solos existentes.....	29
Tabela 04: Características Morfométricas Geométricas da Sub-Bacia do Ribeirão Águas Claras.....	31
Tabela 05: Pré-disposição a processos de dinâmica superficial.....	34
Tabela 06: Quantificação da perda de solo no interior da Sub-bacia do Ribeirão Águas Claras.....	35

Tabela 07: Áreas quantificadas para cada tipo de uso específico na Sub-Bacia do Ribeirão Águas Claras.....	37
Tabela 08: Áreas quantificadas para cada tipo de uso específico na região de APP da Sub-Bacia do Ribeirão Águas Claras.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. Planejamento territorial: base para o uso sustentável da terra e preservação dos recursos hídricos	2
2.2 A bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão territorial	4
2.3. Pressuposto científico: A inclusão das propriedades rurais como elemento atuante no processo de erosão das vertentes	6
2.3 Geotecnologias Aplicadas no Estudo Ambiental	7
2.3.1 Sensoriamento Remoto	7
2.3.2 Do Geoprocessamento ao Sistema de Informação Geográfica	8
2.3.3 Sistema de Informação Geográfica (SIG)	11
3. OBJETIVOS	13
3.1 Objetivos Específicos	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.5 Mapeamento do uso e ocupação do solo	16
4. LOCALIZAÇÃO E INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DA BACIA DO RIO PARDO	17
4.1 Aspectos históricos regionais	18
4.2 Cobertura Vegetal Nativa	21
5.1 Caracterização Geológica	23
5.2 Caracterização Geomorfológica	24
5.3 Caracterização Pedológica	27
5.4 Caracterização Morfométrica	31
5.5. Caracterização da Declividade, Pré-Disposição aos Processos de Dinâmica Superficial e Perda do Solo	32
5.6 Mapa de Uso e Ocupação do Solo	36
6. CONCLUSÕES	40

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
--	-----------

RESUMO

O presente trabalho buscou caracterizar o meio físico da sub-bacia do Ribeirão das Águas Claras, situado no estado de São Paulo, através da utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Para isso foram realizados trabalhos de gabinete e estudos de campo, onde ocorreu a coleta de dados primários; análise de bases cartográficas da região, com escalas de 1:50.000 e 1:10.000; análise de imagens de satélite, CBERS do ano de 2010; levantamentos de campo e mapeamento do uso e ocupação do solo e geração de mapas temáticos. Os resultados se materializaram na confecção de mapas temáticos que abarcaram a caracterização da geologia; geomorfologia; pedologia; declividade; pré-disposição aos processos riscos de erosão hídrica; perda do solo; uso e ocupação do solo; áreas de preservação permanente; além de caracterização da hidrografia local. Como conclusão, sugere-se a integração de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento como ferramentas importantes para a gestão do meio físico

Palavras Chaves: Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Bacia Hidrográfica, Diagnostico Físico

ABSTRACT

This paper aims to characterize the physical environment of the Ribeirão das Águas Claras watershed, located at São Paulo state, through the use of Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) techniques. For this aim it has been done office and field studies, where it occur secondary data collection; region cartography bases analysis, with 1:50.000 and 1:10.000 scales; satellite images analysis, from 2010 CBERS collection; field surveys and mapping of the field use and occupation and thematic maps creation. The results materializes in the production of thematic maps which covered the characterization of geology; geomorphology; pedology; slope; predisposition to erosion, soil loss, soil use and occupation; permanent preservation areas, as well as hydrograph characterization. The conclusion is suggest the integration of remote sensing techniques and geoprocessing as an important tools trough the sustainable management of the physical environment.

Keys Word: remote sensing, geoprocessing, watershed, physical diagnostic

1. INTRODUÇÃO

A evolução da sociedade moderna baseia-se cada vez mais na dependência dos recursos naturais terrestres, que desempenham papel vital no desenvolvimento econômico e no bem estar das sociedades. Sua utilização crescente ao longo da história do homem, envolvendo o avanço científico-tecnológico aliado ao crescente aumento demográfico, intensificou os processos de destruição desta riqueza básica. Nos dias atuais, organizações governamentais e não governamentais têm alertado sobre a necessidade de ações mitigadoras para proteção e conservação deste patrimônio. Essas ações têm sido calcadas na ambição de assegurar perpetuamente o aproveitamento dos recursos fornecidos pela natureza. O êxito deste objetivo, segundo um documento organizado pela UNESCO (HADLEY et al. 1985), pode ser alcançado através de duas metas:

- Desenvolvimento de uma consciência pública dos riscos ambientais e da necessidade de políticas conservacionistas;
- Obtenção de informações essenciais, mediante pesquisas, para por em prática medidas eficientes de controle e reversão da degradação ambiental.

Considerando a primeira meta apontada pela UNESCO, pode-se observar que no decorrer das últimas décadas houve um crescimento do número de projetos, em diversas áreas do conhecimento e de diversas naturezas, que se dedicaram à difusão e aperfeiçoamento das práticas de Educação Ambiental, responsável pela conscientização pública de que o comportamento humano e suas atividades são nocivos à natureza, com conseqüências ambientais de curto, médio, e longo prazo. O aumento da capacidade crítica da sociedade, de certa forma, se reflete nas políticas ambientais de cunho conservacionista, elaboradas ao longo do tempo, assim como o aperfeiçoamento da legislação já existente.

Imbricado à difusão da Educação Ambiental e ao aperfeiçoamento da legislação ambiental, está a segunda meta mencionada, pois o desenvolvimento científico e tecnológico voltado ao controle e monitoramento do meio ambiente tem viabilizado a elaboração de inúmeros procedimentos metodológicos para a análise ambiental. Neste aspecto, deve ser ressaltado o uso das geotecnologias, e entre elas, o uso de ferramentas de sensoriamento remoto e o geoprocessamento, responsáveis pela aquisição, tratamento, integração e análise de dados espaciais.

Dentro deste contexto, o presente trabalho buscou, atrelado à utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, caracterizar o meio físico da sub-bacia do Córrego das Águas Claras, situada no estado de São Paulo, que foi escolhida como laboratório de estudos, de detalhe escala 1:30.000, no contexto da meso-escala da bacia do rio Pardo, de maneira a adicionar conhecimento valioso para o tomador de decisão, no que tange o contexto de políticas públicas para gestão ambientalmente sustentável.

A justificativa para a escolha da área de estudo se dá pelo fato de ela possuir uma queda d' água, que pode ser utilizada economicamente para a produção de energia elétrica, já que o crescimento da demanda por energia nos próximos anos, especialmente de fontes renováveis, e o esgotamento do potencial dos rios para grandes hidrelétricas faz com que os empreendimentos optem por utilizar energia elétrica vinda de usinas de pequeno porte.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Planejamento territorial: base para o uso sustentável da terra e preservação dos recursos hídricos

Ao tratar dos processos de alteração do meio ambiente em função da atividade antrópica, é importante que se tenha claro as definições dos termos “uso da terra” e “uso do solo”, que têm sido utilizados de forma generalizada para indicar as diferentes formas de ocupação agrícola e não agrícola das terras. Lepsch et al. (1991) salientam que o conceito de “solo” é mais restrito, sendo considerado como um conjunto de corpos tridimensionais na superfície terrestre, contendo matéria viva com capacidade de suportar plantas. Já a palavra “terra”, é mais abrangente, pois inclui em seu significado o solo e os vários atributos de uma área, como o substrato geológico, a hidrologia e os resultados da atividade antrópica.

Neste aspecto, em estudos geográficos, o termo uso da terra é mais adequado quando se pretende destacar os problemas que afetam a agricultura e a cobertura vegetal nativa de uma área. O predomínio da idéia entre agricultores de que o solo e sua fertilidade inicial são inesgotáveis, conduz a adoção de práticas que

ignoram a capacidade de sustentação e a capacidade econômica de cada parcela da terra (LEPSCH et al., 1991).

Neste caso, Flores (1995) enfatiza a importância do planejamento para a ocupação agrícola das terras, como um instrumento essencial, servindo de suporte para as atividades de produção de alimentos e de matérias primas, devendo ser conduzido por meio de técnicas que proporcionem a sustentabilidade das atividades produtivas, assegurando o equilíbrio ambiental dos agro-ecossistemas.

Considerando que a produção de alimentos está, em parte, vinculada às condições de fertilidade dos solos, deve haver uma atenção especial para os aspectos relacionados às práticas conservacionistas a fim de diminuir os efeitos da erosão acelerada, que além do impacto significativo sobre o solo, atingem também os recursos hídricos, a vegetação natural e a fauna.

Por práticas conservacionistas entende-se, segundo Assis et al. (1976), o conhecimento e o acervo tecnológico disponíveis e aplicados para reduzir os riscos do desgaste dos solos.

Pode-se considerar o uso inadequado das terras uma das causas de malogro das atividades agrícolas. Assim, de acordo com Pinto (1983), a ocorrência de áreas de discrepâncias, entre o uso efetivo (uso real) da terra e sua aptidão agrícola, pode concorrer, em muitos casos, para o decréscimo da produtividade agrícola, bem como para a degradação dos solos. O termo degradação implica, segundo Barow (1994), na redução da atual ou futura capacidade do solo em produzir, em termos de quantidade e qualidade, bens e serviços.

Spavorek e Lepesch (1995) comentam que é necessário identificar o melhor e mais adequado sistema de uso da terra que garanta uma produção agrícola sustentada no tempo e compatível com uma boa qualidade ambiental. Ainda segundo estes autores, a adequação do uso das terras é realizada através da identificação de áreas que estão em processo de degradação potencial devido à super utilização.

Para Freire (1995), o uso da terra é um dos fatores que influenciam a quantidade de perda de material do solo. Se as limitações de uso não forem observadas, ocorrerão perdas consideradas inaceitáveis, mesmo se houver a aplicação de práticas intensivas de controle à erosão.

Diante o exposto, entende-se que a manutenção do equilíbrio ambiental e o desenvolvimento socioeconômico coerente e racional, quanto à exploração dos recursos naturais, tem como ponto fundamental o conhecimento e controle das transformações que decorrem do uso da terra. Isso pode ocorrer através de um planejamento de ocupação das terras que, segundo FAO (1995), tem como função, direcionar as decisões de tal modo que haja um maior aproveitamento pelo homem, sem que ocorra significativa degradação ambiental.

Cunha (1997) levanta o problema da dificuldade na efetivação do planejamento de uso da terra rural por parte dos proprietários, basicamente por conta da escala de análise em que estes trabalhos são conduzidos. Davidson (1992) apud Cunha (1997) esclarece que, de modo geral, as cartas de capacidade de uso das terras são elaboradas para unidade de paisagem em escalas que dificultam o acesso das informações aos agricultores, observando o mesmo fato no caso das cartas de aptidão agrícola e em outros tipos de mapeamento temático que poderiam fornecer dados aos agricultores.

2.2 A bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão territorial

O agravamento das condições ambientais decorrente das atividades antrópicas, que na maioria das vezes não levam em consideração as características naturais locais, conduzem a uma série de problemas socioambientais como já mencionado. Observa-se assim a necessidade de um planejamento ambiental com foco em sua gestão. A gestão ambiental é entendida como a integração entre o planejamento, o gerenciamento e a política ambiental (ANDREOZZI,2005; SOUZA, 2003).

De acordo com Souza (2003), planejamento é a preparação para a gestão futura, buscando-se evitar ou minimizar problemas e ampliar margens de manobra. Santos (2004) indica que o planejamento visa, de maneira conjunta, a adequação de ações à potencialidade, vocação local e à sua capacidade de suporte, buscando o desenvolvimento harmônico da região e a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e social. A gestão, para Souza (2003), é a efetivação das condições que o planejamento realizado no passado ajudou a construir. Portanto, planejamento e gestão territorial são atividades complementares.

A bacia hidrográfica constitui-se em uma unidade natural básica para o desenvolvimento de estudos que visem compreender e analisar a dinâmica de seus componentes. Pois como afirma Andreozzi (2005), uma sub-bacia pode ser considerada a menor unidade de paisagem capaz de integrar todos os componentes, a saber: atmosfera, vegetação natural, agricultura, solos, substrato rochoso e corpos d'água, sendo portanto um sistema que melhor reflete os impactos das atividades antrópicas.

Andreozzi (2005) lembra que apesar da bacia hidrográfica ser entendida, técnica, científica e politicamente, como unidade de gestão, por outro lado, nela estão contidas propriedades privadas, que representam grande barreira ao desenvolvimento das práticas exigidas para a sua gestão, dada a falta de interação entre os proprietários com o processo de planejamento e gestão. Porém, Andreozzi (2005) salienta que este fato pode ser superado ao incorporar a propriedade como elemento constituinte e atuante nas relações que ocorrem nas bacias hidrográficas. Isto significa que cada parcela do espaço (cada propriedade) pode ser considerada em seu todo e, ao mesmo tempo, em sua relação com as demais parcelas.

Neste quadro a bacia hidrográfica constitui-se, portanto, em uma unidade de planejamento e gestão, em que se devem considerar integralmente seus elementos bióticos e abióticos e as relações estabelecidas entre eles.

Para a caracterização e monitoramento desses problemas, a adoção de dados de Sensoriamento Remoto e de técnicas de Geoprocessamento, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), tem propiciado mais precisão e agilidade nestes estudos, possibilitando a identificação e o mapeamento desses recursos terrestres, dedicados a estudos ambientais (GARCIA, 1982).

Portanto, a utilização combinada das técnicas de Sensoriamento Remoto e dos SIGs pode contribuir para avanços nas pesquisas relativas ao manejo de diferentes culturas, tais como da cultura da cana-de-açúcar e outras, permitindo a estimativa de sua produtividade e disponibilizando informações sobre os possíveis riscos ambientais, através, por exemplo, da estimativa da perda de biomassa e solo em análise temporal derivada do manejo dessa cultura ao ambiente em que estão inseridos.

2.3. Pressuposto científico: A inclusão das propriedades rurais como elemento atuante no processo de erosão das vertentes

A erosão acelerada, conforme já enfatizado pelo USDA Soil Conservation Service (1948), é resultado do desequilíbrio, em geral provocado pela atuação antrópica, que se desencadeia num lapso de tempo a partir da modificação de algum componente da paisagem. Observa-se sempre um forte sinergismo entre a dinâmica da ocupação das terras e processos erosivos dos solos (PINTO 1991).

Dentre as diversas formas de erosão, a erosão hídrica é a que causa conseqüências mais graves à população. Souto e Crestana (2000) descrevem que os problemas derivados da erosão hídrica de superfície resultante do escoamento das águas pluviais, podem ser de distintas grandezas. Nos locais onde ocorrem os processos erosivos, verifica-se a perda da capacidade produtiva, devido à remoção dos horizontes superficiais, por outro lado, os excedentes hídricos que chegam até a rede de drenagem da bacia hidrográfica transportam sedimentos, nutrientes e agroquímicos que contaminam as águas superficiais.

O escoamento superficial das águas pluviais gerado nas vertentes, no contexto das bacias hidrográficas, pode ser interpretado como uma “produção” de água para escoamento rápido e, portanto, as vertentes seriam vistas como fontes produtoras. Este mesmo raciocínio pode ser aplicado aos sedimentos. As vertentes produzem os sedimentos como parte dos processos de erosão hídrica, e estes são transportados com a água pela rede de drenagem, não sendo possível considerar a vertente e os rios como entidades separadas (TUCCI, 2000).

Neste contexto, a bacia hidrográfica constitui-se em uma unidade de planejamento e gestão, em que se deve considerar integralmente seus elementos bióticos e abióticos e as relações estabelecidas entre eles.

Com base no que foi exposto até o momento, pode-se estabelecer a seguinte premissa que conduza futuros trabalhos: o processo de erosão dos solos, causado pela ação do escoamento superficial das águas pluviais, pode ser condicionado, também, pelo parcelamento das vertentes, resultante da ocupação agrícolas das terras, no contexto das diferentes propriedades rurais contidas na bacia hidrográfica.

A elaboração de trabalhos conduzidos a partir desta premissa permitirá que o fenômeno “erosão” seja analisado em outra perspectiva, possibilitada em função da

adoção de uma nova escala espacial. Assim, a propriedade rural pode ser abordada em si mesma, como um complexo universo de estudo, considerando que esta encerra atributos sociais, físicos, econômicos e políticos; que podem ser tratados e apontados como prováveis elementos responsáveis pelo processo de degradação das vertentes.

2.3 Geotecnologias Aplicadas no Estudo Ambiental

2.3.1 Sensoriamento Remoto

Conforme Ponzoni e Shimabukuro (2007), o Sensoriamento Remoto é a tecnologia utilizada para identificar e quantificar a distribuição dos alvos de uma determinada região, desde a escala global até a escala local, e utilização de modernos sensores, aeronaves, espaçonaves, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a Radiação Eletromagnética (REM) e as substâncias existentes na superfície terrestre em suas mais diversas manifestações.

As técnicas de Sensoriamento Remoto começaram a ser aplicadas nos estudos de vegetação, no Brasil, a partir da década de 1940, através da utilização de fotografias aéreas em trabalhos localizados e específicos. Um dos marcos do início da aplicação dessa tecnologia se deu com o Projeto RADAMBRASIL, no início da década de 1970, cujo objetivo inicial foi realizar os mapeamentos temáticos dos recursos naturais na região da Amazônia brasileira. Posteriormente esse projeto estendeu-se por diversas outras regiões do território brasileiro.

Após a realização do RADAMBRASIL, avanços ocorreram com a capacitação de profissionais e o desenvolvimento de técnicas de sensoriamento orbital. Este avanço ocorre continuamente até os dias atuais (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007), já que muitas são as possibilidades de aplicações das técnicas de natureza genérica de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, como por exemplo, em estudos urbanos, rurais, da caracterização da vegetação, incluindo, agricultura, florestas, paisagens nativas, planícies de inundação, vegetação urbana e entre outras (JENSEN, 2009).

Na área ambiental, a aplicação do Sensoriamento Remoto, assim como em diversos ramos da ciência, se dá em função de sua capacidade de disponibilizar dados multiespectrais em diversos períodos de tempo, possibilitando a análise de diferentes fenômenos sinopticamente (VALENTE, 2001).

A importância e a intensificação da aplicação das técnicas de Sensoriamento Remoto, em diferentes áreas do conhecimento, especialmente na área ambiental, é devido a sua capacidade de possibilitar a coleta de dados multiespectrais, e em diferentes épocas, oferecendo a oportunidade de analisar os vários fenômenos sinopticamente através do tempo (VALENTE, 2001). Este atributo, associado às diferentes amplitudes espectrais, que os modernos sistemas sensores possuem, fazem com que as imagens de sensoriamento remoto sejam fundamentais nas diferentes aplicações em estudos ambientais.

Sistemas de sensoriamento orbital, tais como o Landsat, e o CBERS, possibilitam a disponibilização sistemática e repetitiva de imagens da superfície terrestre, sendo possível, através delas, identificar mudanças nos alvos, numa mesma área em diferentes períodos.

2.3.2 Do Geoprocessamento ao Sistema de Informação Geográfica

O armazenamento, a representação e a análise de informações espaciais em ambiente computacional permitiram o surgimento do Geoprocessamento. O termo *Geoprocessamento* tem vários significados de acordo com diferentes autores. Alguns explicam como um conjunto de tecnologias, outros como disciplina do conhecimento, além de casos que lhe tratam como sinônimo de Sistemas de Informação Geográfica e de Geotecnologias. O que há de comum entre essas explicações conceituais é a referência espacial dos dados. Vejamos alguns exemplos:

“O geoprocessamento pode ser definido como sendo o conjunto de tecnologias destinadas a coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação. Em linhas gerais o termo geoprocessamento pode ser aplicado a profissionais que trabalham com processamento digital de imagens, cartografia digital e sistemas de

informação geográfica. Embora estas atividades sejam diferentes elas estão intimamente interrelacionadas, usando na maioria das vezes as mesmas características de hardware, porém software distinto.” (ROSA & BRITO, 1996, p.7).

“(…) o termo *Geoprocessamento* denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de *Sistemas de Informação Geográfica (GIS)*, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.” (CÂMARA; DAVIS & MONTEIRO, p.1).

“Também conhecidas como “geoprocessamento”, as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para a coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. (...)”. ROSA (2005, p.81).

Diante da exposição anterior, percebe-se algumas discordâncias à cerca do termo *Geoprocessamento*. Neste sentido, discorda-se da afirmação de que o geoprocessamento seja simplesmente sinônimo de geotecnologias. Geotecnologias são os diversos equipamentos, os softwares, os produtos gerados e outros que estão envolvidos desde a coleta, o tratamento e a saída dos dados. A respeito do *Geoprocessamento*, ele é entendido neste trabalho como o conhecimento e arte de fazer integrar todas essas geotecnologias com conhecimentos que utilizam de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações georreferenciadas. Quanto à elaboração dos Sistemas de Informação Geográfica foi gradual e teve início a partir do pós-guerra, década de 1950, relacionando-se aos avanços tecnológicos na área de informática. As primeiras tentativas de processamento de dados espaciais ocorreram nos Estados Unidos e na Inglaterra, e tinham o objetivo de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas. Na década de 1960, surgiram no Canadá os primeiros Sistemas de Informação Geográfica. Tratava-se de sistemas difíceis de serem usados em função da qualidade dos produtos obtidos e dos custos para manter o sistema. A partir da

década de 1970 apareceram sistemas mais rápidos, com melhor qualidade e menor custo. Nessa época foi criada a expressão *Geographic Information System* e também apareceram os primeiros programas CAD (*Computer Aided Design*, ou projeto assistido por computador).

Acompanhando a todos esses avanços também houve contribuições das análises matemáticas aplicadas aos computadores. Mas até então apenas grandes organizações tinham acesso a essas tecnologias em função dos custos operacionais e dos computadores que eram necessários. Já na década de 1980 iniciou-se uma fase de acelerado crescimento que continua até o momento atual, houve uma progressiva diminuição dos custos operacionais e dos equipamentos de hardware (surgimento e evolução dos microcomputadores) que incentivaram a difusão e popularização dos GIS, o aumento de seu emprego e o desenvolvimento de pesquisas sobre essas tecnologias. Atualmente, percebe-se o aumento da participação dos GIS nas análises espaciais em diversas organizações (CÂMARA; DAVIS & MONTEIRO, p.1- 3). Os Sistemas de Informação Geográfica são, basicamente, softwares com uma característica principal bem definida – a análise espacial –, conforme observamos em BURROUGH (1986) ao distinguir SIG (GIS) de CAD:

“The major differences between GIS and CAD systems are the much greater volume and diversity of the data input to GIS systems and the specialized nature of the analysis methods used. These differences can be so large that an efficient system for CAD may be quite unsuitable for GIS and vice versa.”
(BURROUGH, 1986, p.7).

Apesar disso, existem definições de SIG mais complexas. Por exemplo, há definições baseadas no conceito de sistema e de outros componentes que atuam no funcionamento do SIG. Vejamos algumas:

“Um SIG pode ser definido com um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre. Portanto, o sistema de informação geográfica é uma particularidade do sistema de informação no sentido amplo. Essa tecnologia automatiza tarefas até então realizadas

manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes.” (ROSA & BRITO, 1996, p.8).

“O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial; oferecem ao administrador (urbanista, planejador, engenheiro) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, interrelacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum – a localização geográfica. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica.” (CÂMARA; DAVIS & MONTEIRO, p.3-1).

A diferença dos SIGs para outros softwares é a capacidade de armazenar a geometria dos objetos e seus atributos relacionando a um banco de dados georreferenciado. De acordo com CÂMARA; DAVIS & MONTEIRO (p.3-1), “há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- como ferramenta para produção de mapas;
- como suporte para análise espacial de fenômenos;
- como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.”

2.3.3 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Com o avanço das Geotecnologias, cada vez mais são utilizadas técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG com a finalidade de se realizar estudos ambientais. No caso das técnicas de sensoriamento remoto, elas permitem uma visão sinótica do espaço geográfico, e seus produtos podem ser adquiridos num pequeno intervalo temporal, garantindo o recobrimento sistemático da área de estudo. Estas técnicas são necessárias, já que dentre suas inúmeras finalidades, destaca-se a aquisição de dados através de sistemas orbitais e levantamentos aéreos, e a geração e análise

destes produtos em função do comportamento espectral dos alvos que recobrem a superfície terrestre.

No caso específico dos SIG's, de acordo com Câmara (1995), estes Sistemas são baseados em sistemas computacionais que permitem capturar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados. Essa tecnologia “pode trazer enormes benefícios devido à sua capacidade de manipular a informação espacial de forma precisa, rápida e sofisticada” (GOODCHILD, 1993 apud INPE, 2010).

Os dados tratados em SIG são de natureza espacial ou geográfica que possuem localização em coordenadas e atributos descritivos dispostos em um banco de dados. Esses dados, além disso, não se apresentam sozinhos no espaço, havendo a necessidade de interpretação da relação entre diversos tipos de dados em uma representação (CÂMARA, 1995).

Tendo tais aspectos em vista, as principais potencialidades dos SIGs consistem na geração de mapas com maior agilidade; no ajuste de mapas em diferentes formatos; na minimização do uso de mapas impressos; na geração de representações em 3D; na agilidade na manipulação de dados e sobreposições de mapas temáticos para a elaboração de mapas de síntese, através da integração, numa só base de dados, de informações geográficas oriundas de várias fontes (dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite e modelo numérico do terreno); na análise da distribuição espacial de dados e fenômenos (análise espacial); e na recuperação, manipulação e visualização de dados, por meio de algoritmos de manipulação e análise.

A título de exemplos, no caso específico da agricultura (e principalmente do cultivo de cana-de-açúcar), alguns trabalhos podem ser evidenciados sendo capazes de demonstrar a ampla aplicabilidade das ferramentas de Geoprocessamento e do uso de Sensoriamento Remoto neste segmento.

Ometto et al. (2005), por exemplo, avaliaram as categorias de potenciais de impactos ambientais; aquecimento global, formação de ozônio troposférico, acidificação e toxicidade humana da queimada de cana-de-açúcar no Brasil. Para o cálculo dos potenciais impactos a quantidade de gases foram ponderadas para cada categoria de impacto de acordo com o método EDIP (Environmental Development of Productor) e com os indicadores de Wenzel et al. (1997).

Rudorff et al. (2004), utilizaram imagens de satélite para mapear e estimar a área de cana plantada para a safra 2003/2004 em São Paulo, em seu trabalho intitulado “Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento: ano safra 2003/2004”.

Mariano (2007) avaliou a possível relação da transparência óptica da atmosfera com a queima de biomassa em três regiões diferentes do Brasil utilizando, dentre outros equipamentos, o sensor MODIS, em seu trabalho “Influência das queimadas de biomassa (florestas e cana-de-açúcar) do Brasil na espessura óptica dos aerossóis”.

Lira et al. (2009) no trabalho intitulado “Análise espectral de índice de vegetação em área irrigada com cana-de-açúcar” utilizaram imagens do sensor TM-Landsat 5 da área do sub-médio São Francisco, a fim de avaliar o comportamento espectral da cultura de cana-de-açúcar por meio dos Índices de Vegetação.

Brandão et al. (2009) no trabalho “Distinção de classes de cana-de-açúcar através do NDVI” tiveram como objetivo comparar a evolução temporal do Índice de Vegetação - NDVI para os dois tipos de lavouras de cana-de-açúcar.

3. OBJETIVOS

Caracterizar o meio físico da sub-bacia do Ribeirão das Águas Claras, situado no estado de São Paulo, através da utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas.

3.1 Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos, tem-se o de caracterizar a geologia, a geomorfologia, a pedologia, a morfometria, a declividade, a pré disposição aos processos de dinâmica superficial, a perda de solo, a hidrografia e o uso e ocupação do solo da área de estudo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com as formas de classificação de pesquisa (Gil, 2002; Silva e Menezes, 2005), do ponto de vista da natureza do trabalho, a pesquisa foi aplicada com o intuito de gerar conhecimentos à aplicação prática.

Levando-se em conta as características e os condicionantes ambientais da região, os estudos contemplaram a Sub-Bacia do Ribeirão Águas Claras, localizado na Bacia do Rio Pardo, na altura do Médio Pardo.

Para o diagnóstico dos aspectos relacionados ao meio físico, foram realizados trabalhos de gabinete e vistorias de campo, sendo assim foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- ✓ Coleta de dados secundários, obtidos de trabalhos e estudos anteriores;
- ✓ Análise de bases cartográficas da região, com escalas de 1:50.000 e 1:10.000;
- ✓ Análise de imagens de satélite, CBERS do ano de 2010;
- ✓ Levantamentos de campo;
- ✓ Mapeamento do uso e ocupação do solo e geração de mapas temáticos.

3.1 Coleta de dados secundários

Esta etapa baseou-se em levantamento bibliográfico, a partir da análise de material científico ou técnico, constituído principalmente de livros, produções técnicas, mapas, artigos de periódicos e de material geral relacionado ao meio físico da área de estudo, disponibilizado em forma digital ou impressa.

3.2 Levantamento de campo

Para a realização do procedimento metodológico em campo, houve a

varredura do terreno de acordo com as condições oferecidas, que foram: visibilidade superficial do solo, acessibilidade, topografia, grau de antropização, bem como a presença de características favoráveis à ocupação humana. Este procedimento compreendeu uma observação sistemática da superfície por meio de caminhadas orientadas, registro fotográfico em meio digital e registro das coordenadas métricas UTM (Universal Transversa de Mercator) dos pontos observados e registrados por meio de GPS (Global Position System). Procedeu-se à definição de pontos de controle com o registro de coordenadas UTM, *datum* SAD 69, utilizando Sistema de Posicionamento Global (GPS) e espacialização das informações em carta planimétrica.

3.3 Análise de bases cartográficas

Houve a aquisição da documentação cartográfica de base, referente às folhas das cartas topográficas na escala de 1:10.000 produzidas pelo IGC/SP, que também se encontram em formato digital, e também das cartas topográficas nas escalas de 1:50.000 (IBGE). Posteriormente, houve a conversão dos dados analógicos para meio digital, através da utilização de Scanner A0 e A3, quando houve a vetorização e georeferenciamento dos arquivos, por meio dos softwares AUTO/CAD, AUTO/CAD MAP V. 2004 e Idrisi 32.

3.4 Análise de imagens de satélite

Neste estudo foram utilizadas imagens digitais, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, coletadas pelo sensor “Couple Charged Device”, presente no China-Brazil Earth-Resources Satellite - CBERS 2B, referente à órbita 155, ponto 124, com passagem em 02/02/10 estando no formato .tiff para o software de SIG. O SIG utilizado para o geoprocessamento das imagens foi o IDRISI 32, também foi utilizado o software AutoCAD 3D 2010 para realizar a vetorização da área de interesse. A primeira etapa do geoprocessamento foi o georeferenciamento da carta topográfica da sub-bacia do Ribeirão Águas Claras (Escala: 1:30.000). De posse das coordenadas geográficas que limitam a área de estudo da bacia pôde-se

utilizar a função “Window” do IDRISI para recortar as imagens e, com base no arquivo digitalizado e georreferenciado da área foram encontrados pontos em comum com as imagens para a composição de uma tabela de referência necessária para o georreferenciamento dos recortes com o uso da função “Resample”, o erro RMS ficou menor que 0,5. Para o georreferenciamento da carta e das imagens foi utilizado o sistema de coordenadas UTM, sendo a região localizada na zona 23 sul. O datum utilizado foi o Córrego Alegre. Com as bandas georreferenciadas, foi realizado o processo de composição da imagem RGB (Red Green Blue), utilizando-se da função “Composite” do IDRISI. Para a composição do vermelho (R), verde (G) e azul (B) foram utilizadas as bandas 3,2 e 1 respectivamente. A composição colorida foi recortada novamente, agora no limite preciso da sub-bacia por meio da ferramenta “Initial” do Idrisi 32, a imagem foi exportada no formato .jpg para o AutoCAD 3D 2010, onde, assim como os outros mapas, foi adicionado um grid e a legenda.

3.5 Mapeamento do uso e ocupação do solo

Inicialmente foi gerada uma composição falsa cor com a combinação das bandas 3(R), 2(G), 1(B). Posteriormente, esta composição foi georreferenciada no sistema de coordenadas UTM, empregando-se a ferramenta RESAMPLE, tendo como pontos de controle coordenadas extraídas das cartas planialtimétricas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em escala de 1:50000, dos municípios de Cajuru (SF-23-C-V-II-3) e Santa Rita do Passa Quatro (SF-23-C-V-1), ambas editadas em 1971.

Para a construção do mapa de uso e ocupação do solo foi utilizado o método de classificação supervisionada, no qual as ocupações do solo foram identificadas e diferenciadas entre si de acordo com a resposta espectral, sendo as áreas de treinamento delimitadas por polígonos traçados sobre cada uso da terra na imagem. A partir do resultado obtido por este procedimento, as classes foram nomeadas como:

- Mata ciliar;
- Remanescentes de vegetação nativa;
- Solo em preparo para agricultura;

- Cana-de-açúcar: estágio intermediário;
- Cana-de-açúcar: estágio avançado.

4. LOCALIZAÇÃO E INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DA BACIA DO RIO PARDO

Segundo o Relatório Zero (IPT, 2000), a partir de discussões com o Comitê de Bacias Hidrográficas PARDO, a Bacia do Pardo foi dividida em seis sub-bacias, as quais foram ordenadas aproximadamente de oeste para leste e de norte para sul, conforme apresentado na Figura 01:

Figura 01: Sub-bacias da UGRHI 04



Fonte: Comitê das Bacias hidrográficas – Pardo (2003).

A UGRHI 04 (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 04) é definida pela bacia hidrográfica do rio Pardo e seus tributários, a montante do rio Mogi-Guaçu, representando importante região socioeconômica no Estado. E é nela que foi adotada como área de estudo o limite dos municípios de Santa Rosa de Viterbo e São Simão, que pode ser observado pelo contato entre a sub-bacia 03, que contempla o município de Santa Rosa de Viterbo e a sub-bacia 02, que contempla o município de São Simão. Já em relação ao estado a figura 02 destaca a relação dos municípios dentro do território estadual.

Figura 02: Localização dos municípios de Santa Rosa de Viterbo e São Simão no Estado de São Paulo



Fonte: Comitê das Bacias hidrográficas – Pardo (2003).

O município de Santa Rosa de Viterbo possui aproximadamente 24 mil habitantes em uma área de 289,67 km². O Produto Interno Bruto (PIB) do município é resultado principalmente de atividades industriais e do setor de serviços. Já São Simão possui população estimada em 14.300 habitantes (IBGE, 2009), e ocupa uma área de 618 km². Seu PIB, diferentemente de Santa Rosa de Viterbo, possui como base atividades agrícolas e o setor de serviços, principalmente.

4.1 Aspectos históricos regionais

A ocupação da região se deu especialmente a partir da decadência da mineração no Estado de Minas Gerais. Pecuaristas vindos da região da Mantiqueira chegaram à zona Mogiana em busca de novas oportunidades nas terras férteis do planalto paulista. O desenvolvimento econômico da região estruturou-se nas atividades agropecuárias, criação de gado e produção de açúcar, no século XVIII; e, posteriormente, com a cultura do café, no século XIX. Nesse processo de ocupação destaca-se a atividade cafeeira, que exerceu grande influência no crescimento demográfico e econômico nas regiões, além das alterações ambientais, como a

degradação do solo e os processos erosivos instalados após o abandono das áreas e, conseqüentemente, os impactos nos recursos hídricos (SIGRH, 2010).

A história oficial de Santa Rosa de Viterbo registra que o antigo território onde hoje se encontra o município era antigo pouso de tropeiros e transformou-se, aos poucos, em um centro de apoio a viajantes na rota para o sertão paulista. O avanço da Companhia Mogiana de Estrada de Ferro em direção a Ribeirão Preto, possibilitou a penetração de várias famílias, a procura de campos para criação de gado, café, toucinho e queijo, produtos que deram sustentação às fazendas então formadas.

A estrada para carro de boi que o coronel Francisco da Cunha Bueno Jr. abriu, ligando Cajuru à estação Cerrado, da estrada Mogiana, depois de passar pela sua fazenda Bella Vista, passava na porta da capela da fazenda Lagoa, município de São Simão, também pertencente à Bella Vista.

O casal Feliciano doou alguns alqueires junto à capela, para fundação do patrimônio, que logo recebeu seus primeiros moradores. O desenvolvimento fez-se notar sendo criado, em 1893, um distrito policial na povoação e três anos depois, o Distrito de Paz. De acordo com a tradição oral local, tal igreja foi construída por volta de 1884, em terrenos doados por diversos proprietários, dentre eles o casal Feliciano Pinto do Carmo e Francisca de Paula do Espírito Santo. Pouco antes daquele ano, os sitiantes das redondezas faziam terço para Nossa Senhora Aparecida, na casa de Francisca; localizada nas imediações da atual Rua do Comércio e por conta dessa devoção e culto à igrejinha foi erguida. Mas, ao comprar a imagem da santa para por no altar, a mulher foi enganada pelo mascate que lhe entregou uma imagem de Rosa de Viterbo. O padre de Cajuru, ao benzer a imagem, desfez o engano e incentivou o culto à italiana. Os fiéis se conformaram.

O povoado de Santa Rosa de Viterbo se formou em torno do pequeno templo. Em janeiro do ano seguinte, Henrique Santos Dumont adquiriu terras para constituir a fazenda Amália, marco da história paulista do século XX. Em 1897 quando o Distrito Policial passou a ser também Distrito da Paz, Dumont anexou as suas, as terras do coronel que abriu a importante estrada e Amália foi crescendo. Em 1898, Dumont construiu um ramal ferroviário particular ligando sua propriedade, a fazenda London (atual Amália) à estação Glória (depois Santos Dumont.), na linha tronco da Mogiana. Em 1900 foi construída a primeira usina de açúcar da região que começou

a diversificar o cultivo cafeeiro que reconhecia em seu pai, Henrique Dumont, como principal produtor. Assim dirigiu-se para Santa Rosa de Viterbo a linha férrea da Cia Mogiana de Estradas de Ferro, sendo, posteriormente, estendida até o Município de Cajuru.

Com o passar dos anos a Cia Mogiana incorporou a seu patrimônio todo o ramal, ficando com a linha férrea de Santos Dumont a Cajuru e o Sr. Dumont com a linha férrea somente dentro da Fazenda Amália.

Com a construção da ponte sobre o rio Pardo em 1912, Santa Rosa e Cajuru, finalmente foram ligadas entre si, facilitando, sobremaneira, o comércio entre as duas cidades. O prédio da estação da Mogiana foi construído em 1914, localizando-se no final da Avenida Rio Branco e, por fim, em 1970 a Cia Mogiana extingue o trecho Santos Dumont-Cajuru.

Em 1909 começa a ser construída a Hidroelétrica de Itaipava, no rio Pardo, Dumont vende então o ramal para a Mogiana e os católicos festejam a fundação da Paróquia de Santa Rosa de Viterbo. Nesse período a antiga igreja foi demolida para erguer, a atual Matriz. Em 1910 o povoado fica independente de São Simão e nasce o município de Ibiçara. Em 1912, por novo decreto estadual, Ibiçara deixa de existir e Santa Rosa passa a ser o novo nome. Para poder produzir na sua fazenda Amália, que não parou de crescer até ser vendida em 1920, Dumont mandou buscar italianos e os acomodava em colônias na propriedade. Eles vieram para substituir o braço escravo que ficou indisponível depois da Lei Áurea de 1888. Os imigrantes não se limitaram às lavouras e vieram criar, na vila e depois no município, comércio e indústria.

A esposa de Henrique Santos Dumont, Amália Ferreira Dumont, a quem ele homenageou dando o nome à fazenda que antes foi batizada de London, e seus filhos venderam a herança para um grupo constituído pelo conde Francesco Matarazzo, Cia. Mecânica e Importação de São Paulo e ao Coronel Francisco Schmidt, produtor de café de Ribeirão Preto, e passa a chamar-se Sociedade Agrícola Fazenda Amália. Em 1931 a sociedade é desfeita e o conde Francisco Matarazzo Jr. toma para si a direção de Amália e ampliando a oferta de trabalho no município e região. Não bastasse a usina de açúcar e a destilaria de álcool, o filho de Francesco construiu uma fabrica de conservas, produzia ácido cítrico, papel, enquanto influenciava a política da cidade que viraria Comarca em 1956. Antes, em

1944, Santa Rosa troca seu nome para Icaturama que dura até 1949, quando passa a chamar-se Santa Rosa de Viterbo.

Dos Matarazzo restou, no final do século XX, a fábrica de sabonetes em Amália; e as fábricas de ácido cítrico e a de papel, que foram vendidas nos anos 90.

O complexo iniciado por Dumont, em outras mãos, continua sendo a base industrial do município, e o comércio da cidade, iniciado pelos italianos, desenvolveu-se basicamente nas mãos de seus descendentes.

As principais atividades econômicas da Bacia do Pardo envolvem atividades agroindustriais voltadas para a extração e refino de óleos vegetais, papel e celulose, usinas de açúcar e álcool, bem como de indústrias alimentícias.

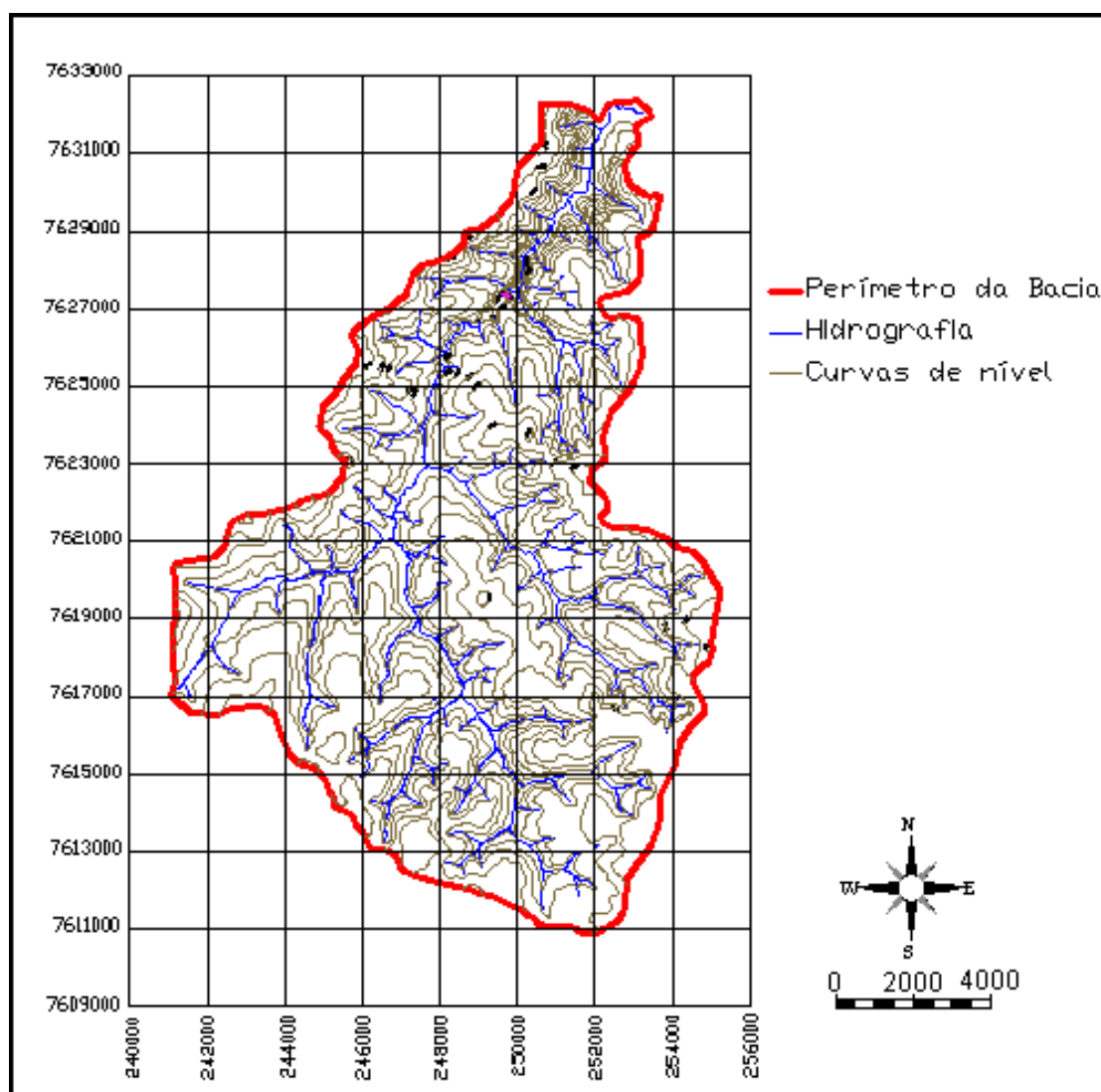
4.2 Cobertura Vegetal Nativa

A Bacia Hidrográfica do Pardo encontra-se inserida no domínio do Cerrado, ocorrendo também encraves de Floresta Estacional Semidecidual. O município de Santa Rosa de Viterbo possui 8,2% do total de sua área com vegetação natural (2.336 hectares); o município de São Simão possui 7,4% do total de sua área com vegetação natural, totalizando são 4.663 hectares (IF, 2005). Grande parte da bacia está inserida em uma região de transição ecológica, onde representantes da fauna e flora de diversas formações fitogeográficas se misturam, formando um ecótono.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados, a seguir, os produtos cartográficos, assim como as análises conduzidas pela abordagem sistêmica, onde há exposição dos produtos cartográficos gerados. De início, têm-se o mapa (figura 03) relativo ao perímetro da área de estudo, compreendido entre as coordenadas UTM-23S 240000m E; 7633000m N e 256000m E; 7609000m N.

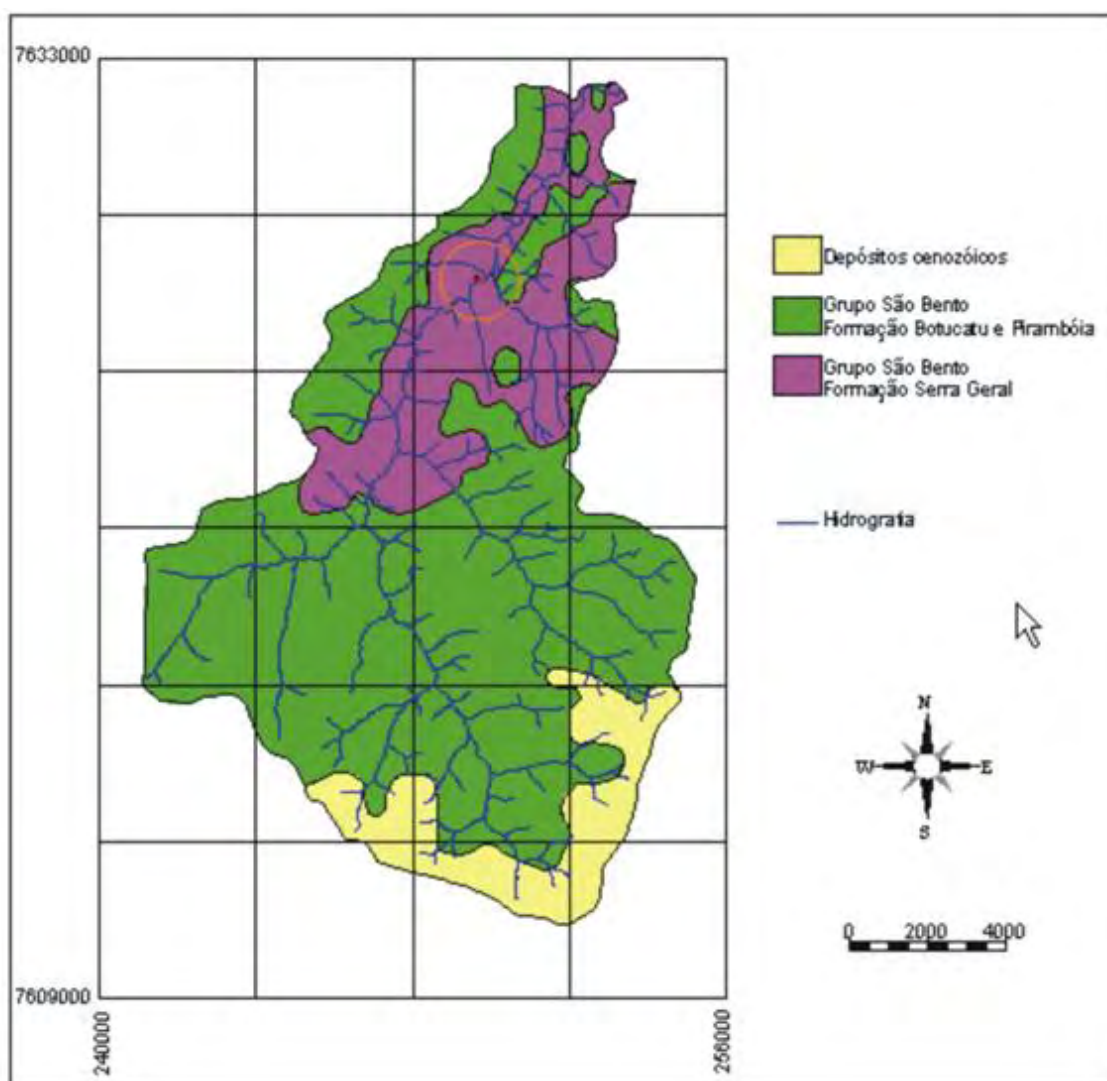
Figura 03: Mapa do Perímetro da Sub-Bacia do Ribeirão Águas Claras



5.1 Caracterização Geológica

Para a construção do Mapa Geológico da Sub-bacia do Ribeirão Águas Claras utilizou-se como referência o relatório gerado pela Cooperativa de Pesquisas Tecnológicas e Industriais (CPTI, 2008) nº 401. A partir do mesmo pôde-se obter o produto de interesse e suas respectivas unidades geológicas, como observado na Figura 04.

Figura 04: Mapa de Caracterização Geológica



Através da análise do produto gerado, foi possível quantificar as respectivas unidades geológicas na área de estudo, como pode ser observado na Tabela 01:

Tabela 01: Quantificação das unidades geológicas existentes

Unidade Geológica	Área (km ²)
Depósitos cenozóicos	18,28
Grupo São Bento formação Botucatu e Pirambóia	112,43
Grupo São Bento Formação Serra Geral	36,30

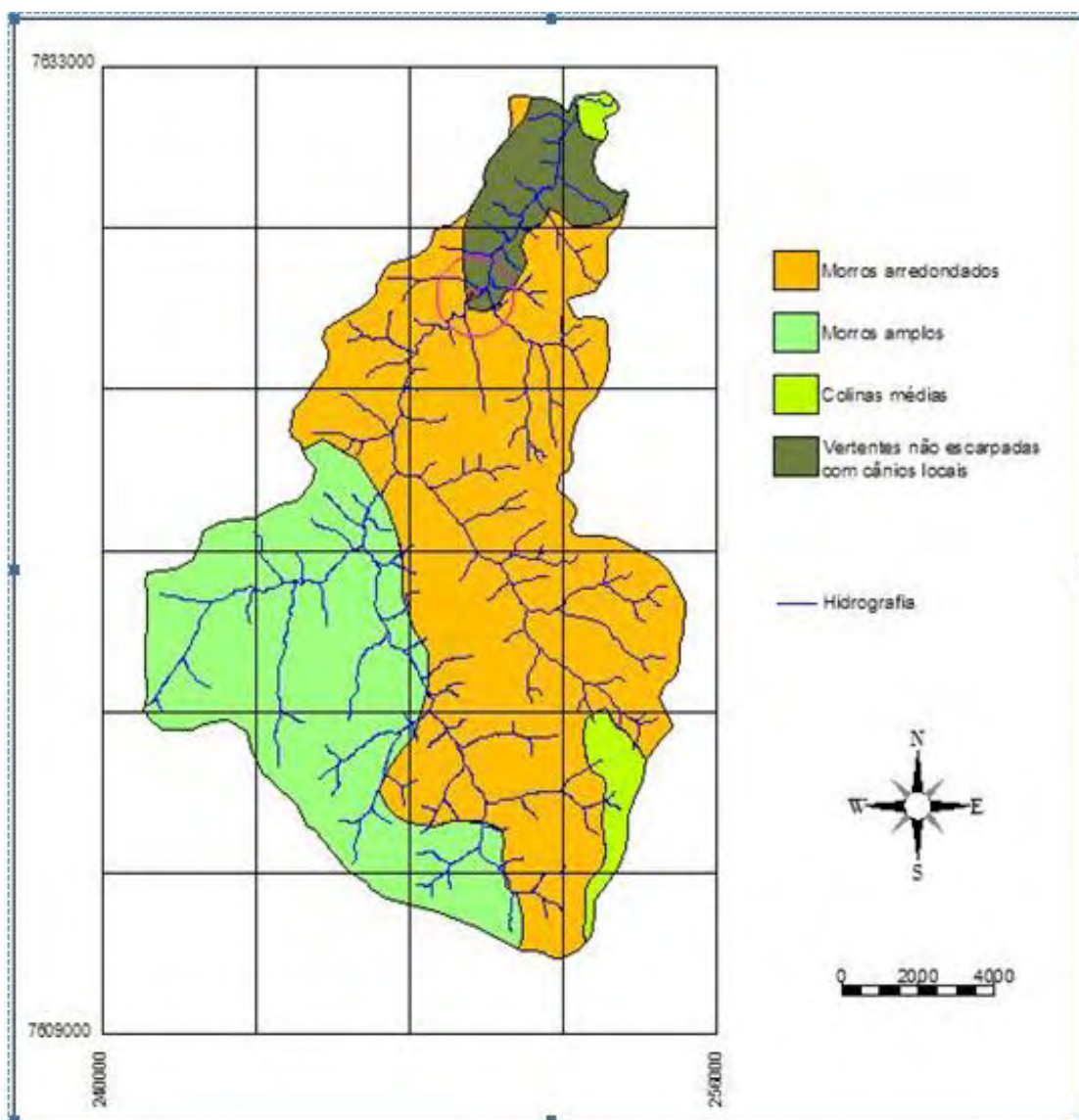
As unidades geológicas observadas são divididas em:

- a) Depósitos cenozóicos: Aquífero Cenozóico, suas características hidrogeológicas são de extensão limitada, porosidade granular, livre, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico;
- b) Grupo São Bento formação Botucatu e Pirambóia: Aquífero Guarani, suas características hidrogeológicas são extensão regional, porosidade granular, livre ou confinado, contínuo, homogêneo e isotrópico;
- c) Grupo São Bento Formação Serra Geral: Aquífero Serra Geral, suas características hidrogeológicas são extensão regional com caráter eventual, porosidade por fraturas, livre a semi-confinado, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico.

5.2 Caracterização Geomorfológica

Através da adaptação do mapa geomorfológico referente à UGRHI 04 obtida no relatório nº 40.670 criado pelo SIGRH (2010), foi possível a construção do Mapa Geomorfológico da Sub-bacia do Ribeirão Águas Claras (figura 05) e a partir do mesmo obter maiores informações sobre a geomorfologia existente na Área.

Figura 05: Mapa de Caracterização Geomorfológica



Através da observação do mapa foi possível quantificar as respectivas divisões geomorfológicas existentes, como pode ser observado na Tabela 02:

Tabela 02: Quantificação das unidades geomorfológicas existentes

Divisão Geomorfológica	Área (km ²)
Morros Arredondados.	95,79
Morros Amplos	54,82
Colinas Médias.	4,84
Vertentes não escarpadas com cânions locais	10,95

De acordo com a definição proposta por ROSS & MOROZ (1997) e demais dados pesquisados, foi possível efetuar a caracterização geral do relevo:

a) *Depressão Periférica*: A Província Geomorfológica da Depressão Periférica está esculpida quase que totalmente nos sedimentos Paleo-mesozóicos da Bacia. Apresenta características de modelado diversos em função da tectônica, variação litológica e dos graus de atuação dos processos morfodinâmicos dos mais variados ambientes paleoclimáticos. A litologia é representada basicamente por arenitos finos, arcóseos, argilitos, siltitos, calcários e folhelhos. O relevo caracteriza-se por formas suavizadas, levemente onduladas constituídas, segundo IPT (1981c), por: Morros Amplos, Colinas Médias;

b) *Cuestas Basálticas*: Esta província caracteriza-se morfologicamente por apresentar um relevo escarpado nos limites com a Depressão Periférica. Quanto à constituição litológica, tem-se que a Província é dominada por derrames de rochas eruptivas básicas sobrepostos, com extensão de várias dezenas até mais de uma centena de quilômetros, e espessuras de até várias dezenas de metros. Os derrames recobriam depósitos das formações Pirambóia e Botucatu, basicamente formados por arenitos de origem predominantemente eólica. Dentro deste contexto destacam-se os seguintes sistemas de relevo: Colinas Médias, Morros Amplos, Morros Arredondados e Encostas não Escarpadas.

De acordo com ROSS & MOROZ (1997), por ser uma unidade de formas muito dissecadas, com vales entalhados e com alta densidade de drenagem, esta área apresenta um nível de fragilidade potencial alto, estando portanto sujeita aos

processos erosivos do tipo voçorocas, com possibilidade de ocorrência de movimentos de massa nos setores de vertentes mais inclinadas.

Ocorrem os seguintes sistemas de relevo nas duas províncias morfológicas descritas anteriormente:

✓ Colinas Médias: Este sistema de relevo ocorre sobre sedimentos da Formação Pirambóia, rochas da Formação Serra Geral e Depósitos Colúvio-Eluviais. Suas características principais identificam interflúvios com áreas de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas e presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes;

✓ Morros Amplos: Neste sistema de relevo os interflúvios são arredondados com área superior a 15 km², topos arredondados a achatados. As vertentes apresentam perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão dendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas. Estão associados às rochas da Formação Serra Geral e aos sedimentos das formações Botucatu e Corumbataí, além de coberturas Colúvio-Eluviais;

✓ Morros Arredondados: Estão associados às rochas das formações Serra Geral, Botucatu, Pirambóia, Corumbataí e aos sedimentos correlatos à Formação Itaqueri. São constituídos de topos arredondados e localmente achatados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, localmente ravinados. Ocorrem exposições locais de rocha e presença de espigões curtos locais. A drenagem é de média densidade, padrão dendrítico a subdendrítico, com vales fechados;

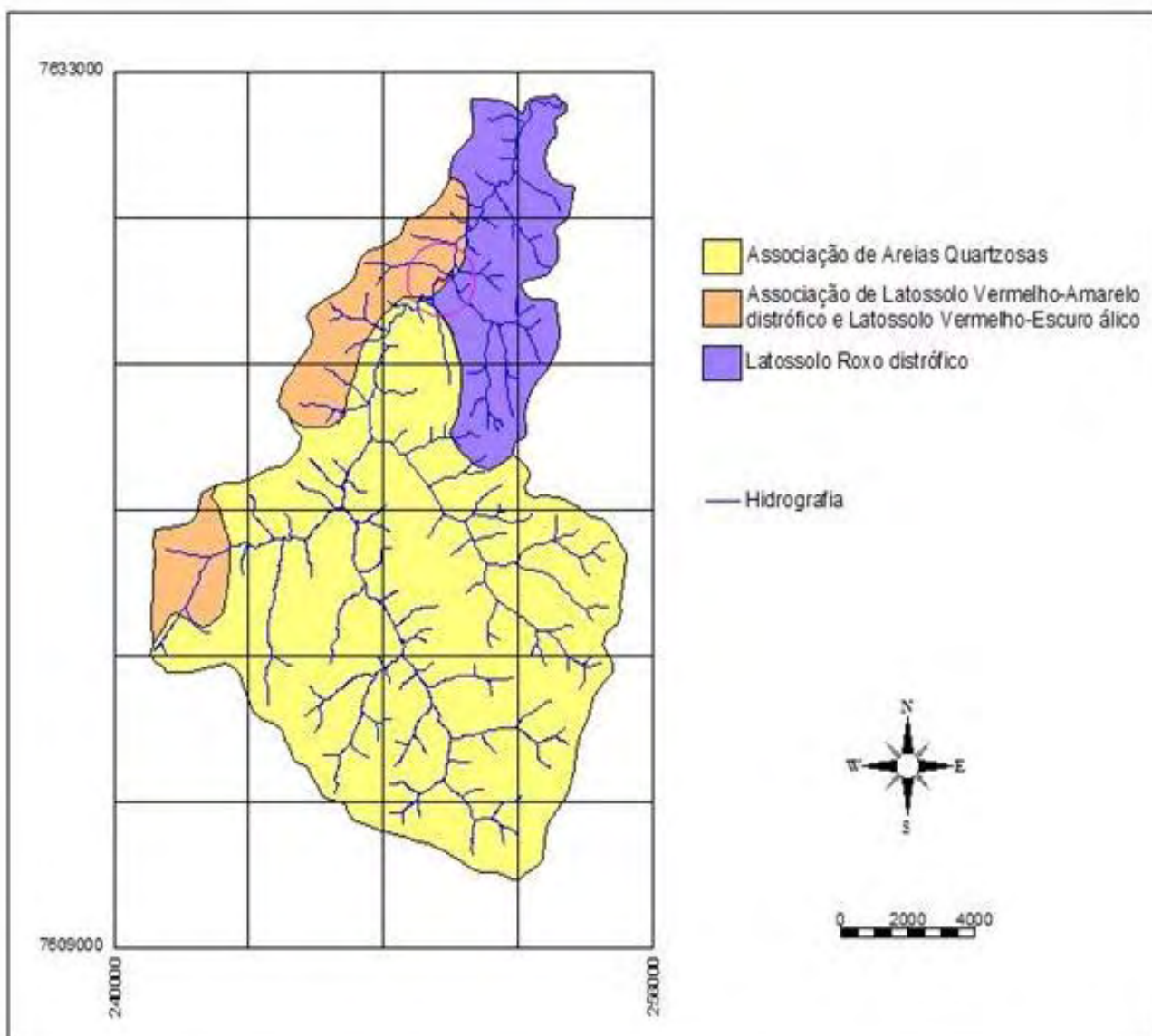
✓ Vertentes Não Escarpadas com *Cânions* locais: Corresponde aos basaltos da Formação Serra Geral. É caracterizada por vertentes com perfis retilíneos a convexos e trechos escarpados, drenagem de média densidade, padrão pinulado, vales fechados, localmente formando *cânions*, e vales principais com fundos chatos.

5.3 Caracterização Pedológica

Através da adaptação do mapa pedológico referente à UGRHI 04 obtida no relatório nº 40.670 gerado pelo SIGRH (2010), foi possível gerar o Mapa Pedológico

da Sub-bacia do Ribeirão Águas Claras (figura 06) e a partir do mesmo obter maiores informações sobre os tipos de solos existentes na área de estudo.

Figura 06: Mapa de Caracterização Pedológica



Através da observação do mapa foi possível quantificar cada área para os respectivos tipos de solos existentes, como pode ser observado na Tabela 03:

Tabela 03: Quantificação dos tipos de solos existentes

Tipo de Solo	Área (km ²)
Associação de Areias Quartzosas.	120,24
Associação de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, e Latossolo Vermelho Escuro álico.	19,65
Latossolo Roxo Distrófico.	26,39

De acordo com o Mapa Pedológico (Figura 06), observa-se que a Sub-bacia é caracterizada fundamentalmente por três grandes grupos de solos (SIGRH, 2010), que são descritos a seguir:

a) Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada: correspondem a solos com horizonte B latossólico (espesso e homogêneo) e coloração vermelha. A textura argilosa e muito argilosa deve-se à pedogênese sobre materiais de alteração de rochas básicas da Formação Serra Geral. O Latossolo Roxo ocorre em relevos de colinas amplas, em ambiente que favorece a lixiviação de bases, e apresenta alto teor de óxidos de ferro; enquanto a Terra Roxa Estruturada está associada a relevos mais movimentados (colinas médias/ serras), geralmente em áreas de cabeceiras de drenagem ou próximas aos fundos de vales. São solos argilosos a muito argilosos, com alto teor de óxidos de ferro e distinguem-se do Latossolo Roxo por apresentar certa concentração de bases nos horizontes inferiores e estrutura prismática ou em blocos bem desenvolvida, enquanto que o Latossolo Roxo mostra-se com estrutura granular e micro-agregada;

b) Latossolo Vermelho-Escuro textura média e Latossolo Vermelho-Amarelo textura média: são solos semelhantes aos anteriores, diferenciando-se principalmente pela constituição granulométrica mais arenosa. Distribuem-se em

extensas áreas de relevo pouco movimentado, constituído por colinas amplas e mais restritos a topos aplainados de relevos mais movimentados de colinas médias e morros;

c) Areias Quartzosas: são solos arenosos pedologicamente pouco desenvolvidos, constituídos essencialmente por minerais de quartzo, excessivamente drenados, profundos e com estruturação muito frágil. O desenvolvimento desses solos é muito influenciado pelo substrato arenítico pobre em minerais ferromagnesianos limitando-se, dessa forma, a áreas de ocorrência das Formações Botucatu e Pirambóia;

Nestes grupos de solos podem ocorrer diversas associações pedológicas, assim denominadas em função da escala de apresentação e descritas a seguir:

✓ Associação de Areias Quartzosas A fraco e moderado e Latossolo Vermelho-Amarelo A moderado textura média, ambos distróficos. Inclusões: Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa, Podzólico Vermelho-Amarelo Tb textura arenosa/média, ambos distróficos, A moderado. Correspondem às rochas dos arenitos Botucatu e Pirambóia. São solos muito suscetíveis ao desenvolvimento de ravinas e boçorocas em condições de escoamento superficial concentrado;

✓ Associação de Latossolo Vermelho-Escuro álico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, ambos A moderado, textura média. Inclusão de Latossolo Roxo distrófico, textura argilosa e Areias Quartzosas álicas, A moderado. Estes solos apresentam, como características habituais, a grande espessura, o favorecimento ao lavradio e à boa drenagem interna. São, no entanto, muito heterogêneos no que concerne à textura e à fertilidade. A grande variação textural, com teores de argila de 16 a 85 % no horizonte B, confere aos solos dessa classe apreciável disparidade quanto à infiltração e capacidade de retenção de água e de nutrientes;

✓ Latossolo Roxo distrófico, A moderado, proeminente e chernozêmico, textura média/argilosa e muito argilosa. Inclusões: Latossolo Vermelho-Escuro distrófico e eutrófico, A moderado, textura média e Terra Roxa Estruturada eutrófica, A chernozênico, textura muito argilosa e argilosa.

5.4 Caracterização Morfométrica

De acordo com Tonello (2005), as características morfométricas da bacia hidrográfica podem ser divididas em características geométricas, do relevo e da rede de drenagem. Neste estudo optou-se por efetuar o cálculo de alguns desses parâmetros, como pode ser observado na Tabela 04.

Tabela 04: Características Morfométricas Geométricas da Sub-Bacia do Ribeirão Águas Claras

Características Morfométricas	Tipo de análises	Resultados
	Área Total	166 km ²
	Perímetro Total	6,27 km
	Coeficiente de Compacidade (Kc)	0,14
Características Geométricas	Fator de Forma (F)	0,37
	Padrão de Drenagem	Dendrítico
	Comprimento do curso d'água Principal	25,54 km

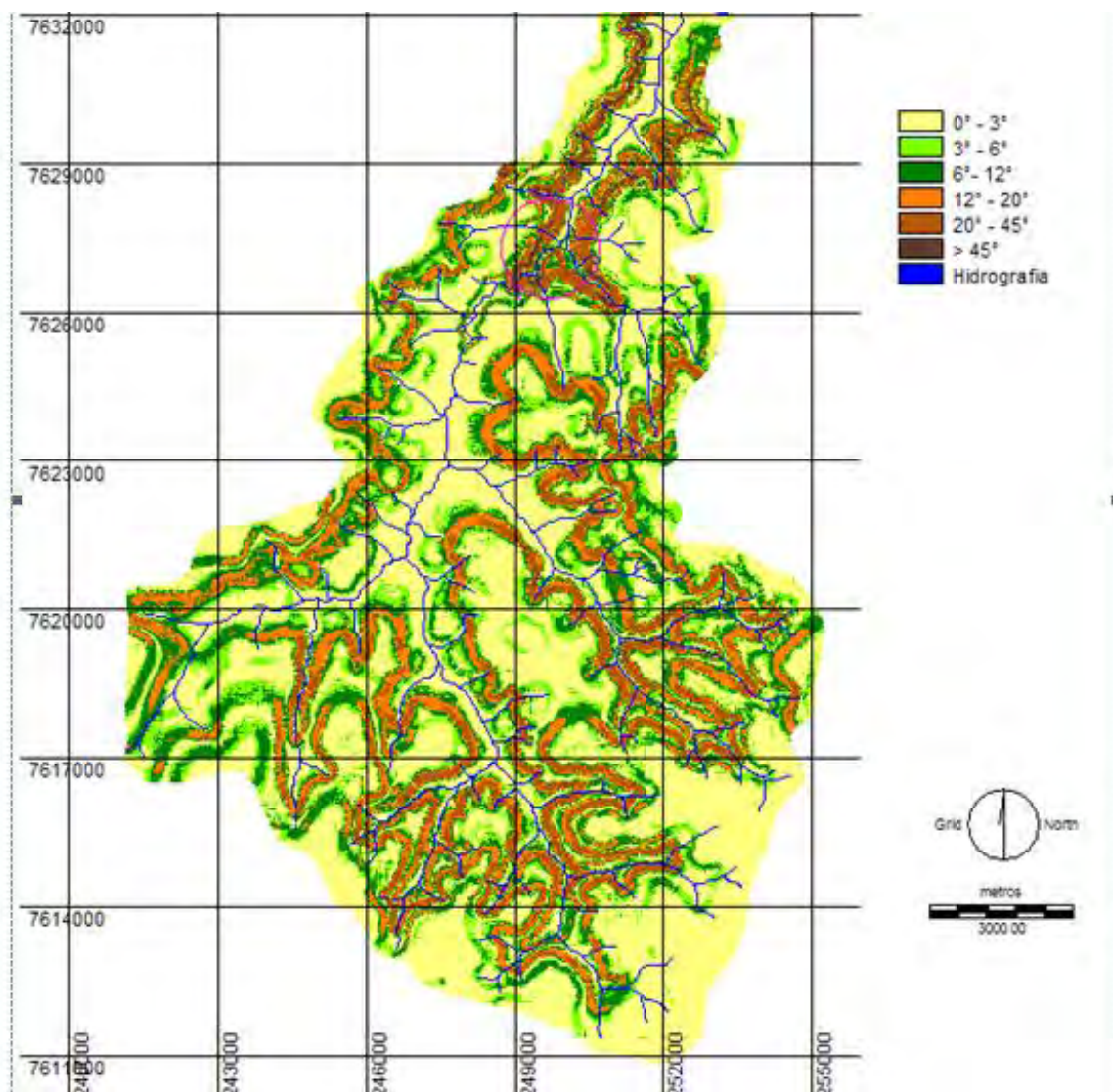
Como se pode observar no caso da Bacia Hidrográfica do ribeirão das Águas Claras tem-se o Fator de Forma (F) intermediário, portanto este resultado indica um risco médio à concentração rápida da água das chuvas para o canal principal. Quanto ao coeficiente de Compacidade (Kc), quando menor que 1 corresponde a uma bacia circular, onde o tempo de concentração é homogêneo para todos os pontos da bacia e, por consequência, há possibilidade de cheias maiores.

A Caracterização Hidrológica da Sub-Bacia do Ribeirão Águas Claras foi gerada a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo, obtida pelo SIGRH (2010). As coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM-23S) utilizadas foram 7632239 N, 253299 E.

5.5. Caracterização da Declividade, Pré-Disposição aos Processos de Dinâmica Superficial e Perda do Solo

Através do Software IDRISI 32 gerou-se o Mapa de Declividade da Sub-bacia do Ribeirão Águas Claras. A Figura 07 representa o Mapa de Declividade.

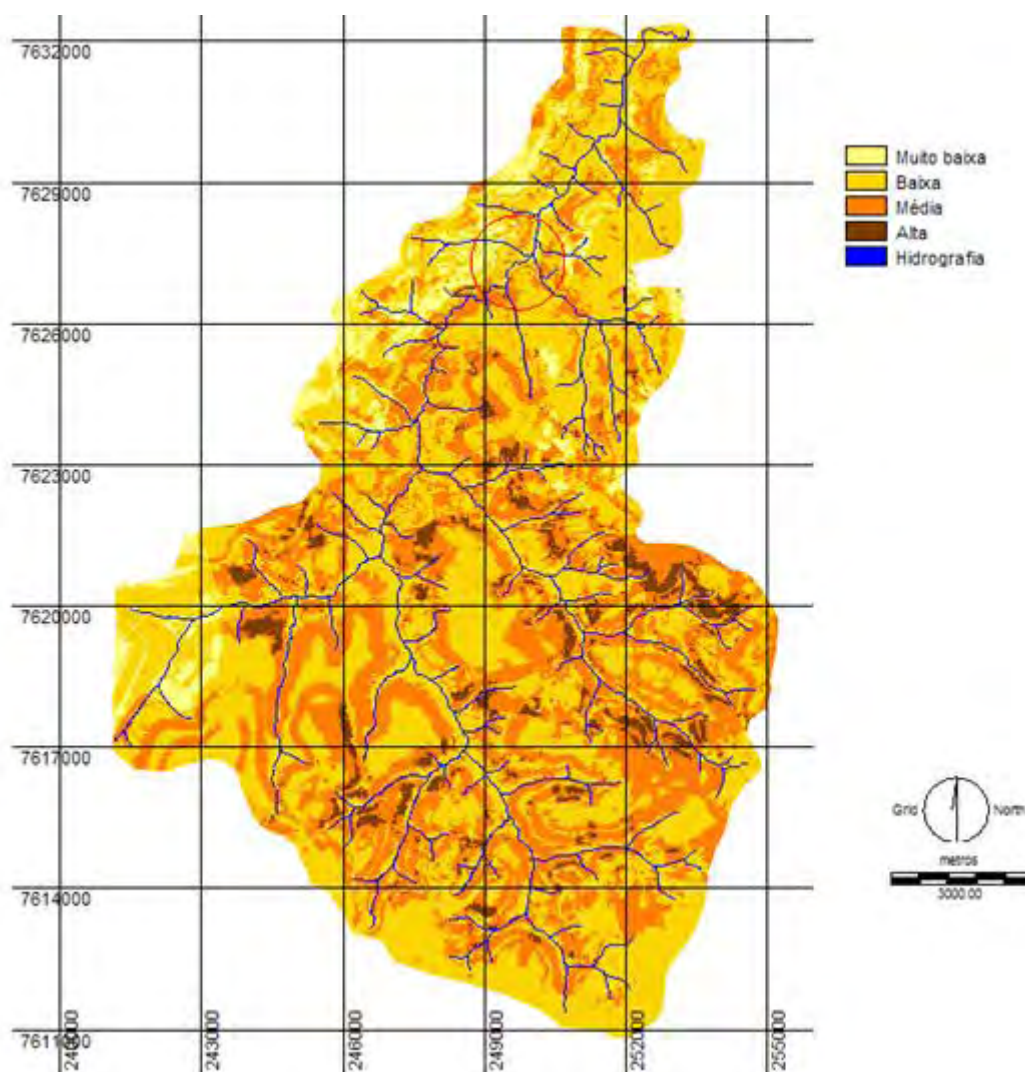
Figura 07: Mapa de Declividade



Através da figura anteriormente citada, pode-se observar a pequena variação altimétrica existente na Sub-bacia do Ribeirão das Águas Claras. Através do Mapa de Declividade é possível observar a predominância de um declive entre 0 e 3°, o que leva à confirmação da predominância de áreas planas na área estudada.

Já a quantificação das áreas pré-dispostas aos processos de dinâmica superficial na sub-bacia pode ser observada na figura 08.

Figura 08: Mapa de classes de pré-disposição aos riscos da erosão hídrica.

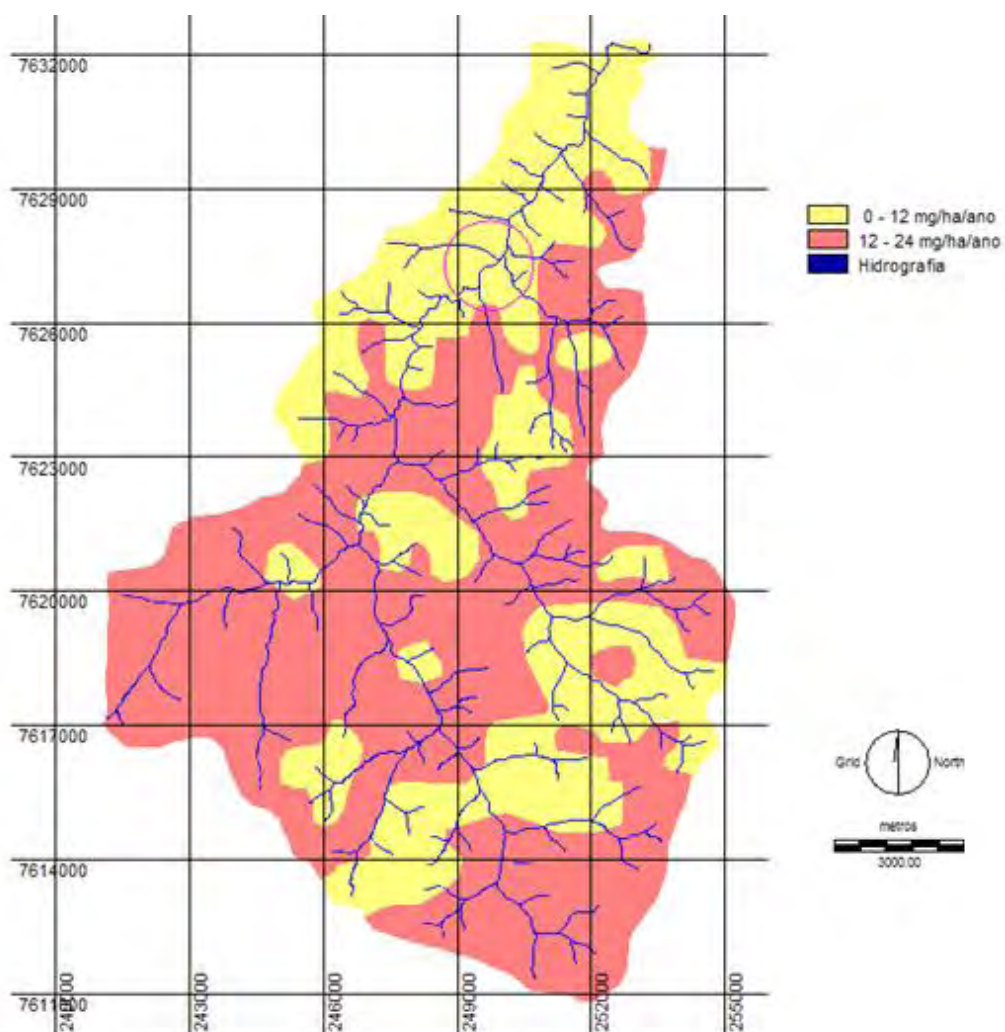


Já em relação à quantificação de área com pré-disposição a processos de dinâmica superficial, a tabela 05 apresenta os valores.

Tabela 05: Pré-disposição a processos de dinâmica superficial

Pré-disposição a processos de dinâmica superficial	Área (km ²)
Muito baixa	8.70
Baixa	90.36
Média	60.30
Alta	6.75

Para se consolidar a questão da pré-disposição aos processos erosivos, o mapa de perda do solo foi gerado a partir de dados secundários obtidos durante a pesquisa bibliográfica (Projeto Ecoagri, 2006). A Figura 09 representa o Mapa de Perda de Solo da Sub-bacia do Ribeirão Águas Claras.

Figura 09: Mapa de Perda de Solo

A Tabela 06 representa a perda de solo ocorrente no interior da Sub-bacia Águas Claras.

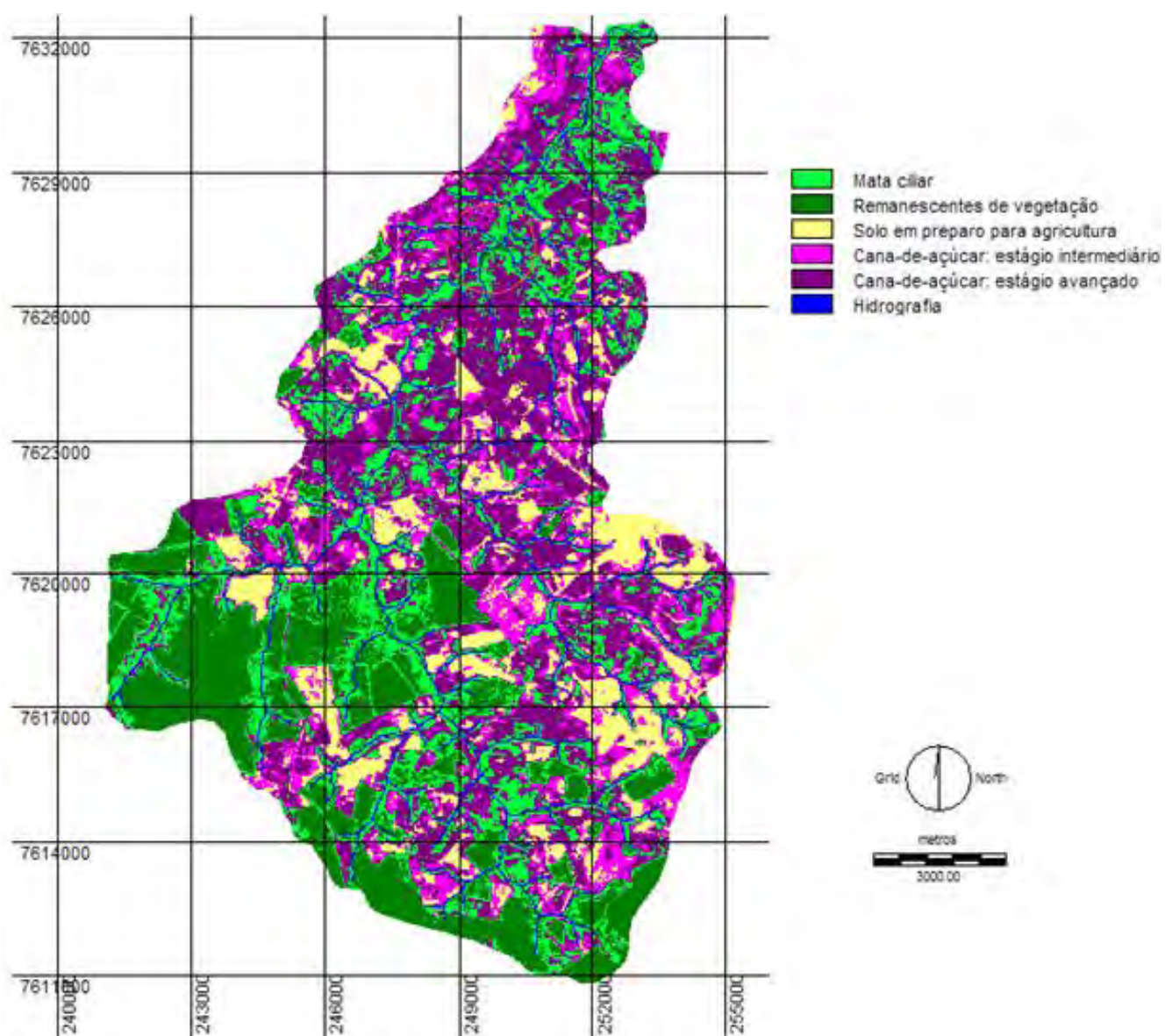
Tabela 06: Quantificação da perda de solo no interior da Sub-bacia do Ribeirão Águas Claras

Perda de Solo ($\text{mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$)	Área (km^2)
0-12	63,87
12-24	102,38

5.6 Mapa de Uso e Ocupação do Solo

O mapa de Uso e Ocupação foi elaborado no ambiente Software IDRISI 32 junto a visitas efetuadas em campo. A Figura 10 representa o Uso e Ocupação existente na Sub-bacia do Ribeirão Águas Claras.

Figura 10: Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Sub-Bacia do Ribeirão das Águas Claras



É possível observar que na região norte da Sub-bacia há o predomínio de áreas de cultura de cana-de-açúcar, assim como parte da região sudeste. As regiões

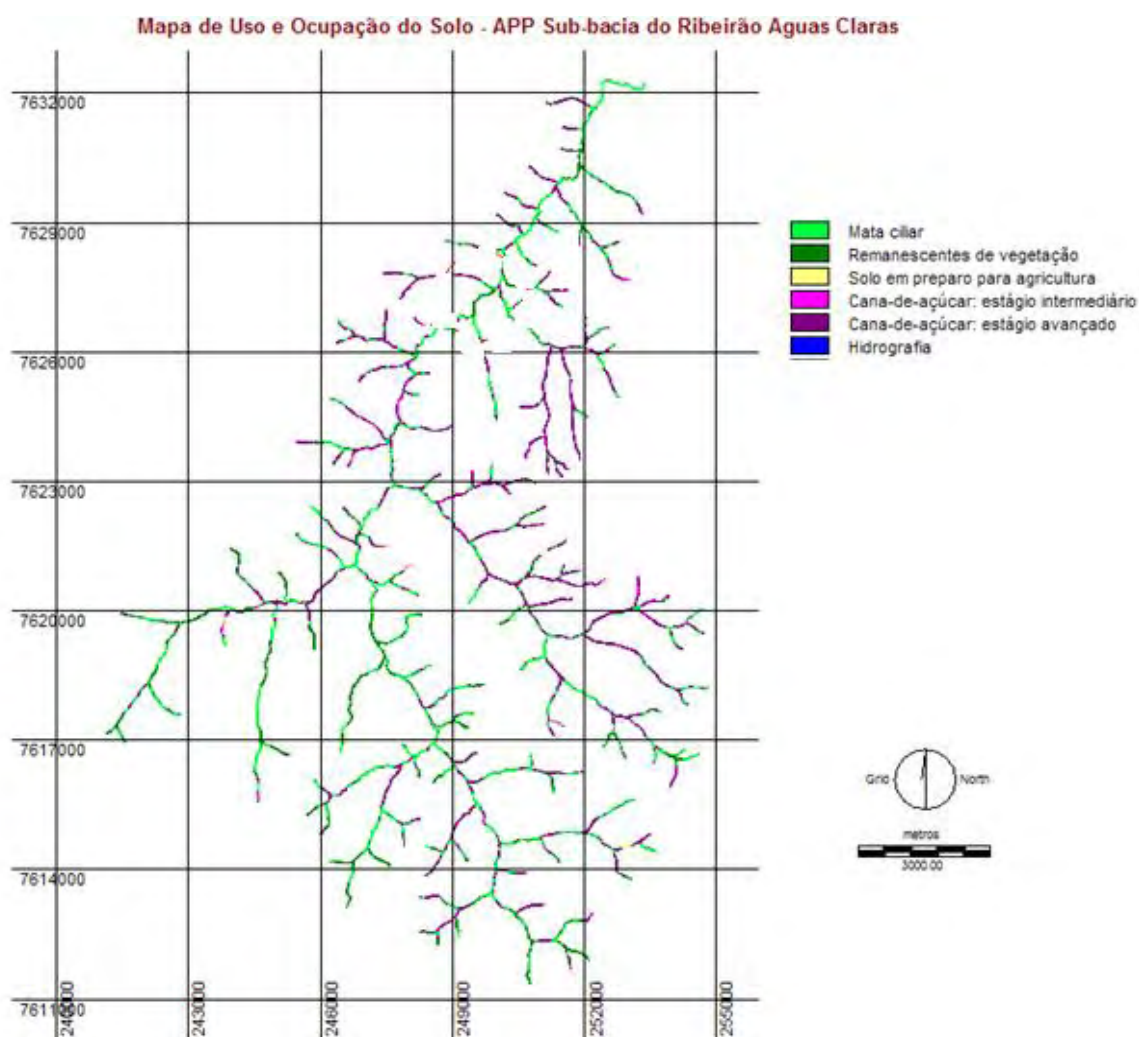
centro-oeste e extremo sul possuem áreas com remanescentes de vegetação relativamente significativos, através da Tabela 07 é possível observar as áreas existentes para cada uso em questão.

Tabela 07: Área ocupada pelas classes para cada tipo de uso específico na Sub-Bacia do Ribeirão Águas Claras

Uso e Ocupação	Área (km ²)
Cana-de-açúcar estágio avançado	56,83
Remanescentes de vegetação	32,91
Mata Ciliar	37,58 AREAS CONSIDERÁVEIS DE VEGETAÇÃO
Cana-de-açúcar estágio intermediário	20,78
Solo em preparo para agricultura	20,61

Para as Áreas de Preservação Permanente, foi também gerado um mapa específico (figura 11).

Figura 11: Mapa de Áreas de Preservação Permanente



A Tabela 08 representa a quantificação do tipo de uso e ocupação do solo existente nas Áreas de Preservação Permanente.

Tabela 08: Área ocupada pelas classes para cada tipo de uso específico na região de APP da Sub-Bacia do Ribeirão Águas Claras

Uso e Ocupação	Área (km ²)	Total (%)
Cana-de-açúcar estágio avançado	3,40	30,33
Remanescentes de vegetação	1,23	10,97
Mata Ciliar	5,76	51,38
Cana-de-açúcar estágio intermediário	0,54	4,82
Solo em preparo para agricultura	0,28	2,50

É possível observar através da análise da Figura 11 e da Tabela 08, que as Áreas de Preservação Permanente encontram-se alteradas, em decorrência da alta utilização das mesmas para cultivo de cana-de-açúcar.

6. CONCLUSÕES

No âmbito dos estudos dedicados à análise do uso e ocupação de terras e técnicas de manejo de bacias hidrográficas, o presente trabalho buscou, ao criar e organizar informações ambientais de sua área de estudo, ser relevante, tanto no aspecto do planejamento físico da área estudada, quanto como exemplo de metodologia de caracterização física em escala regional.

A atual necessidade de trabalhos voltados à preservação e controle ambiental requer a inclusão de tecnologias que possibilitem não somente a extração e análise diagnóstica da área de estudo, mas que viabilizem análises prognósticas, dada a velocidade com que os problemas ambientais ocorrem e que passam a exigir dos órgãos responsáveis tomadas de decisões em curto prazo. Sendo assim, sugere-se a integração das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento como materiais indispensáveis ao procedimento metodológico.

Espera-se que este trabalho tenha oferecido elementos que provoquem a discussão epistemológica a respeito das abordagens teórico-metodológicas utilizadas nos trabalhos científicos, permitindo a realização de estudos que forneçam subsídios concretos ao planejamento de bacias hidrográficas, no contexto do uso e ocupação do solo, com o foco na gestão ambientalmente sustentável.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOZZI, S. L. **Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas: uma abordagem pelos caminhos da sustentabilidade sistêmica**: Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas: Rio Claro, 2005.

ASSIS, A. F. **Conservação do solo**. Campinas: CATI, 1976. 41p.

BARBOSA, C., HESS, L., MELACK, J., NOVO, E. Mapping amazon basin wetlands through region growing segmentation and segmented -based classification jers-1 data. In: **IX Simpósio Latino-americano de Percepción Remota**, Puerto Iguazú, Argentina, November,2000. Disponível em: http://www.icesb.ucsb.edu/LBA/pubs/papers/selper_claudio_barbosa.pdf. Acesso em: 12/11/2010.

BARROW, C.J. **Land degradation: development and breakdown of terrestrial environments**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994

BERTONI, J; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JR., R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agrônômico**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1972 (Circular 20).

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba, Editora Ceres, 1985.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3. ed. São Paulo: Editora Ícone, 1993. 352 p.

BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. In: **Revista Brasileira Ci. Solo**, 30:565-573, 2006

BRANDÃO, et al. Distinção de classes de cana-de-açúcar através do NDVI. In: **Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, Natal, 2009, p. 105-111.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1986, p.1-56.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. MONTEIRO, A. M. V. (Ed) **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 345p.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos**. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia) – Instituto Nacional Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1995.

CAMPBELL, J. B. **Introduction to Remote Sensing**. Guilford Press, New York , 1996.

CARTAS TOPOGRÁFICAS. Disponível em <http://biblioteca.ibge.gov.br/>. Acesso em 16/08/2010

CASTRO, A.G. **Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas geográficos de informações no estudo integrado de bacias hidrográficas**.1992. 145 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 1992.

CASTRO, C.D.; ZOBECK, T.M. Evolution of the topographic factor in the Universal Soil Loss Equation on irregular slopes. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 41, n.2, p. 113-116, 1986.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. (2 ed), São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1981.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS – PARDO - **Plano de Bacia do Rio Pardo (2003)**;

COOPERATIVA DE SERVIÇOS E PESQUISAS TECNOLÓGICAS (CPTI, 2008) - **Revisão do Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (UGRHI-4)**;

CORREA, E. A. **Aplicação de índice de vegetação e da EUPS na análise multitemporal de riscos de erosão do solo em bacia hidrográfica por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Dissertação (mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2010.

CROSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Instituto de Geociências. Editora Unicamp. 1993. 170p.

CUNHA, C. M. L. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária**. Dissertação (Mestrado), Rio Claro, 1997.

DONZELI, P.L.; VALÉRIO FILHO, M.; PINTO, S.A.F.; NOGUEIRA, F.P.; ROTTA, C.L.; LOMBARDI NETO, F. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para o planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. Campinas, **Documentos IAC**, 29:91-119,1992.

EMBRAPA. Disponível em: http://www.embrapa.gov.br/kw_storage/keyword.2007-06-04.9574582965. Acesso em 10/09/2010.

FAO – FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. A framework for land evaluation. Soils Bulletin n.32, 1995.

FLORES, M.X. Uso agrícola do solo: principais tipos de solos, potencial de utilização e impactos ambientais. In: QUEIROZ, T. A. **Análise ambiental: estratégias e ações**. Rio Claro, Editora LTDA, 1995.

FREIRE, O. Uso agrícola do solo: impactos ambientais. In: QUEIROZ, T. A. **Análise ambiental: estratégias e ações**. Rio Claro, Editora LTDA, 1995.

GARCIA, G. J. **Sensoriamento remoto: Princípios e interpretação de imagens**. São Paulo: Nobel, 1982.

GOODCHILD (1993). Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Hara-L-T-1997/cap2.pdf>. Acesso em: 27/10/2010.

HADLEY, R.F.; LAL, R; ONSTAD, C.A. WALLING, D.E.; YAIR, A. **Recent developments in erosion and sediment yield studies**. Paris, França: Unesco, 1985

IMAGENS CBERS. Disponível em <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em 02/08/2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) - Fundação IBGE – 2008/2009;

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS. **Plano Diretor**: conservação dos recursos hídricos por meio da recuperação e da conservação da cobertura florestal da bacia do rio Corumbataí. Piracicaba: IPEF; ESALQ; SEMAE, 2001.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo - bacia do Peixe - Paranapanema. São Paulo, **IPT- Relatório Técnico** n.23.739, 1986

INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo**. São Paulo. 2005. SMA/IF/Imprensa Oficial, 2005;

JENSEN J. **Remote sensing of the environment**: an earth resource perspective. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall, 2000.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação, 2ª imp. rev. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LIRA, et al. "Análise espectral de índice de vegetação em área irrigada com cana-de-açúcar". In: **Engenharia Ambiental**: Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 113-120, jan/abr 2009.

MARIANO, G. L. **A influência das queimadas de biomassa (florestas e cana-de-açúcar) do Brasil na espessura óptica dos aerossóis**. INPE, São José dos Campos, SP, 2007.

MARINHO, E. V. A.; KIRCHHOFF, V. W. J. H. Projeto Fogo: um experimento para avaliar efeitos das queimadas de cana-de-açúcar na baixa atmosfera. In: **Revista Brasileira de Geofísica**, 1991, vol. 9 (2), p. 107-119.

MOREIRA, A. M. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. 3. ed. Atual. Ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2005. 320p.

MORETTI, L.R. **Avaliação da erosão superficial em pequenas bacias hidrográficas rurais**. São Paulo, 2001. 128p. (Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).

OLIVEIRA, A.M.M; PINTO, S.A.F. Aplicação de geotecnologias e modelo predictivo como subsídio ao planejamento de uso da terra em uma microbacia hidrográfica. In: LOMBARDO, M.A; MENDES. A. A. **Paisagens geográficas e desenvolvimento territorial**. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em geografia e AGETEO, 2005

OMETTO, A. R.; MANGABEIRA, J. A. DE C.; HOTT, M. C. Mapeamento de potenciais de impactos ambientais da queima da cana-de-açúcar no Brasil. In: **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, Goiânia, 2005, p. 2297-2299.

LOMBARDO, M.A; MENDES. A. A. **Paisagens geográficas e desenvolvimento territorial**. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em geografia e AGETEO, 2005

PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da depressão periférica paulista**. São Paulo: USP/IG, 1976.

PEREIRA, L. H.; PINTO, S.A.F. Utilização de imagens aerofotográficas no mapeamento multitemporal do uso da terra e cobertura vegetal na bacia do rio Corumbataí – SP, com o suporte de sistemas de informações geográficas. In: **XIII Simpósio Brasileira de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis – SC, Brasil, 2007. São José dos Campos – SP: INPE. **Anais...**, p. 1321-1328, 2007. DVD + e-Book.

PINTO, S.A.F. **Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a caracterização de erosão do solo no SW do Estado de São Paulo**. São José dos Campos: INPE, 1983.(INPE-2694-TDL/128).

PINTO, S.A.F. **Sensoriamento Remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão de solos**. Tese (Doutoramento). FFLCH-USP, São Paulo, 1991.

PINTO, S.A.F. **Contribuição metodológica para análise de indicadores da erosão do solo utilizando técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelo predictivo**. Tese de Livre-Docência. Rio Claro, IGCE, UNESP, 1996, 136 p.

PINTO, S.A.F. KOHLER, H.C.; AQUINO, L.H.M. de; PELLEGRIN, L.A.; BORTOLOZZI, A. Caracterização de indicadores da erosão do solo na bacia do rio Pará (MG). *In: 10º Congresso brasileiro de geologia de engenharia e ambiental*, Ouro Preto, 25 a 28 de agosto de 2002. Belo Horizonte, **Anais...**, 2002.

PONZONI, F. J. Comportamento espectral da vegetação. *In: Meneses, R. M; Netto, J. da S. M. (Org).* **Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: Ed. UnB, 2001. p. 155-222.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São Paulo: Parêntese, 2007. 127p.

PROJETO RADAM BRASIL (Ministério das Minas e Energia). 1982. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro, vol. 27,452 pp.

ROSA, R. & BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica**. Uberlândia, 1996, 104 p.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, Uberlândia, n.16, p.81-90, 2005.

RUDORFF, B. F. T; BERKA, L. M. S.; XAVIER, A. C. MOREIRA, M. A.; DUARTE, V.; ROSA, V. G. C.; SHIMABUKURO, Y. E. **Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento: ano safra 2003/2004**. Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004.

SACHS, I. **Gestão negociada e contratual da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2000.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Of. de Textos, 2004.

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Hara-L-T-1997/cap2.pdf>. Acesso em: 20/09/2010.

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DE SÃO PAULO – SIGRH. **Plano Pardo 2008-2011**. 2010.

SPAVOREK, G.; LEPSCH, I.F. Diagnóstico de uso e aptidão das terras agrícolas de Piracicaba. *In: QUEIROZ, T. A.* **Análise ambiental: estratégias e ações**. Rio Claro, Editora LTDA, 1995.

SOUTO, A. R. CRESTANA, S. Identificação das áreas potenciais de produção de sedimentos com o modelo AGNPS e técnica de SIG em uma microbacia

hidrográfica. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.4,n.3,p.429-435, 2000

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade**: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TUCCI, C. M. I. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, Vol. 4: Editora da Universidade/Edusp/ABRH, Porto Alegre, 2000.

TUTORIAL SPRING. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>. Acesso em: 18/09/2010.

VALENTE, R. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na Bacia do rio Corumbataí, SP**. 2001.162 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VALERIANO, D. M. **Processamento digital de dados do MS-Landsat aplicado ao mapeamento da cobertura da terra da planície costeira do rio Tubarão, S.C.:** metodologia e estimativa de exatidão de classificação. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1985.

VENIZIANI Jr, J. C. T. **Utilização de índices de vegetação para estimativa da proteção do solo pela cobertura vegetal**: uma contribuição para o uso da Equação Universal das Perdas de Solo. 2003. 137f. Dissertação (Mestrado em Análise da Informação Espacial) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

WENZEL. H.; HAUSCHILD, M.; ALTING L. **Environmental assessment of products**. Bonton/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publisehrs. v.1 e 2. 1997.