

**CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E DE ALGUNS  
ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DOS SOLOS DA  
MICROBACIA JARDIM NOVO HORIZONTE, EM ILHA  
SOLTEIRA, SP**

**HERNANDES ANDRADE QUEIROZ**

**Orientadora: Dra. Marlene Cristina Alves**

**Co-orientador: Dr. Helio Ricardo Silva**

Dissertação apresentada à  
Faculdade de Engenharia, UNESP –  
Campus de Ilha Solteira para  
obtenção do título de Mestre em  
Agronomia – Especialidade: Sistema  
de Produção.

**Ilha Solteira – SP**

**Agosto de 2008**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

Q3c

Queiroz, Hernandes Andrade.

Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira, SP / Hernandes Andrade Queiroz. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2008.

57 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2008

Orientador: Marlene Cristina Alves

Co-orientador: Helio Ricardo Silva

Bibliografia: p. 47-57

1. Solos – Manejo. 2. Solo – Uso. 3. Satélites. 4. Solos – Porosidade.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E DE ALGUNS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DOS SOLOS DA MICROBACIA JARDIM NOVO HORIZONTE, EM ILHA SOLTEIRA, SP

**AUTOR:** HERNANDES ANDRADE QUEIROZ

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. HELIO RICARDO SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. HELIO RICARDO SILVA

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Profa. Dra. ELIZETE APARECIDA CHECON DE FREITAS LIMA

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ARNALDO YOSO SAKAMOTO

Departamento de Ciências Humanas / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Data da realização: 04 de setembro de 2008.



Presidente da Comissão Examinadora  
Prof. Dr. HELIO RICARDO SILVA

## *Agradecimentos Especiais*

*Agradeço a Deus pela vida e oportunidades que tem me proporcionado.*

*Aos meus pais pela dedicação, apoio compreensão e auxílio que me fortalecem a cada dia.*

*À professora Dra. Marlene Cristina Alves pela valiosa orientação acadêmica dedicada nos últimos anos que trabalhamos juntos, autêntica demonstração de profissionalismo, humildade, confiança e companheirismo à minha pessoa, a quem considero não só como uma amiga, mas como exemplo de vida.*

*Ao professor Dr. Helio Ricardo Silva e sua família pelas orientações e sugestões do começo do trabalho e contribuindo para total termino da pesquisa.*

*Ao professor Dr. Sérgio Luís de Carvalho e o Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes pela participação na qualificação deste trabalho, amplamente para torná-lo mais completo, pelas suas sugestões.*

*Agradeço aos meus amigos de infância: Marcelo Carvalho, Carlos Henrique Rossi, Gustavo de Lima Barbosa, Eduardo Carvalho, Danilo, André Luiz Rossi, César Cattanio, Cleitão.*

*Amigos de Universidades: Renato, Mônica, Elza, Simas, Tales, Vanzela, Ronaldo, Fabiana, Valter, Rafael Montanari, Igor, Saulo.*

QUEIROZ A, H. **Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira, SP.** 2008. 57f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Faculdade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

**Autor:** Geógrafo Hernandes Andrade Queiroz

**Orientador:** Profa. Dra. Marlene Cristina Alves

**Co-orientador:** Prof. Dr. Helio Ricardo Silva

**RESUMO:** É inquestionável a degradação de mananciais devido à erosão e a poluição, decorrentes do desenvolvimento econômico. Estes fatos são caracterizados pelo mau planejamento dos recursos naturais, tanto em propriedades isoladas como nas microbacias. Como consequência, o impacto sócio-ambiental atraído pelos problemas de poluição e acúmulo de macrofitas e assoreamento das microbacias, leva a própria destruição da drenagem. Neste sentido este trabalho teve como objetivos caracterizar a fisiografia e alguns atributos físicos e químicos dos principais solos de uma microbacia na cidade de Ilha Solteira, São Paulo. Este estudo dará subsídios para a identificação de áreas de riscos quanto à erosão e poluição dos mananciais de água e do atual estágio de degradação dos solos que compõem a microbacia. Foram utilizadas imagens de satélite de alta resolução 0,6 m Quickbird e o programa SPRING versão 4.3 para caracterização fisiográfica da microbacia e mapeamento dos solos. Utilizando a metodologia de topossequência em relação a vertente, em 5 transetos com pontos locados no sentido do espigão até a foz, foram realizadas coletas de amostras de solo para análise granulométrica, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, pH, matéria orgânica, fósforo e cátions trocáveis, em duas profundidades (0,00–0,10 e 0,10–0,20 m). Também foi realizada a medição da taxa de infiltração de água do solo. Realizou-se a estatística descritiva para a análise dos resultados encontrados. Os solos representativos da microbacia estudada foram: Latossolo Vermelho distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico; a Microbacia do Jardim Novo Horizonte apresenta relevo com cotas que variam de 280 a 370 m, rede de drenagem dendrítica e a ocupação mais representativa da área é com pastagem; o Latossolo Vermelho apresentou-se com condições físicas mais degradadas tomando-se como indicadores de qualidade a taxa de infiltração de água e a densidade do solo; as condições físicas no Argissolo Vermelho-Amarelo foram melhores nas áreas ocupadas com espécies arbóreas, comparadas as

utilizadas com horticultura; a variabilidade dos atributos físicos e químicos estudados foram maiores no Latossolo Vermelho comparado ao Argissolo Vermelho-Amarelo.

Palavras-chave: manejo do solo, uso do solo, Quickbird, porosidade do solo.

QUEIROZ, A. H. **Characterization fisiografica and the physical and chemical attributes from the soils watershed Novo Horizonte, Ilha Solteira, São Paulo, Brazil. 2008.** 57f. Dissertation (Masters) - Faculty of Engineering, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

**Author:** Geógrafo Hernandes Andrade Queiroz

**Adviser:** Profa. Dra. Marlene Cristina Alves

**Co-adviser:** Prof. Dr. Helio Ricardo Silva

There is no doubt the fountain degradation of due to erosion and pollution resulting from economic development. These facts are characterized by poor planning of natural resources, both in individual properties as in watersheds. In consequence the social and environmental impact attracted the problems with pollution and accumulation of macrophytes and silting of watersheds, leads the very destruction of drainage. The work aimed to characterize the physiography, some physical and chemical attributes from the mains soils of a watershed the city of Ilha Solteira, São Paulo, Brazil. This study will provide subsidies for the identification areas of risk as to erosion and pollution of water sources and the current stage of degradation that make up the watershed. Satellite imagery was use of high-resolution 0.6 m Quickbird and the program SPRING version 4.3 for physiographic characterization of watershed mapping of soils. Using the methodology of topography regarding instance, on 5 points with transect leased to the jetty to the mouth, were made of soil samples for analysis texture, macro, micro and total porosity, pH, organic matter, P e exchangeable cations, in two depths (0.00-0.10 and 0.10-0.20 m). It was also performed to measure the soil water infiltration. There was the descriptive statistics for the analysis of findings. The representative soil were: Oxisol and Alfisol; the altitude variation was 280 to 370 m, the drainage type is dendritica and the more soil use is with pasture; the physical conditions were more deteriorated in Oxisol when use the water infiltration rate quality indicator; the physical conditions for Alfisol were better in areas planted with tree species, compared with horticulture; the physical and chemical attributes variability were higher in the Oxisol compared to Alfisol.

**Works-Key:** soil management, soil use, Quickbird, soil porosity.

## Lista de Figuras

	<b>Paginas</b>
<b>Figura 1.</b> Mapa da localização do Brasil, do estado de São Paulo e do município de Ilha Solteira. _____	19
<b>Figura 2.</b> Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira. _____	20
<b>Figura 3.</b> Carta imagem do uso e ocupação da área da microbacia jardim novo horizonte em 1978. _____	21
<b>Figura 4.</b> Mapa de drenagem da Microbacia Jardim Novo Horizonte. _____	23
<b>Figura 5.</b> Áreas antropotizadas (edificações). _____	23
<b>Figura 6.</b> Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia Jardim Novo Horizonte. _____	24
<b>Figura 7.</b> Pastagem no Latossolo Vermelho. _____	25
<b>Figura 8.</b> Cultura anual (milho). _____	26
<b>Figura 9.</b> Cultura anual milho colhido. _____	26
<b>Figura 10.</b> Vegetação em área de empréstimo. _____	26
<b>Figura 11.</b> Aspecto dentro da área de empréstimo. _____	26
<b>Figura 12.</b> Mapa de declividade da Microbacia Jardim Novo Horizonte. _____	28
<b>Figura 13.</b> Gráfico do perfil longitudinal da Microbacia Jardim Novo Horizonte Ilha solteira – SP. _____	29
<b>Figura 14.</b> Simulação do escoamento superficial da Microbacia Jardim Novo Horizonte, período de 01/01/2003 a 05/07/2006. _____	29

## Lista de figuras

	<b>Paginas</b>
<b>Figura 15.</b> Simulação do escoamento superficial da Microbacia Jardim Novo Horizonte, período de 18/01/2006 a 19/07/2007._____	30
<b>Figura 16.</b> Carta imagem da Microbacia Jardim Novo Horizonte com a localização dos pontos de coletas de solos._____	32
<b>Figura 17.</b> Carta imagem da Microbacia Jardim Novo Horizonte com a localização dos pontos de medições da infiltração de água no solo._____	32
<b>Figura 18.</b> Perfil topográfico da localização dos pontos de coletas de solos, em duas profundidades (0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m), no maior transeto da Microbacia Jardim Novo Horizonte._____	34
<b>Figura 19.</b> Declividade do terreno no divisor de água, ponto do começo das coletas de solos._____	34
<b>Figura 20.</b> Mapa Pedológico da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP._____	36
<b>Figura 21.</b> Taxa de infiltração de água para o Latossolo Vermelho com pastagem (a,c,d, e, f) e com cultura anual (b)._____	41
<b>Figura 22.</b> Taxa de infiltração de água para o Argissolo Vermelho-Amarelo área próxima à construção civil (a), com silvicultura (b, c) e horticultura (d, e, f)._____	42

## Lista de Tabelas

	Páginas
<b>Tabela 1.</b> Uso e Ocupação dos Solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP. _____	25
<b>Tabela 2.</b> Precipitação, escoamento superficial e coeficiente de escoamento referentes ao período de 2003 a 2007, da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP. _____	30
<b>Tabela 3.</b> Identificadores dos pontos onde foram realizadas as medições de infiltração de água nos diferentes tipos de solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP. _____	33
<b>Tabela 4.</b> Estatística descritiva para os resultados da macroporosidade, microporosidade e porosidade total ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) e para as frações texturais ( $\text{g kg}^{-1}$ ), para os dois tipos de solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP, na profundidade 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. _____	37
<b>Tabela 5.</b> Estatística descritiva para os resultados de densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) para os solos representativos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP. _____	40
<b>Tabela 6.</b> Estatística descritiva para os resultados de matéria orgânica (MO), pH, fósforo (P), cálcio (Ca) e saturação por bases (V) para os dois tipos de solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP, na profundidade 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. _____	44
<b>Tabela 7.</b> Estatística descritiva para os resultados de potássio (K), magnésio (Mg), hidrogênio+alumínio (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC), para os dois tipos de solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP, na profundidade 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. _____	45

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>9</b>
2.1. Aspectos gerais e importância de uma microbacia.....	9
2.2. Erosão em uma microbacia.....	10
2.2.1. Tecnologia para estudo de microbacias (uso e ocupação do solo) .....	13
2.3. Atributos físicos do solo e a suscetibilidade à erosão .....	14
2.4. Variabilidade dos atributos físicos e químicos do solo .....	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
3.1. Localização da área de pesquisa.....	19
3.2. Histórico da área de estudo da Microbacia Jardim Novo Horizonte.....	20
3.3. Clima da região de Ilha Solteira, SP.....	21
3.4. Geração de cartas de imagem .....	21
3.5. Carta Imagem da drenagem da Microbacia Jardim Novo Horizonte .....	22
3.6. Carta Imagem do uso e ocupação do solo da Microbacia Jardim Novo Horizonte.	24
3.7. Carta Imagem de declividade da Microbacia Jardim Novo Horizonte .....	27
3.8. Perfil longitudinal.....	28
3.9. Simulação hidrológica da variação de armazenamento de água nos solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte .....	29
3.10. Pontos de coleta de solos e medições de infiltração de água.....	31
3.11. Análises químicas do solo .....	34
3.12. Análises físicas do solo .....	35
3.13. Forma de análises dos resultados.....	35
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>47</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização e o manejo inadequados dos recursos naturais, o predomínio da pecuária extensiva, a elevada concentração da propriedade da terra, o intenso êxodo rural e as grandes dificuldades enfrentadas pelos pequenos produtores na Área de Influência dos Reservatórios das Usinas Hidrelétricas do Complexo Urubupungá, despertam os interesses de pesquisadores que procuram indicar soluções para reverter ou pelo menos amenizar o grave quadro econômico, social e ambiental existente nos municípios desta região (HESPANHOL, 1996).

De acordo com o Departamento de Águas e Energia Elétrica-DAEE (1999) no estado de São Paulo, 80 % dos solos são classificados como de alto potencial de erosão e somente 13,69 % da área do estado ainda tem preservado a vegetação nativa. Quando se trabalha na escala de propriedades rurais ou microbacia hidrográfica, observa-se que a atividade exploratória (agropecuária) baseia-se no relevo.

Em função da variação da topografia variam o tipo de solo e a capacidade de armazenamento de água, conseqüentemente, o manejo dos solos tem que ser diferenciado. Outros fatores contribuem para afetar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. Dentre eles, podem ser citados: o tipo ou ausência de cobertura vegetal, principalmente nos topos e nas encostas íngremes; a falta de organização no uso das pastagens, que normalmente resulta em sobrepastejo (COSTA, 1980).

A microbacia hidrográfica é considerada uma unidade geográfica ideal para planejamento de recursos naturais nos ecossistemas por ela envolvidos. As bacias hidrográficas têm a área da superfície terrestre drenada por um rio principal, limitado por divisores de água, desempenhando um papel para transporte de diversos materiais e sedimentos para o rio principal, sendo um fator natural ou antrópico, modelando a paisagem. O mapeamento de uma microbacia permite uma pesquisa mais ampliada dos aspectos das condições de recursos naturais, tendo como ponto de vista um planejamento das atividades rurais e urbanas destas microbacias.

O aumento da atividade humana também influi na disponibilidade hídrica das bacias, assim, é fator importante a ser analisado, pois tem provocado importantes alterações e conseqüentes impactos sobre estes ecossistemas, o que demanda planejamento ambiental, que deve contemplar não apenas os ambientes criados e alterados pelos seres humanos, mas também o ambiente natural ao seu redor (ROCHA,

2000). A dinâmica de uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas exige estudos para a compreensão dos diversos impactos provocados pela ação antrópica e estratégias adequadas para a conservação dos recursos naturais nestas áreas. Os principais impactos ocasionados por modificações no uso e cobertura do solo em microbacias são: a redução da capacidade de infiltração, o aumento do escoamento superficial e erosão, a sedimentação dos cursos d'água, a diminuição da profundidade do leito dos cursos d'água e conseqüentemente o aumento de cheias e inundações (GROVE et al., 1998, CENTURION et al., 2001).

A microbacia do jardim Novo Horizonte proposta para estudo está localizada no município de Ilha Solteira, no Noroeste do Estado de São Paulo, nas proximidades de um dos maiores e mais importantes rios do estado, chamado Rio Paraná. Neste local está construída a Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, segunda maior do estado e terceira do país. Polatto (2003) menciona que as características fisiográficas da microbacia de estudo, apontam que no seu estado natural predominava o processo de escavação do leito, pois a declividade resultava na maior velocidade das águas. Hoje estas características foram modificadas, pois a construção da represa ao longo do canal, fez com que córrego do Novo Horizonte passasse de um ambiente lótico para semi-lentico. As águas perdem velocidade, fazendo com que predomine a deposição de materiais e com isso desencadeiam o processo de assoreamento do canal e das represas. Menciona ainda o autor que as atividades agrícolas sazonais desenvolvidas nas vertentes, onde o solo fica exposto na maior parte do ano, as chuvas concentradas e as vertentes íngremes, intensificam o processo de assoreamento, fornecendo grande quantidade de sedimentos ao leito do rio.

Neste sentido este trabalho teve por objetivo efetuar a caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos principais solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, na cidade de Ilha Solteira, São Paulo. Este estudo dará subsídios para a identificação de áreas de riscos quanto à erosão e poluição dos mananciais de água e do atual estágio de degradação dos solos que compõem a microbacia.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Aspectos gerais e importância de uma microbacia.**

Uma microbacia é considerada por muitos autores como sendo uma das melhores unidades para o planejamento e desenvolvimento sócio-econômico dos habitantes do meio rural. Entende-se por meio ambiente as relações que existem entre a natureza, o homem e a estrutura política, econômica e social (ROCHA; KURTZ, 2001). O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água, sendo drenado superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes (SILVA, 1995). O conceito de microbacias hidrográficas é o mesmo de bacia hidrográfica. Já rios podem ser definidos como um corpo de água em movimento, confinado em um canal (CUNHA; GUERRA, 2005).

A opção por uma microbacia como local de estudo deve-se ao fato de ser esta uma unidade onde se tem diferentes características. São 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 conseqüências do manejo inadequado (PIROLI et al., 2002).

Um dos principais aspectos de uma bacia hidrográfica é a inter-relação existente entre os seus vários componentes, como solo, água, cobertura vegetal e atmosfera, sendo que uma ação qualquer sobre um deles certamente reflete nos outros (FERRAZ; MORTATTI, 2002). A rápida degradação dos ecossistemas sob exploração antrópica, especialmente nos países tropicais em desenvolvimento, despertou nas últimas décadas, a preocupação com a preservação e a sustentabilidade da exploração agrícola (DORAN; PARKIN, 1994). A caracterização do relevo em uma microbacia é a base fundamental para o delineamento do manejo sustentável da terra em áreas com características semelhantes. O conhecimento da heterogeneidade da paisagem também é importante para desenvolver esquemas de amostragem de solo e definir práticas de manejo (BURROUGH, 1986).

A mata ciliar tem grande importância na teia alimentar relacionada aos cursos d'água, já que suas folhas, flores, frutos e sementes constituem dieta de animais aquáticos, aves e mamíferos silvestres, servindo de refúgio para muitas destas espécies (ZIPPARRO; SCHLITTLER, 1992).

As zonas ripárias têm grande influência na manutenção da quantidade e qualidade da água, sendo fundamental para a manutenção do ecossistema aquático, proporcionando estabilidade térmica ao interceptar e absorver a radiação solar. O efeito de filtragem de particulados e de nutrientes em solução realizado pela zona ripária confere significativa estabilidade em termos do processo de ciclagem geoquímica de nutrientes pela microbacia (LIMA; ZAKIA, 2001).

As microbacias constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pelas atividades florestais, que podem afetar o equilíbrio e a manutenção da quantidade e qualidade da água. A colheita florestal, a construção de estradas e carreadores, dentre outros, são exemplos dessa atividade. O impacto de cada atividade é dependente do tipo de operação e condição do sítio, assim como, do modo como a atividade é realizada (BROWN, 1976).

## **2.2. Erosão em uma microbacia**

Os processos erosivos ocorrem naturalmente no meio ambiente, de forma lenta e gradual, causando, no decorrer da evolução do globo terrestre, mudanças no relevo e na vegetação (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). A intervenção humana acelera esses processos erosivos por meio da ocupação e uso intensivo do solo. A erosão antrópica, identificada como erosão acelerada, remove paulatinamente as camadas superficiais do solo, chegando a formar sulcos e ravinas, quando o escoamento da água é torrencial (POLITANO et al., 1992), a principal causa da degradação das terras agrícolas é a erosão dos solos, a qual consiste nos processos de desprendimento e arraste de suas partículas, causados pela ação da água e do vento.

Os detritos transportados pelos cursos de água têm origem, principalmente, na erosão superficial do solo. As gotas de chuvas, caindo na superfície do solo, desagregam as partículas do mesmo, removendo-as. Esse processo é tão mais intenso quanto menor a cobertura vegetal, maior a intensidade da chuva, maior o grau de declive e maior for à susceptibilidade do solo à erosão (RANIERI et al., 1998).

Fundamentalmente, o processo de erosão hídrica do solo pela água da chuva é condicionado pelos fatores chuva, solo, topografia, cobertura e manejo e práticas conservacionistas de suporte (HUDSON, 1977).

A erosão acelerada do solo constitui um sério problema global de degradação de terras e um dos maiores riscos ambientais da atualidade (LAL; STEWART, 1990).

O crescimento urbano acelerado tem provocado um excesso de superfícies impermeabilizadas, que reduzem a infiltração de águas das chuvas, aumentando os riscos de erosão, compactação e deslizamentos de solos, bem como alagamentos de córregos e ruas. A falta de planejamento urbano e cumprimento da legislação vigente favorecem a excessiva impermeabilização da superfície urbana pelo revestimento de terrenos e/ou pela compactação dos solos.

As bacias de drenagem funcionam cada uma com sua própria série de depósito e de transferência das águas que entram (BASTOS; FREITAS, 1999). As Bacias hidrográficas têm a área da superfície terrestre drenada por um rio principal, limitado por divisores de água, desempenhando um papel para transporte de diversos materiais e sedimentos para o rio principal, sendo um fator natural ou antrópico, modelando a paisagem. Hoje o fator principal como modelador dessas bacias de drenagem são as forças poluidoras, por estarem em áreas de risco, como para fins agrários com o manejo do solo incorreto. Em regiões urbanas os problemas podem advir de sedimentos, sendo contaminadas pela grande demanda da industrialização ou falta de divisores de esgoto que são lançados em grandes quantidades nos mananciais.

Cada sistema lótico possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como indicador padrão para qualquer sistema hídrico. A complexidade destes sistemas lóticos deve-se ao uso do solo, geologia, tamanho e formas das bacias de drenagem, além das condições climáticas locais. O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

A representação espacial e cartográfica de processos erosivos e/ou de expectativas de perda de solo para uma região é um método cuja utilização vem sendo cada vez mais freqüente e também desenvolvida, buscando expor quais locais são mais críticos e/ou mais susceptíveis ao processo erosivo, conforme as características naturais locais e do modo de uso do solo (SILVA; SCHULZ, 2002).

Estes estudos continuam sendo fundamentais para os trabalhos de conservação do solo e são usados para o planejamento do uso do solo e eleição das melhores e mais adequadas práticas conservacionistas. O equacionamento do uso do solo depende destas informações para que se busque a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

O manejo de bacias tem como objetivos básicos: a) tornar compatível a produção com a preservação ambiental; b) concentrar esforços das diversas instituições

presentes nas várias áreas de conhecimento, a fim de que todas as atividades econômicas desenvolvidas dentro da bacia sejam realizadas de forma sustentável e trabalhadas integradamente.

A necessidade de conservação dos recursos naturais da bacia a fim de garantir a produção de água advém do fato de que as condições de uso e manejo destes recursos interferem diretamente no comportamento da fase terrestre do ciclo hidrológico, isto é, no comportamento da vazão dos cursos d'água e na recarga dos aquíferos subterrâneos. Desta forma, pode ocorrer carência de água em uma bacia hidrográfica caso haja má utilização de seus recursos naturais, isto é, caso exista cobertura vegetal inadequada na bacia, uso intensivo da água, poluição da água, uso inadequado do solo, etc. De maneira geral, o manejo de bacias hidrográficas consiste em melhorar as condições da bacia, promovendo o correto manejo dos recursos naturais a partir do uso adequado do solo, da manutenção de cobertura vegetal adequada, do controle da poluição, da regulamentação do uso da água, e até mesmo da construção de obras hidráulicas necessárias.

As vazões de uma bacia dependem de fatores climáticos e geomorfológicos. A intensidade, a duração, a distribuição espaço-temporal da precipitação sobre uma bacia, bem como a evapotranspiração, estão entre os principais fatores climáticos. Por outro lado, um hidrograma sintetiza a forma pela qual uma bacia hidrográfica atua como um reservatório, distribuindo a precipitação efetiva ao longo do tempo. O hidrograma possui vazões e tempos característicos, os quais são atributos típicos, resultantes das propriedades geomorfológicas da bacia em questão. Essas podem ser sintetizadas pela extensão da bacia, forma, distribuição de relevo, declividade, comprimento do rio principal, densidade de drenagem, cobertura vegetal, tipo e uso do solo, entre outras.

No Brasil, embora a água seja considerada recurso abundante, existem áreas muito carentes a ponto de transformá-la em um bem limitado às necessidades do homem (DONADIO et al., 2005). Normalmente, a sua escassez é muito mais grave em regiões onde o desenvolvimento ocorreu de forma desordenada, provocando a deterioração das águas disponíveis, devido ao lançamento indiscriminado de esgotos domésticos, despejos industriais, agrotóxicos e outros poluentes (MOITA; CUDO, 1991). A qualidade da água de uma microbacia pode ser influenciada por diversos fatores e, dentre eles, estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica (VAZHEMIN, 1972, PEREIRA, 1997). Segundo Arcova et al. (1998), os vários processos que controlam a qualidade da água de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio,

motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática, na bacia hidrográfica, podem modificar a sua qualidade.

Nas bacias com cobertura de floresta natural, a vegetação promove a proteção contra a erosão do solo, a sedimentação e a lixiviação excessiva de nutrientes (SOPPER, 1975), sendo essas áreas muito importantes para manter o abastecimento de água de boa qualidade. Por outro lado, as práticas que se seguem após a retirada das árvores tendem a produzir intensa e prolongada degradação da qualidade da água (BROWN, 1988).

O manejo inadequado dos solos numa microbacia hidrográfica leva a consequências perigosas para o ambiente. MERTEN et al. (1995) descrevem que os problemas derivados da erosão hídrica podem ser de distintas magnitudes. Nos locais onde ocorrem os processos erosivos verifica-se 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 e esta forma de poluição difusa, ou seja, distribuída ao longo das margens dos rios oriunda do escoamento superficial, é denominada também fonte não pontual.

### **2.2.1. Tecnologia para estudo de microbacias (uso e ocupação do solo)**

A operação de modelos analíticos com Planos de Informação (PI) sobrepostos em SIG é feita com operações entre os chamados Modelos Digitais do Terreno (MDT), dos quais o Modelo Digital de Elevação (MDE) é um exemplo de evidente utilização. Os dados topográficos são fontes de muitas variáveis importantes e freqüentemente solicitadas nas análises ambientais aplicadas a microbacias. Os estudos envolvendo dados topográficos têm sido aplicados à caracterização de unidades da paisagem com base em variáveis morfológicas, estreitamente ligadas a feições geométricas da superfície sob análise (DOORNKAMP; KING, 1971).

Entre as diversas formas de representação do espaço geográfico, foi incluída também no Atlas de Rio Claro a temática: Sensoriamento Remoto – termo definido basicamente pela coleta de informações a distância da superfície da Terra, por meio de dispositivos acoplados a plataformas (aviões, satélites etc.), envolvendo tanto o registro da informação como também a sua interpretação (CASTILHO, 1999).

Assim, o geoprocessamento tem sido cada vez mais utilizado para estudos de análise ambiental, permitindo detectar alterações decorrentes da intervenção humana em ecossistemas naturais ou previamente modificados, ou mesmo realizar o diagnóstico das condições ambientais de um determinado local (DIAS et al., 2004). Atualmente, o uso de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm representado um importante suporte para o planejamento e tomadas de decisões relacionadas ao meio ambiente (GREEN, 1994).

Hasenack et al. (2003) relatam que as técnicas de análise espacial introduzidas com o geoprocessamento facilitam a integração e a espacialização dos dados e de um grande número de variáveis, reduzindo a subjetividade nos procedimentos de análise e possibilitando a visualização dos dados e a espacialização dos resultados na forma de mapas. A possibilidade de combinar informação cartográfica e tabular, bem como inserir conhecimento específico e/ou subjetivo em uma análise, torna um sistema de geoprocessamento uma ferramenta especialmente útil para fins de planejamento.

Nos últimos anos, houve uma grande inovação nas imagens orbitais para uso comercial. A partir do desenvolvimento de satélites com sensores de alta resolução espacial surgiram novos paradigmas na área do sensoriamento remoto. O desenvolvimento de novos sistemas sensores, como o IKONOS-II e o QUICKBIRD abriu um novo campo nesta área de estudo, segundo Tanaka e Sugimura (2001).

Sistemas de informações geográficas são ferramentas que permitem armazenar, analisar, recuperar, manipular e manejar grandes quantidades de dados espaciais, de acordo com Calijuri et al. (1998). Um sistema de informação geográfica (SIG) se destaca pela sua utilidade como ferramenta para produção de mapas, como suporte para análise espacial de fenômenos e como um banco de dados geográficos (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

### **2.3. Atributos físicos do solo e a suscetibilidade à erosão**

Dentre os recursos naturais mais degradados pelo homem, o solo, é atualmente, o que mais sofre alteração em suas características naturais devido à exploração inadequada. A história do uso do solo mostra que essa alteração nem sempre dá lugar a um novo sistema ecológico sustentável, desse modo, solos utilizados intensamente e de forma inadequada, são levados à degradação (ALVES, 2001).

Reis e Kageyama (2003) complementam que a sucessão é um processo complexo e concomitante, ou seja, com a mesma evoluem as condições de solo, o microclima, a diversidade da flora, da fauna e dos decompositores. Já sendo esses fatores ressaltados por Alves (1992) que afirma: para a manutenção e melhoria das condições físicas internas e externas do solo, a adição e balanço da matéria orgânica são fundamentais, pois esta manutenção e melhoria só poderão ser alcançadas e mantidas via biológica, isto é, por meio de ação de raízes, da atividade macro e microbiológica e da decomposição da matéria orgânica. E dentre os monitoramentos necessários, as condições de solo e clima são fundamentais, pois essas são as que fornecerão a sustentabilidade do sistema. Estudos realizados indicam que a adequada cobertura do solo por resíduos culturais pode prevenir sua erosão, manter o conteúdo de matéria orgânica e permitir a sustentabilidade das culturas (ANDRADE JUNIOR, 2004).

Os atributos físicos do solo associados às condições de clima, topografia e manejo do solo gerenciam o processo de erosão.

A textura do solo determinada na análise granulométrica permite classificar os componentes sólidos do solo de acordo com os seus tamanhos, tais como areia, silte e argila. A predominância de uma dessas frações pode determinar características específicas aos solos. Segundo Silva et al. (2001) solos com textura dominada pelas frações silte e areia fina são muito susceptíveis à erosão.

Devido a sua origem diversa quanto à granulometria, composição mineralógica e conteúdo de matéria orgânica, dos solos apresentam, normalmente, grande variação, com diferentes limitações e aptidão de uso. Este fato, aliado à falta de informações sobre suas propriedades e características, tem comprometido o sucesso dessas áreas, para a produção de alimentos (MACHADO, 1994).

O uso inadequado das pastagens de inverno, com lotação excessiva e tempo de permanência dos animais na pastagem além do necessário, em áreas comuns a lavouras de verão, aliado ao intenso tráfego de máquinas e implementos agrícolas em solo com umidade inadequada, têm sido uma das principais causas da compactação de solos agrícolas (ALBUQUERQUE et al., 2001).

Stone e Silveira (2001) mencionam que o plantio direto após três ou quatro anos apresentou maiores valores de densidade do solo e microporosidade, e menores valores de macroporosidade e porosidade total, quando comparado ao preparo convencional, principalmente devido ao trânsito de máquinas e implementos agrícolas.

Corrêa (1985) verificou que o solo sob plantio direto, em relação ao sob preparo convencional, apresentou menores valores de macroporosidade e porosidade total na camada superficial.

A maior resistência do solo à penetração pode estar diretamente relacionada com a redução da porosidade total e em especial com macroporosidade do solo. Esta condição afeta a permeabilidade do solo a água e ar, a disponibilidade de nutrientes, podendo, assim, aumentar a erosão do solo com prejuízos ao crescimento e desenvolvimento radicular das plantas (SOANE; OUWERKERK, 1994).

Entre as propriedades físicas do solo, a infiltração é uma das mais importantes quando se estudam fenômenos que estão ligados ao movimento de água, entre estes a infiltração e a redistribuição (CARVALHO, 2000). De acordo com Carduro e Dorfman (1988) condições tais como: porosidade, umidade, atividade biológica, cobertura vegetal, rugosidade superficial e declividade do terreno, dentre outras, influem grandemente na infiltração da água no solo. Quanto maior for a infiltração de água no solo, menor o escoamento superficial e conseqüentemente menores os riscos de erosão.

Estudando seis áreas diferentes (cerrado, culturas anuais em sistema convencional, eucalipto, pinus, mata ciliar e pastagem) e três profundidades (0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m), Cavenage et al. (1999), concluíram que o uso do solo alterou as suas propriedades físicas, em comparação com a vegetação natural do cerrado. A mata ciliar e o pinus foram as áreas mais promissoras na recuperação das condições de macroporosidade do solo; as maiores alterações do solo ocasionadas pelo uso e manejo foram verificadas na sua camada superficial (0- 0,20 m), comparando-se com as condições de vegetação natural de cerrado. A infiltração de água no solo é um fator que indica as condições físicas do solo. Num estudo em um Latossolo Vermelho-Escuro sob preparo convencional, cultivo mínimo e sistema de plantio direto, outros autores, (BARCELOS et al., 1999) verificaram que os preparos conservacionistas de solo (sistema de plantio direto e cultivo mínimo) apresentaram taxas de infiltração de água no solo superiores às do preparo convencional, exceto no período imediatamente após o preparo de solo.

Alves et al. (2005) verificaram que em função dos efeitos ocasionados ao solo o preparo convencional promoveu alterações nas suas propriedades físicas e na taxa de infiltração de água comparativamente ao solo sob mata nativa. Isto reflete em maior escoamento superficial e maiores perdas de solo por erosão.

## 2.4. Variabilidade dos atributos físicos e químicos do solo

Outros pontos importantes a serem considerados são os tipos de solos dentro da bacia e a variabilidade espacial dos mesmos, tanto do ponto de vista pedogenético como do histórico de seu uso e manejo. O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros) e do tipo da cobertura vegetal (LIMA, 1986). Desse modo, as características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficial.

Segundo Silveira e Cunha (2002), numa área cultivada, além da variabilidade natural, existem fontes adicionais de heterogeneidade no solo, por causa do manejo exercido pelo homem das mais variadas formas. Tais variações, mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo do solo do que nos conservacionistas, influenciam principalmente o acúmulo de material orgânico, a infiltração da água no solo e a erosão hídrica (BERTOL et al., 2004). Dentre os diversos fatores que influem na variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo, Souza (2001) cita a posição do terreno na paisagem (declividade e forma do relevo) como uma característica de grande influência. O autor acrescenta que a forma da paisagem pode gerar rotas preferenciais para o fluxo de água, podendo afetar a variabilidade espacial das propriedades do solo. Situação bastante característica numa microbacia hidrográfica.

O conhecimento da variabilidade espacial de atributos do solo serve de subsídio para a determinação de estratégias específicas de manejo que otimizem a produtividade agrícola de acordo com Simões et al. (2006). Os atributos físicos e químicos do solo influenciam diretamente o crescimento e o desenvolvimento das culturas. Desta forma, a avaliação da variabilidade espacial destes atributos tem-se tornado importante ferramenta na determinação de estratégias de manejo do solo, que procuram aumentar a produtividade agrícola (TRANGMAR et al., 1985).

Em áreas muito grandes ou heterogêneas, a amostragem de todos os pontos no solo, dos quais se deseja obter informações, é, na maioria das vezes, uma opção cara e trabalhosa.

Simões et al. (2006) verificaram que o manejo do solo e a posição da área na toposeqüência do terreno influenciam a variabilidade espacial dos teores de areia, silte e

argila e da densidade de partículas do solo. Também encontraram que os maiores variações ocorrem nas áreas onde o solo sofre maior revolvimento mecânico. Numa análise geral da variabilidade espacial dos atributos estudados, os autores observaram que, apesar de serem áreas adjacentes com o mesmo solo e características pedológicas aparentemente homogêneas, a variação no manejo e na posição da paisagem alterou os parâmetros dos semivariogramas gerados. Este fato chama a atenção quanto ao cuidado que se deve ter ao utilizar parâmetros de semivariogramas gerados para outras áreas com características muito diferentes de manejo e composição paisagística, para escolha de espaçamento de amostragem, dentre outros usos.

A variabilidade do solo é consequência de complexas interações dos fatores e processos de sua formação. Além dos fatores e processos, práticas de manejo do solo e da cultura são causas adicionais de variabilidade (CORÁ, 1997). Áreas pedologicamente idênticas podem apresentar variabilidade distinta em atributos, quando submetidas às diferentes práticas de manejo. Da mesma forma, áreas pedologicamente diferentes, quando submetidas ao mesmo manejo, podem apresentar-se semelhantes em seus atributos. O manejo pode alterar atributos químicos, físicos, mineralógicos e biológicos, com impacto principalmente nas camadas superficiais do solo (BLEVINS et al., 1983, SETA et al., 1993, CORÁ, 1997).

Corá et al. (2004) estudaram os comportamentos de dois Latossolos Vermelhos (texturas média e argilosa), após trinta anos de uso com cana-de-açúcar e verificaram que o manejo no solo realizado na área ao longo do tempo alterou a dependência espacial dos atributos do mesmo na camada superficial, de forma a diminuir a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em relação à camada mais profunda.

O conhecimento da distribuição espacial dos atributos do solo em determinada área é importante para o refinamento das práticas de manejo e avaliação dos efeitos da agricultura sobre a qualidade ambiental (CAMBARDELLA et al., 1994), assim como é importante para a definição da intensidade de amostragem do solo para sua caracterização, possibilitando, dessa maneira, reduzir o erro-padrão da média, maximizando a eficiência da amostragem, e reduzir os custos e mão-de-obra do trabalho. Portanto, conhecer a variabilidade espacial de atributos do solo que controlam a produtividade das culturas e os riscos de contaminação do ambiente e investigar as causas dessa variabilidade são fatores importantes em um sistema de produção que vise sustentabilidade por meio do manejo regionalizado de insumos e práticas agrícolas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização da área de pesquisa

O município de Ilha Solteira está localizado no noroeste do Estado de São Paulo, na posição mais estratégica da Hidrovia Tietê-Paraná, sendo cortado pelo rio São José dos Dourados que está ligado pelo canal de Pereira Barreto ao rio Tietê e ambos desaguando no rio Paraná dão a esta região um aspecto de ilha gigantesca (SILVA; POLITANO, 1995) (Figura 1).

Este trabalho foi realizado na microbacia Jardim Novo Horizonte, localizada no município de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, cujas coordenadas geográficas são 20° 25' de latitude sul e 51° 15' de longitude oeste com altitude média de 320 metros e precipitação média anual de 1.300 mm. A microbacia tem 2.200 ha de área.

De acordo com o Comitê da Bacia do São José dos Dourados (2000), credenciado na CATI, as Unidades Geológicas que afloram nesta bacia são as rochas ígneas basálticas do Grupo São Bento, formação Serra Geral e as sedimentares do Grupo Bauru, formação Caiuá. Durante o Plioceno Médio ocorreu o soergimento da Serra do Maracajú, que vem constituir o divisor das bacias Paraná e Paraguai. O canal atual do rio Paraná está escavado nos resistentes paredões do arenito Caiuá.

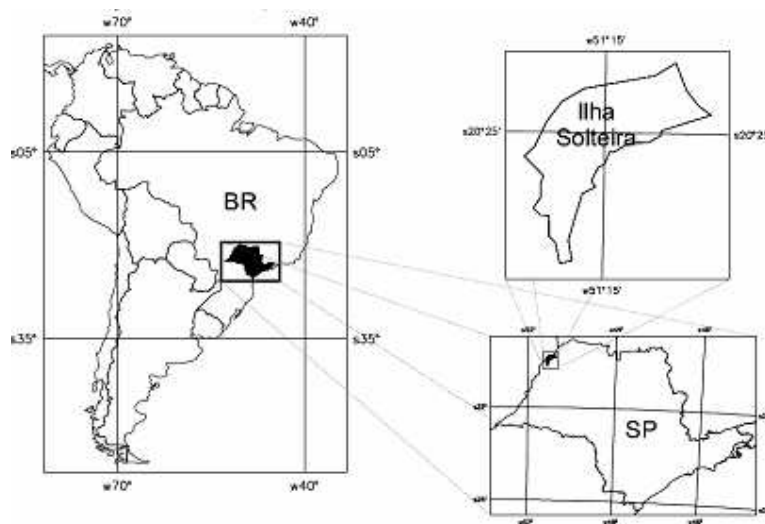


Figura 1. Mapa da localização do Brasil, do estado de São Paulo e do município de Ilha Solteira.

### 3.2. Histórico da área de estudo da Microbacia Jardim Novo Horizonte

A Microbacia Jardim Novo Horizonte situa-se em uma área com mudanças constantes em toda sua extensão por estar em uma área antropotizada, sendo que as condições naturais do leito da drenagem foram modificadas desde a década de 1960 com a construção da Usina hidrelétrica de Ilha Solteira (Figura 2).



Figura 2. Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira.

Com a construção foram identificadas áreas na localização da Microbacia Jardim Novo Horizonte com solos descobertos indicando áreas de ‘empréstimos’, usadas para aterramento na construção da Usina Hidrelétrica. Neste local a área foi desmatada expondo o solo. Diversos usos e ocupação foram implantados, lotes rurais e construção de estradas (estradas de acesso e vicinais), canteiro de obras, e subestações. A construção da Usina hidrelétrica modificou a paisagem da Microbacia Jardim Novo Horizonte devido as áreas de construção civis e propriedades rurais e toda a margem de seu leito (Figura 3).

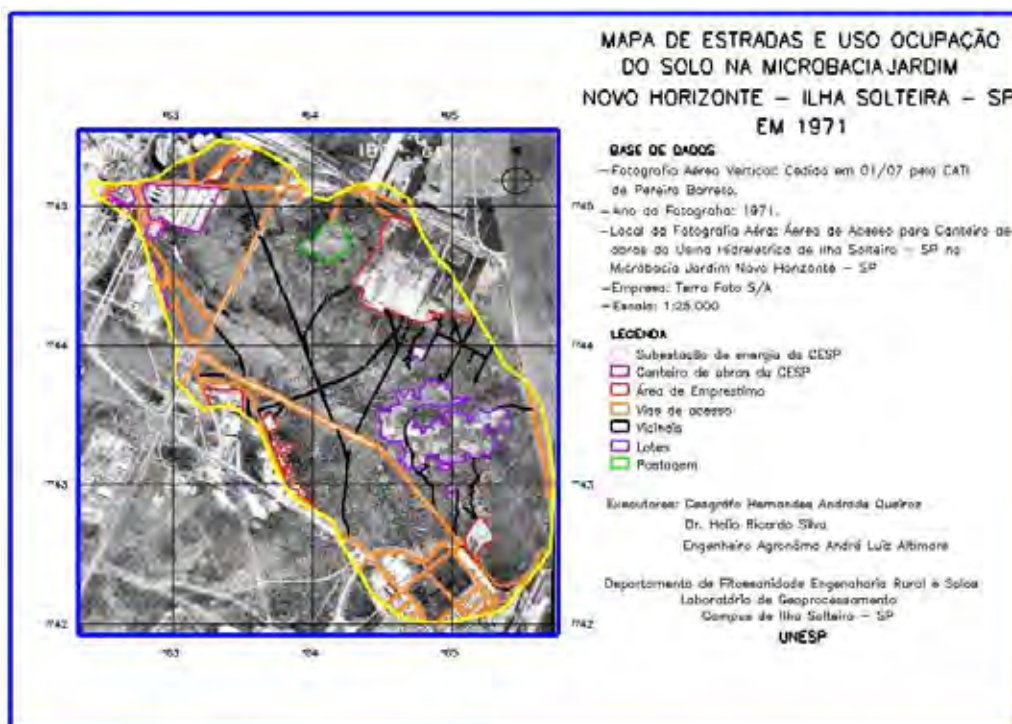


Figura 3. Carta imagem do uso e ocupação da área da Microbacia Jardim Novo Horizonte em 1971.

### 3.3. Clima da região de Ilha Solteira, SP

A classificação climática da região de acordo com Koppen, é Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média anual é de 23° C, a precipitação pluvial média de 1.370 mm e a umidade relativa do ar média anual está entre 70 % e 80 % (VANZELA, 2003)

### 3.4. Geração de cartas de imagem

A primeira etapa do trabalho consistiu nas atividades de revisão bibliográfica sobre as formações vegetais e uso da microbacia.

Na segunda etapa ocorreu a construção de uma base cartográfica da área de estudo, utilizando o Sistema de Informações Geográficas – SPRING versão 4.3/INPE. Nesta etapa foi realizada a importação da imagem de sensoriamento remoto de formato digital e conversão para o sistema de projeção cartográfico adotado (UTM/SAD69).

Na etapa seguinte, por meio do método das chaves, foi realizada a fotointerpretação da composição colorida 1(B) 2(G) 3(R) da imagem QUICKBIRD de

10/04/2006 diretamente na tela 1 do monitor do computador, sendo acopladas as telas 2 e 3 que foram carregadas com as bandas monocromáticas 2 e 3. Durante esta atividade foi utilizada a função de processamento das imagens (ampliação de contraste) possibilitando a melhor definição e facilitando a digitalização das classes predominantes analisadas.

A delimitação das classes foi realizada por digitalização manual à medida que foram sendo identificadas no processo de interpretação pelas funções de Edição Vetorial. O produto obtido foi uma carta imagem preliminar contendo os polígonos para uso e ocupação do solo e cores selecionadas para cada tipo de uso do solo. Em seguida foi realizado um trabalho de campo na microbacia com o objetivo de descrição das classes de uso/cobertura do solo destes polígonos. Durante a campanha de campo, todos estes locais visitados foram descritos e fotografados. Posteriormente, foi realizada nova fotointerpretação, considerando os dados coletados no campo, algumas classes foram reagrupadas. Na última etapa foram geradas a Carta Imagem drenagem, uso e Ocupação do solo e definidos os pontos para realização de coletas de solos e testes de infiltração.

### **3.5 Carta Imagem da drenagem da Microbacia Jardim Novo Horizonte**

Drenagem é o ato de escoar as águas de terrenos encharcados, por meio de tubos, túneis, canais, valas e fossos sendo possível recorrer a motores como apoio ao escoamento. Os canais podem ser naturais (rios ou córregos) ou artificiais de concreto simples ou armado ou de gabião. Os sistemas de drenagem, que compreendem além dos condutos forçados e dos condutos livres podem ser urbanos e/ou rurais e visam escoar as águas de chuvas e evitar enchentes (Wikipédia/drenagem, 2008).

A Drenagem da Microbacia Jardim Novo Horizonte tem o formato de galhos recebendo o nome de dendrítica (padrão de drenagem em que as confluências lembram galhos (dendron) de uma planta quando vista em mapa, comum em terrenos sem estruturas importantes que condicionem a erosão dos vales como, por exemplo, terrenos graníticos maciços, areníticos, derrames basálticos), possuindo alguns leitos secos são córregos temporais com aparecimento de água no verão (Figura 4).

A drenagem da Microbacia Jardim Novo Horizonte passou a ser modificada com a construção da usina hidrelétrica de Ilha Solteira com áreas desmatadas para ocupação de pastagem, outras áreas serviram para a retirada do solo, e depois sendo reflorestado, nessa situação parte da microbacia foi totalmente modificada com espécies como o

Angico, Leucena e Farinha seca. Em sua foz encontram-se áreas onde a água perene passa ser canalizada modificando a foz da microbacia. Alguns elementos da parte da Microbacia Jardim Novo Horizonte, como nascente da microbacia, não se encontra com condições naturais e já está totalmente antropotizada (Figura 5).

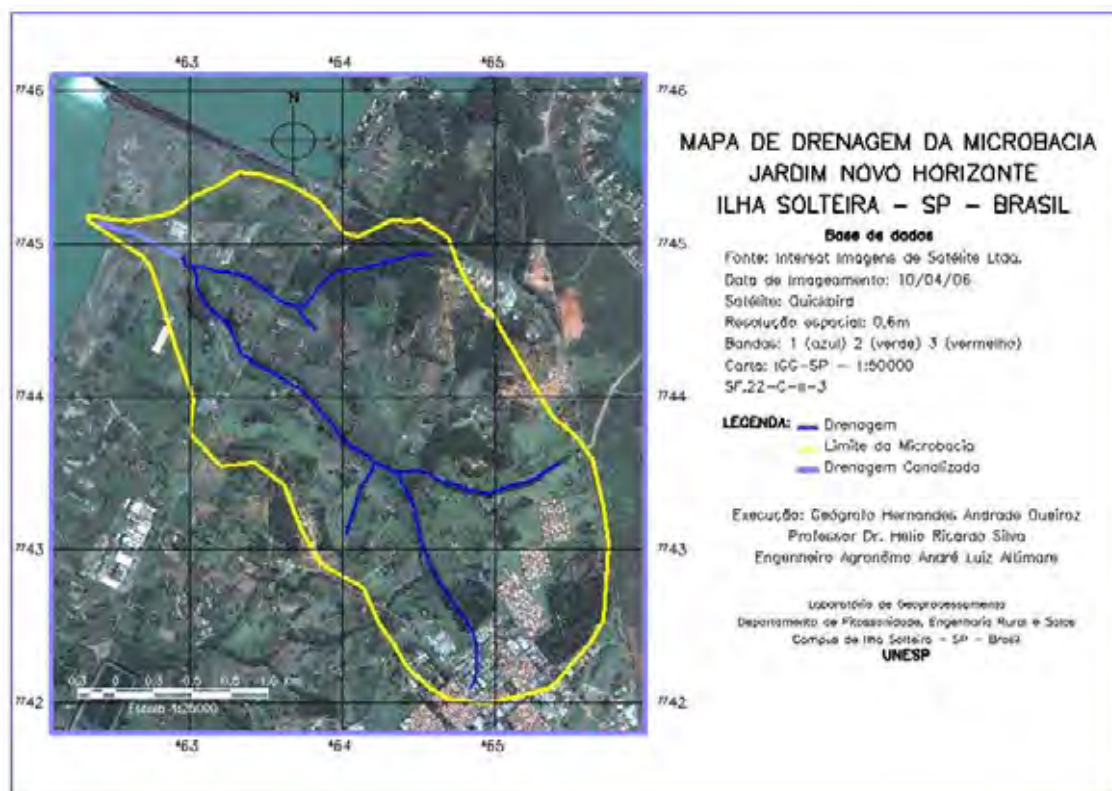


Figura 4. Mapa de drenagem da Microbacia Jardim Novo Horizonte.



Figura 5. Áreas antropotizadas (edificações).

### 3.6. Carta Imagem do uso e ocupação do solo da Microbacia Jardim Novo Horizonte

A carta imagem da Microbacia Jardim Novo Horizonte revela que o uso dos solos para aproveitamento econômico apresenta-se com 50 % da área total com pecuária (Figuras 6 e 7, Tabela 1). A área urbana ocupa 10,6 %, sendo localizada no espigão da microbacia. Encontram-se também áreas com pomar, principalmente citros (laranja, limão) e grandes diversidades de frutas como: mamão, manga e banana. Algumas áreas com piscicultura abandonada, culturas anuais (temporárias) com o cultivo de milho (Figuras 8 e 9). Outro tipo de uso da microbacia é com silvicultura (eucalipto). A horticultura em diversos lugares da microbacia encontra-se, em maior parte, na foz, lugares de baixada da vertente, com solos férteis (hortas de alface e almeirão).

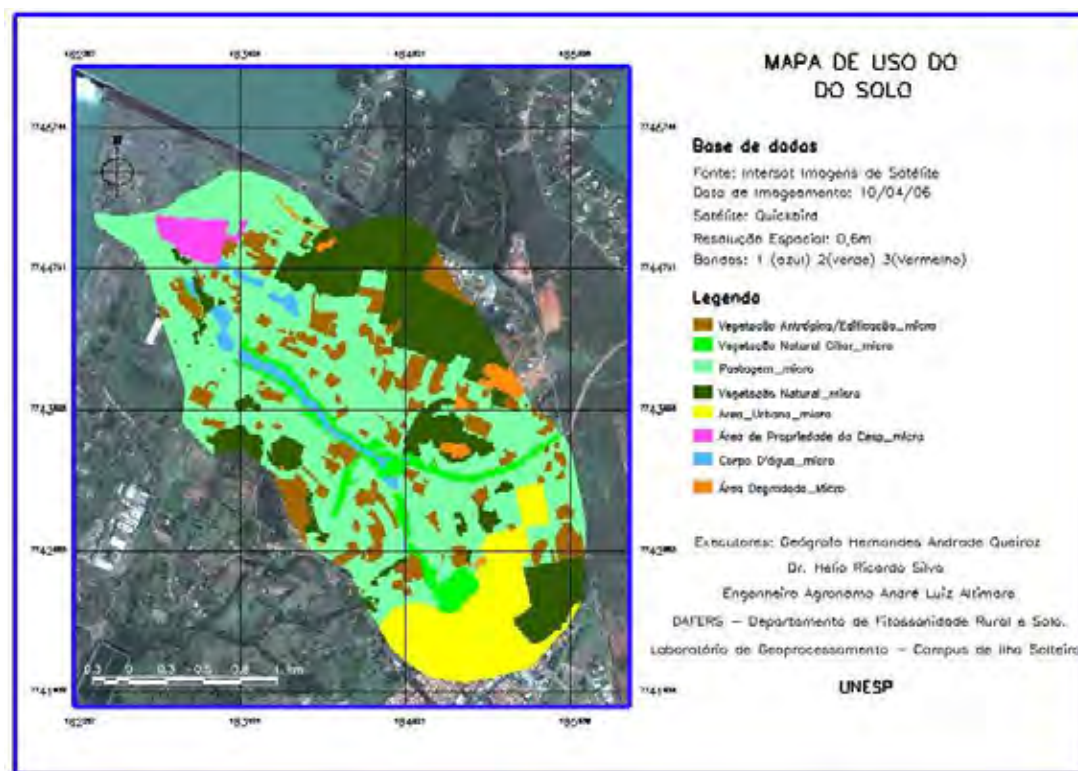


Figura 6. Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia Jardim Novo Horizonte.

A vegetação arbórea degradada em áreas situadas com pequenos fragmentos remanescentes de áreas com vegetação nativa é encontrada em regiões isoladas da microbacia, com mais de 1,49 % da área total (Tabela 1).



Figura 7. Pastagem no Latossolo Vermelho.

Tabela 1. Uso e Ocupação dos Solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP.

Classes Temáticas	Área Total (%)
Vegetação antrópica/edificação	10,80
Vegetação natural ciliar	3,82
Pastagem	49,68
Vegetação natural	19,41
Área urbana	10,60
Área de propriedade da CESP	1,90
Corpo D`água	2,38
Área degradada	1,41



Figura 8. Cultura anual (milho).



Figura 9. Cultura anual milho colhido.

Verificou-se uma pequena porcentagem (2,43 %) da área com vegetação arbórea ciliar. Já com vegetação arbórea secundária encontrou-se 9 % da área da microbacia, plantada na época da retirada do solo para a fundação e terraplanagem da parede da usina hidrelétrica. Nas áreas de empréstimo a vegetação remanescente representa 2,64 % da área (Figuras 10 e 11). Na parte mais baixa da microbacia foram detectadas áreas com obras civis de propriedades da CESP (Companhia Energética do Estado de São Paulo), representando 1,96 % da área total.



Figura 10. Vegetação em área de empréstimo.



Figura 11. Aspecto dentro da área de empréstimo.

### **3.7. Carta Imagem de declividade da Microbacia Jardim Novo Horizonte**

Para a geração do mapa de Classes de Declive, foram utilizados os intervalos de declividade recomendados por Lepesch et al. (1991).

As classes de declives presentes na microbacia foram identificadas pela utilização das folhas planialtimétricas de Ilha Solteira SF 22-C-II-3 publicada pelo Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo - IGGSP em 1965, 1966 e 1967 na escala 1:50.000 e com traçado das curvas de nível obedecendo a uma equidistância vertical de 10 metros (SÃO PAULO, 1965 e 1967). As atividades operacionais realizadas para a execução desta etapa da pesquisa, foram distinguidas em três fases: aquisição de dados, geração de grades e elaboração de produtos, descritas a seguir:

#### **3.7.1. Aquisição de dados**

A carta planialtimétrica foi convertida para o formato digital com extensão “tif” por meio do escaneamento, utilizando o equipamento Scanner HP 3400. Como a área da folha era maior que a área de varredura do “scanner”, esta foi escaneada em partes.

Por intermédio do aplicativo do SPRING, denominado Impima foi realizada a conversão deste arquivo para o formato “gbr”.

Em seguida, no SPRING, utilizando a ferramenta Registro, cada parte da Folha foi georeferenciada. Tal operação foi repetida em toda a folha que cobriam os municípios de Ilha Solteira.

Na etapa seguinte foi criado, na categoria Modelo Numérico de Terreno (MNT), o PI Curvas de Nível, inicialmente vazio, ou seja, sem nenhum dado. Com este PI ativo, e utilizando a ferramenta do SPRING, denominada Edição Vetorial, foram criadas as linhas e pontos cotados, mediante a vetorização na tela das curvas de nível e os pontos cotados deste plano de informação.

#### **3.7.2. Geração de grades**

Utilizando a ferramenta Gerar Grade Triangular, foi utilizado o PI Curvas de Nível para criar a grade triangular (irregular) denominado PI Tin. Na etapa seguinte, utilizando a ferramenta Gerar Grade Retangular, com base no PI Tin, foi criado uma grade retangular (regular) denominado PI Tin\_grd. A partir da grade retangular,

utilizando a ferramenta Declividade, foi gerado o PI denominado declividade, contendo a grade de declividade. A partir do PI denominado declividade, utilizando a ferramenta Fatiamento, foi criada na categoria Temático, o PI Declividade, contendo as classes de declive segundo Lapesch et al. (1991).

### 3.7.3. Elaboração de produtos

Por meio do módulo SCARTA/SPRING foram geradas as Cartas – Classes de Declive da Microbacia Jardim Novo Horizonte (Figura 12).

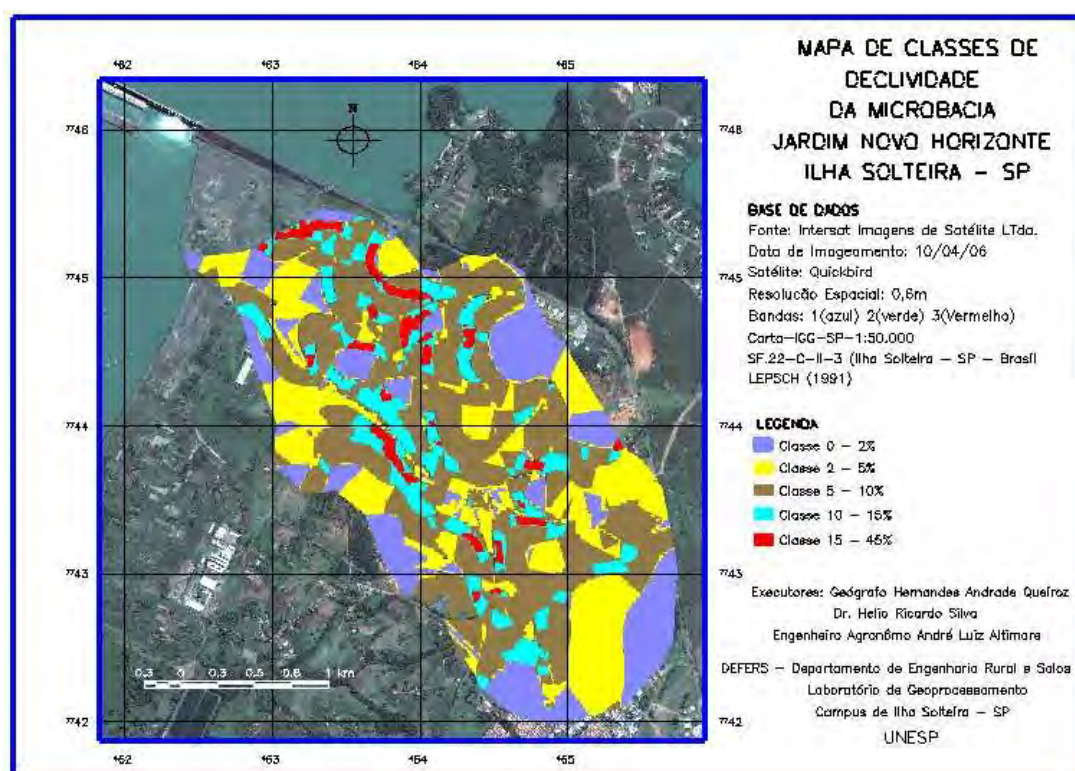


Figura 12. Mapa de declividade da Microbacia Jardim Novo Horizonte.

### 3.8. Perfil longitudinal

O perfil longitudinal da Microbacia Jardim Novo Horizonte se apresenta em relevo ondulado com característica de drenagem dendrítica, predominância de Latossolo Vermelho com formação em sua foz, perante o perfil longitudinal (Figura 13). O relevo tem as seguintes cotas: a menor de 280 m e a maior com 370 m.



Figura 13. Gráfico do perfil longitudinal da Microbacia Jardim Novo Horizonte Ilha solteira – SP.

### 3.9. Simulação hidrológica da variação de armazenamento de água nos solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte

A simulação hidrológica da variação de armazenamento de água nos solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte foi realizada utilizando-se o programa computacional SIMUHER (DÍAS et al., 2007). Para a simulação foram empregados dados, de 2003 a 2007, de precipitação, evapotranspiração e vazão. Assim pode-se mostrar a quantidade de água que entrou na microbacia por meio de processos de infiltração, promovendo o abastecimento do lençol freático (Figuras 14 e 15).

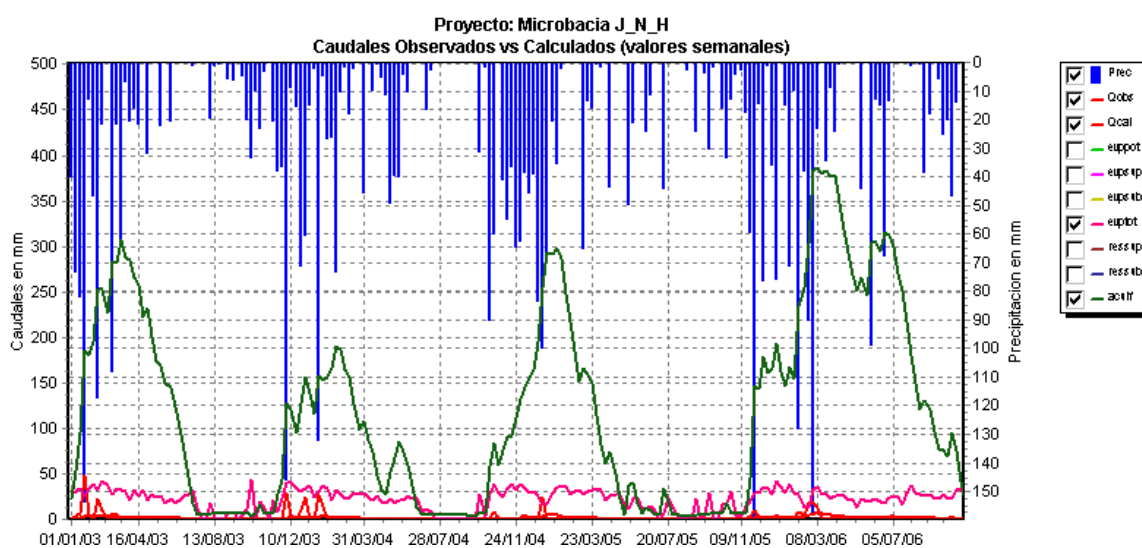


Figura 14. Simulação do escoamento superficial da Microbacia Jardim Novo Horizonte, período de 01/01/2003 a 05/07/2006.

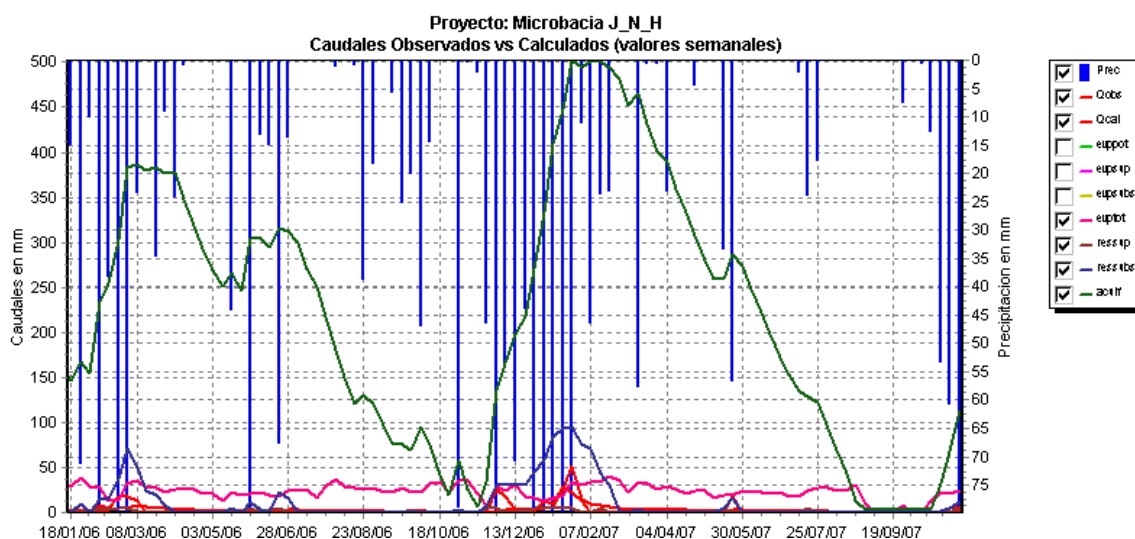


Figura 15. Simulação do escoamento superficial da Microbacia Jardim Novo Horizonte, período de 18/01/2006 a 19/07/2007.

**Obs:** linha vermelha (escoou), linha verde (água que infiltrou), linha azul (precipitação), linha rosa (água que evaporou).

Os resultados encontrados referentes à precipitação total (P) dos períodos analisados foram de: 6331,50 mm, sendo a vazão observada (Qobs) de 542,15 mm, e a vazão calculada (Qcal) de 446,11 mm. Os dados encontrados apresentaram uma função  $(1 - R^2)$  de 0,2071,  $R^2 = 0,88$  e os coeficientes de escoamento superficial encontrados para cada ano estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Precipitação, escoamento superficial e coeficiente de escoamento referentes ao período de 2003 a 2007, da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP.

Ano	Precipitação	Escoamento superficial (mm)	Coefficiente de escoamento
2003	1361,10	154,43	0,11
2004	1131,10	75,26	0,06
2005	1065,80	109,01	0,10
2006	1605,70	221,57	0,13
2007	1089,40	184,75	0,16
Total	6253,10	754,02	0,56
Médias	1250,62	149,00	0,11

### 3.10. Pontos de coleta de solos e medições de infiltração de água

O método utilizado para localizar os pontos de coleta de solos foi o de adequar linhas em transversal a microbacia no sentido vertente, chamado de “transeto”. Para isso foi considerado o menor transeto aquele cuja distância de um divisor de água a outro foi menor, sendo neste caso a distância de 1.310 m. Os pontos foram localizados por meio do programa SPRING no item distância em metros. Os transetos indicaram a rota de caminho na vertente, sempre começando o transeto nas partes altas das vertentes (Figura 16). Estipulou-se no mínimo 20 pontos de amostragens por transeto, portanto, a distância entre eles foi de 65,5 metros (1.310 m dividido por 20 pontos). O número de pontos dos transetos foram diferentes devido à irregularidade natural da microbacia, tendo divisores de água distante um do outro. Nos últimos transetos há menor quantidade de pontos por estar na foz, pois há diminuição de vertentes havendo aplainamento e o afinamento entre a distância das mesmas, diminuindo a declividade da vertente e diminuindo o declive perante o Rio Paraná (Figura 16). No último transeto, próximo a foz tem-se o número mínimo de pontos (20).

Os pontos para as medições de infiltração de água no solo foram escolhidos no 1º e 5º transetos, sendo que o 1º começando na parte mais alta do perfil longitudinal da drenagem, e o 5º na parte mais baixa, no sentido transversal inserindo os pontos das medições da infiltração. Foram localizados 13 pontos sendo sete no transeto 1 e seis no transeto 5 (Figura 17). No transeto 1 se encontra o Latossolo Vermelho, e no transeto 5 o solo predominante é Argissolo Vermelho-Amarelo na parte baixa do perfil longitudinal, sentido da foz da drenagem da microbacia. As coordenadas geográficas dos pontos estão na Tabela 3.

Na Figura 18 pode ser observado o perfil topográfico da localização dos pontos de coletas de solos, em duas profundidades (0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m), no maior transeto da Microbacia Jardim Novo Horizonte. Na Figura 19 tem-se detalhe da área em um dos pontos do divisor de água.

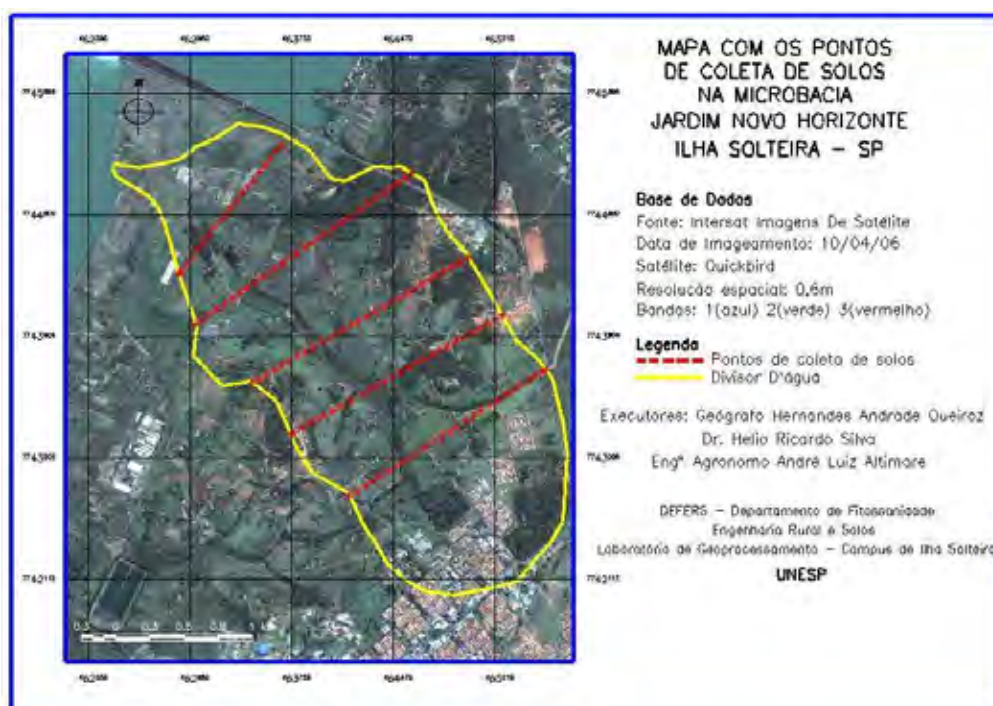


Figura 16. Carta imagem da Microbacia Jardim Novo Horizonte com a localização dos pontos de coletas de solos.

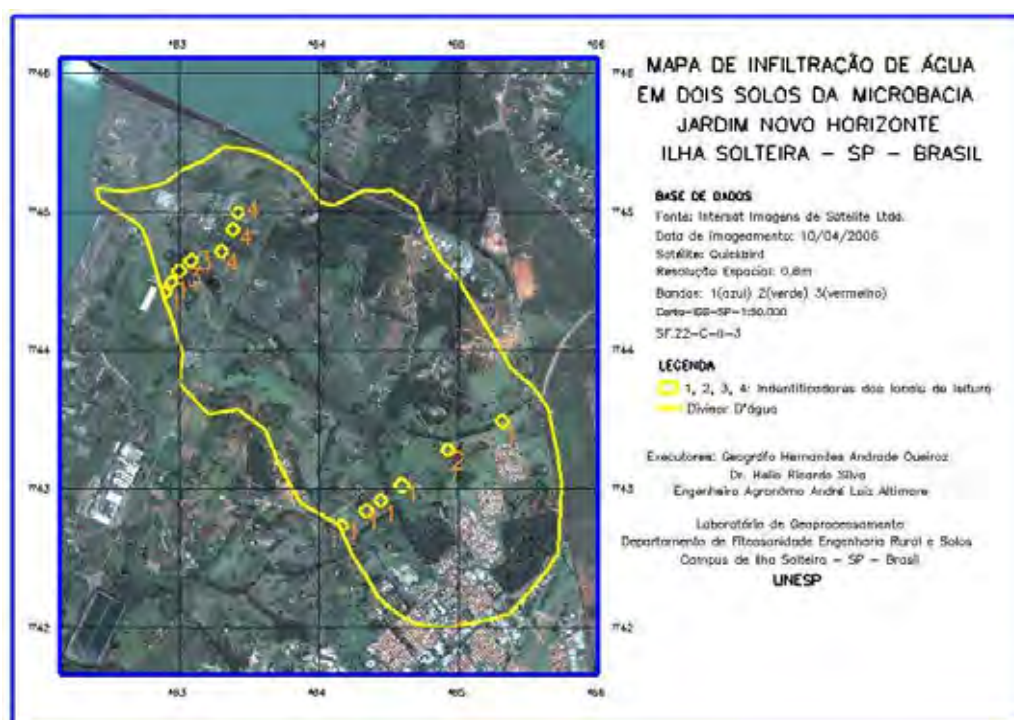


Figura 17. Carta imagem da Microbacia Jardim Novo Horizonte com a localização dos pontos de medições da infiltração de água no solo.

Tabela 3. Identificadores dos pontos onde foram realizadas as medições de infiltração de água nos diferentes tipos de solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP.

Uso e ocupação do solo	Identificador dos pontos	Localização geográfica dos pontos (lat e long)*	
		w	S
Pastagem	1	51°20'37''	20°24'48''
		51°20'31''	20°24'44''
		51°20'27''	20°24'42''
		51°20'22''	20°24'38''
		51°19'57''	20°24'24''
		51°21'20''	20°23'53''
		51°21'18''	20°23'51''
Solo preparado	2	51°20'10,08''	20°24'30,04''
Fragmentos de Vegetação Antrópica: <i>Eucalyptus</i> <i>Citriodora</i> e Angical	3	51°21'16,72''	20°23'47,78''
		51°21'13,71''	20°23'45,33''
Horta	4	51°21'6,19''	20°23'43,33
		51°21'3,17''	20°23'38,21''
		51°21'2,06''	20°23'38,21''

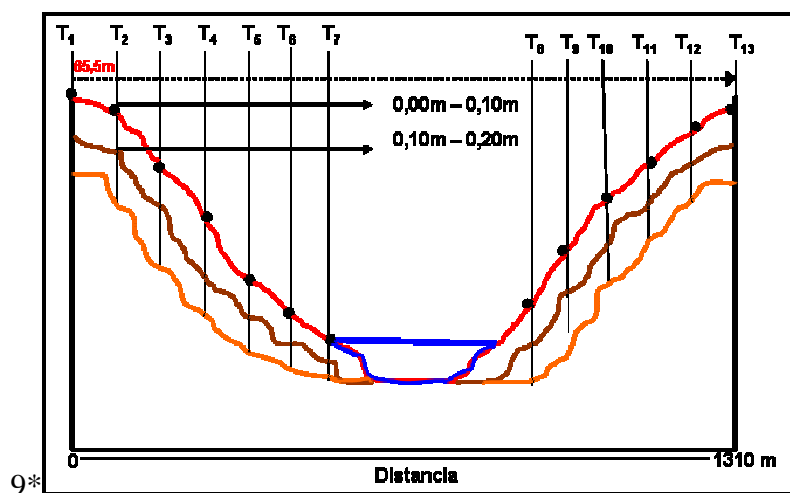


Figura 18. Perfil topográfico da localização dos pontos de coletas de solos, em duas profundidades (0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m), no maior transecto da Microbacia Jardim Novo Horizonte.



Figura 19. Declividade do terreno no divisor de água, ponto do começo das coletas de solos.

### 3.11. Análises químicas do solo

As amostras para as determinações químicas foram coletadas em março de 2007, com trado de caneco de 0,07 m de diâmetro, nas camadas de solo de 0,00-0,10 e 0,10-

0,20 m. As determinações avaliadas foram: cálcio, magnésio, fósforo e potássio pelo método de extração com resina trocadora de íons. O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método colorimétrico e o pH, em cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,01M), além da acidez potencial (hidrogênio + alumínio) a pH 7,0 e o pH em água (acidez ativa). Foram calculadas as somas de bases ( $\text{SB} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$ ), capacidade de troca catiônica ( $\text{CTC} + \text{SB} + (\text{H} + \text{AL})$ ) e saturação por bases ( $\text{V}\% = (100 \times \text{SB}) / \text{CTC}$ ). Todas as análises seguindo metodologia de Raij e Quaggio (1983).

### 3.12. Análises físicas do solo

As propriedades físicas do solo analisadas foram: porosidade total, pelo método do anel volumétrico; microporosidade, pelo método da mesa de tensão com coluna de água de 60 cm; macroporosidade, por diferença entre a porosidade total e a microporosidade; textura do solo utilizando-se o método da pipeta. Todos os métodos foram realizados de acordo com Embrapa (1997).

A medição da taxa de infiltração de água no solo foi realizada empregando-se o método dos anéis concêntricos (BERTRAND, 1965). Utilizou-se o modelo matemático de Smith (1972) para descrever a taxa de infiltração, cuja fórmula é:

$$I = a t^{-b} + c$$

Sendo,  $I$  = taxa de infiltração de água ( $\text{cm h}^{-1}$ )

$a$  e  $b$  = coeficiente de ajuste do modelo

$c$  = taxa constante de infiltração de água ( $\text{cm h}^{-1}$ )

$t$  = tempo (min)

### 3.13. Forma de análises dos resultados

Os resultados foram analisados efetuando-se a estatística descritiva.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tipos de solos mais representativos da Microbacia Jardim Novo Horizonte estão representados na Figura 20. Verificou-se que 70 % da área está representada pelo Latossolo Vermelho distroférico e 30 % pelo Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico.

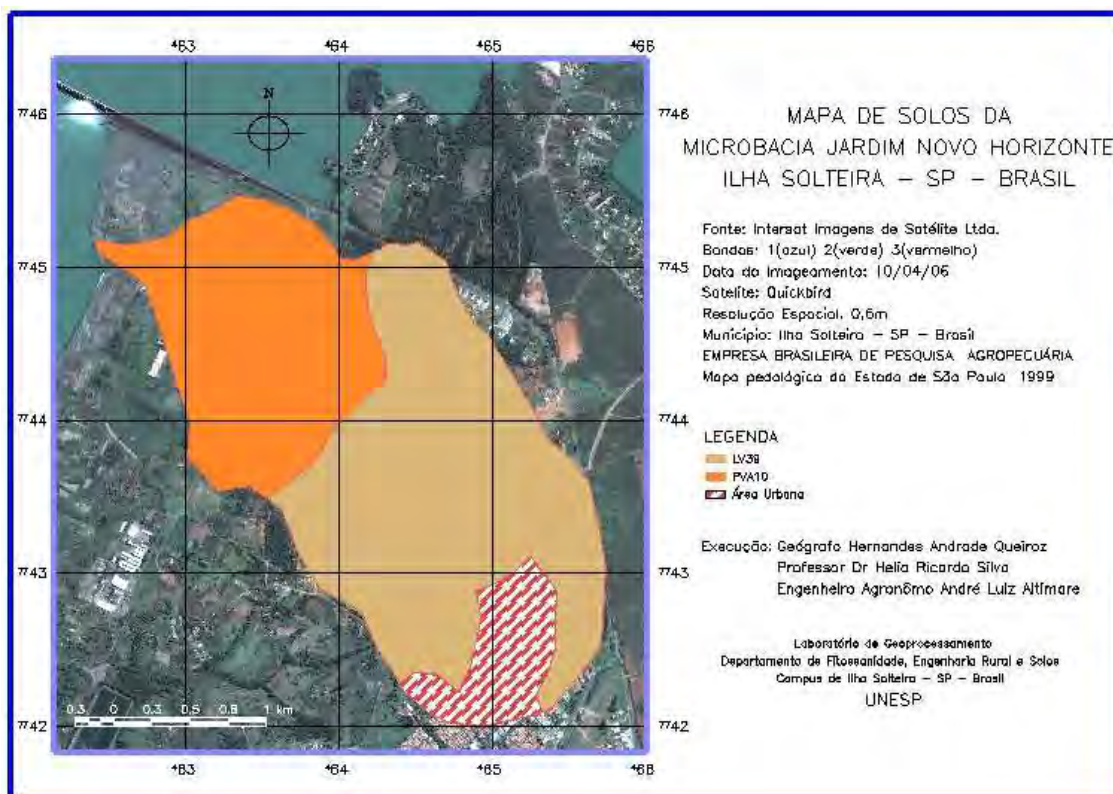


Figura 20. Mapa Pedológico da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP.

A área urbana está inserida sobre área correspondente ao Latossolo Vermelho. Estes resultados estão coerentes com os verificados por Vanzela (2003).

Na Tabela 4 têm-se os resultados da análise descritiva para as propriedades físicas estudadas. Verificou-se que a média da macroporosidade foi igual nos dois tipos de solos encontrados na microbacia e também para as duas profundidades analisadas. Porém, para o Latossolo Vermelho a variância e o coeficiente de variação, na profundidade de 0,00–0,10 m, foram maiores entre as profundidades do mesmo solo e, entre os solos. Isto ocorreu provavelmente devido ao tipo de uso no Latossolo Vermelho, o qual predominou culturas anuais e pastagens. De acordo com Luz e Herling (2004) as alterações das propriedades físicas podem ser com maior ou menor intensidade, provocadas pelo pisoteio animal que, por sua vez, depende da intensidade e

freqüência do pastejo, pois os animais aplicam pressões no solo que podem ser superiores àquelas aplicadas por máquinas agrícolas.

Tabela 4. Estatística descritiva para os resultados da macroporosidade, microporosidade e porosidade total ( $m^3 m^{-3}$ ) e para as frações texturais ( $g kg^{-1}$ ), para os dois tipos de solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP, na profundidade 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

Estatística	Latossolo Vermelho					
	Macroporosidade	Microporosidade	Poros. total	Argila	Areia	Silte
<b>Profundidade de 0,00-0,10 m</b>						
Média	0,10	0,28	0,38	141	757	102
Variância	0,0032	0,0048	0,0031	659,40	1879,40	1069,80
Desvio padrão	0,05	0,06	0,05	81,20	137,00	103,40
CV %*	50,00	21,42	13,51	57,58	18,10	101,17
Máximo	0,26	0,44	0,59	469	914	762
Mínimo	0,03	0,16	0,27	50	128	8
<b>Profundidade de 0,10-0,20 m</b>						
Média	0,10	0,28	0,38	160	744	101
Variância	0,0019	0,0047	0,0032	715,90	1292,30	394,90
Desvio padrão	0,04	0,06	0,05	84,60	113,60	62,80
CV %*	40,00	21,42	13,51	52,85	15,28	62,13
Máximo	0,21	0,50	0,56	530	937	344
Mínimo	0,03	0,17	0,26	67	402	14
<b>Argissolo Vermelho-Amarelo</b>						
Estatística	Profundidade de 0,00-0,10 m					
	Macro	Micro	Poros. total	Argila	Areia	Silte
Média	0,10	0,39	0,49	243	534	223
Variância	0,0018	0,0065	0,0123	1817,90	3780,00	887,10
Desvio padrão	0,04	0,08	0,11	134,80	194,40	94,10
CV %*	40,00	20,51	22,91	55,56	36,38	42,04
Máximo	0,20	0,55	0,70	616	938	411
Mínimo	0,03	0,28	0,34	8	18	53
Estatística	Profundidade de 0,10-0,20 m					
	Macro	Micro	Poros. total	Argila	Areia	Silte
Média	0,10	0,40	0,50	273	542	185
Variância	0,0024	0,0069	0,0106	1319,70	3370,30	749,40
Desvio padrão	0,04	0,08	0,10	114,80	183,00	86,50
CV %*	40,00	20,00	20,00	42,10	33,90	46,64
Máximo	0,25	0,55	0,73	504	953	953
Mínimo	0,03	0,25	0,35	31	260	260

A maior variabilidade ocorre nos solos utilizados com manejo e os riscos de degradação também se dão na camada superficial devido o preparo do solo. Desta forma, tanto o impacto das gotas de chuva quanto à enxurrada contribuem para modificar as condições físicas da superfície do solo, alterando a rugosidade superficial, a porosidade e a taxa de infiltração de água. O efeito da cobertura do solo na redução da velocidade do escoamento superficial da água é explicado pela tortuosidade dos caminhos a serem percorridos pelo fluxo, imposta pelos resíduos, bem como pela barreira física proporcionada pelos resíduos vegetais, impedindo o livre escoamento da água, sendo que esta redução é tanto maior quanto maior for a quantidade de resíduos

vegetais ou culturais na superfície (CARVALHO et al., 1990). Já para o Argissolo Vermelho o coeficiente de variação foi igual nas duas profundidades estudadas e a variância da amostragem foi menor comparada com o Latossolo. Ressalta-se que neste tipo de solo predominou o uso com horticultura e silvicultura.

Para a média da microporosidade podem-se observar diferenças entre os tipos de solos, porém, o coeficiente de variação foi semelhante tanto entre os solos como entre as profundidades. A microporosidade foi maior no Argissolo, fato relacionado ao conteúdo de argila e silte serem maior neste solo. O que explica também o comportamento da porosidade total.

Na caracterização da distribuição de tamanho de poros assim como na porosidade total, a maior variabilidade ocorreu para a macroporosidade. O coeficiente de variação para a macroporosidade foi o maior, sendo considerado alto ( $> 24\%$ ) segundo Warrick e Nielsen (1980), enquanto que para a microporosidade e porosidade total foi médio (12-24 %). Além disso, os valores de macroporosidade estão no limite considerado críticos para o bom desenvolvimento das culturas, que é de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (GREENLAND, 1981). Isso significa que o solo encontra-se em processo de degradação, motivando os vários tipos de instabilidade no mesmo, como a compactação, aumento do escoamento superficial possibilitando aparecimento de vários tipos de erosão.

Pela própria natureza dos fatores responsáveis pela sua formação, o solo apresenta heterogeneidade, tanto vertical como horizontalmente. Este fato ocorre porque o próprio material de origem não é uniforme em toda a sua extensão, ou seja, o processo de intemperização não ocorre de forma homogênea e contínua. Segundo os princípios básicos da experimentação, a variabilidade do solo ocorre de forma aleatória. Numa área cultivada, além da variabilidade natural, existem fontes adicionais de heterogeneidade no solo, por causa do manejo exercido pelo homem das mais variadas formas (SILVEIRA; CUNHA, 2002). Tais variações influenciam principalmente no acúmulo de material orgânico, no movimento de água no solo, na compactação do solo e na erosão hídrica (CARVALHO et al., 2002). Áreas pedologicamente idênticas podem apresentar variabilidade distinta em atributos, quando submetidas às diferentes práticas de manejo (CORÁ et al., 2004).

Verificou-se também que a variabilidade foi maior para a areia no Argissolo e a amplitude de variação no teor de argila na camada de 0,00-0,10 m foi maior (Tabela 4), provavelmente devido a sua posição no relevo (pedimento). Também se observou que à

medida que se aproximava da cota mais baixa do terreno a variabilidade nos conteúdos aumentava.

Na Tabela 5 está apresentada a análise descritiva dos dados da densidade do solo. De acordo com Pimentel Gomes e Garcia (2002) a variabilidade de um atributo pode ser classificada segundo a magnitude de seu coeficiente de variação (CV). Suas classes foram determinadas como baixa ( $CV \leq 10\%$ ), média ( $10\% < CV \leq 20\%$ ), alta ( $20\% < CV \leq 30\%$ ) e muito alta ( $CV > 30\%$ ). Portanto, os coeficientes de variação da densidade do solo variaram de 8,4 a 16,2 %, considerados de baixo a médio. Assim, estes dados discordam dos obtidos por Imhoff et al. (2000) que estudando um Nitossolo sob pastagem encontraram coeficiente de variação de 6 %.

Quando se observa os valores da média para os dois tipos de solos estudados verifica-se que os mesmos se encontram compactados devido ao manejo inadequado da pastagem estabelecida na área de pesquisa. Os valores encontrados estão acima do limite crítico para o bom desenvolvimento das raízes, que é entre 1,0 a 1,2 kg dm<sup>-3</sup>. O conceito de um valor crítico de densidade do solo no qual o crescimento de raízes é prejudicado tem sido abordado por Thompson et al. (1987) e Hakansson e Voorhees (1997) como o melhor indicador físico que caracteriza o crescimento de raízes em solos compactados. Outros pesquisadores sugerem que a densidade do solo não é o fator mais limitante ao crescimento radicular, mas sim a resistência que o solo oferece ao crescimento das raízes, determinada por um penetrômetro (VOORHEES, 1983).

Vale salientar que os valores de densidades do solo verificadas no Latossolo Vermelho foram maiores do que no Argissolo Vermelho-Amarelo indicando maior degradação, salvo as diferenças de texturas entre ambos.

Nas Figuras 21 e 22 estão representados os comportamentos da taxa de infiltração de água para o Latossolo e Argissolo, respectivamente, com seus diferentes usos estudados. Verificou-se que para o Latossolo as taxas constantes de infiltração foram menores. Salienta-se que este solo representa mais de 50 % da área da microbacia, o que acarretará riscos para a qualidade ambiental da microbacia, relacionada a solo e água. O uso do Latossolo é na sua maioria com pastagem e culturas anuais, no caso das pastagens as baixas taxas constantes de infiltração (Figura 21 a, c, d, e, f) indicam degradação das mesmas. A degradação do pasto e pisoteio excessivo do gado, deixando os solos expostos ou falhas, são os fatores que contribuem para a degradação das pastagens.

Nos casos mais extremos, a redução na cobertura do solo pela gramínea se acentua e as perdas de solo por erosão são facilitadas, originando os chamados "pelados" (BARUQUI, 1982), provocado pelo planejamento inadequado sobre as pastagens em toda a microbacia. O uso intensivo do solo ou acima de sua capacidade de suporte pode provocar mudanças indesejáveis, como aumento da densidade do solo, diminuição da porosidade e da taxa de infiltração de água Bertol et al. (2000). Já para as áreas com culturas anuais, pelo fato de haver o revolvimento do solo no momento do preparo a taxa constante de infiltração foi maior do que nas áreas com pastagens (Figura 21 b).

Tabela 5. Estatística descritiva para os resultados de densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) para os solos representativos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP.

Estatística	Latossolo Vermelho	
	Profundidade (m)	
	0,00 – 0,10	0,10 – 0,20
Média	1,570	1,630
Variância	0,028	0,018
Desvio Padrão	0,168	0,137
CV%	10,190	8,400
Máximo	1,930	2,050
Mínimo	0,860	1,280
Estatística	Argissolo Vermelho – amarelo	
	Profundidade (m)	
	0,00 – 0,10	0,10 – 0,20
Média	1,420	1,450
Variância	0,053	0,039
Desvio Padrão	0,230	0,199
CV%	16,19	13,720
Máximo	1,700	1,740
Mínimo	0,920	1,010

O estudo de infiltração de água no solo de uma microbacia vem ajudando a caracterizar alterações da sua condição física. A infiltração é definida como a entrada de água no solo por meio da interface solo-atmosfera. Seu valor geralmente apresenta grande variabilidade, o que pode implicar em problemas, sobretudo quando é adotado um valor não representativo da área de interesse. Alguns atributos físicos do solo podem ser alterados pelas práticas de manejo e, dessa maneira a taxa de infiltração de água no solo modifica-se, permitindo, em alguns casos, o aumento do escoamento superficial e a

aceleração das perdas de solo e de água, alterando o equilíbrio hidrológico natural do sistema.

Para o Argissolo Vermelho-Amarelo os valores das taxas constantes de infiltração foram maiores (Figura 22) comparadas ao Latossolo Vermelho, com exceção da área próxima a construção civil (Figura 22 a). Este fato está associado ao tipo de uso e manejo do solo, no caso a área próxima à construção civil o solo é submetido à compactação por tráfego de máquinas, pessoas, aterros, o que leva ao aumento da densidade do solo.

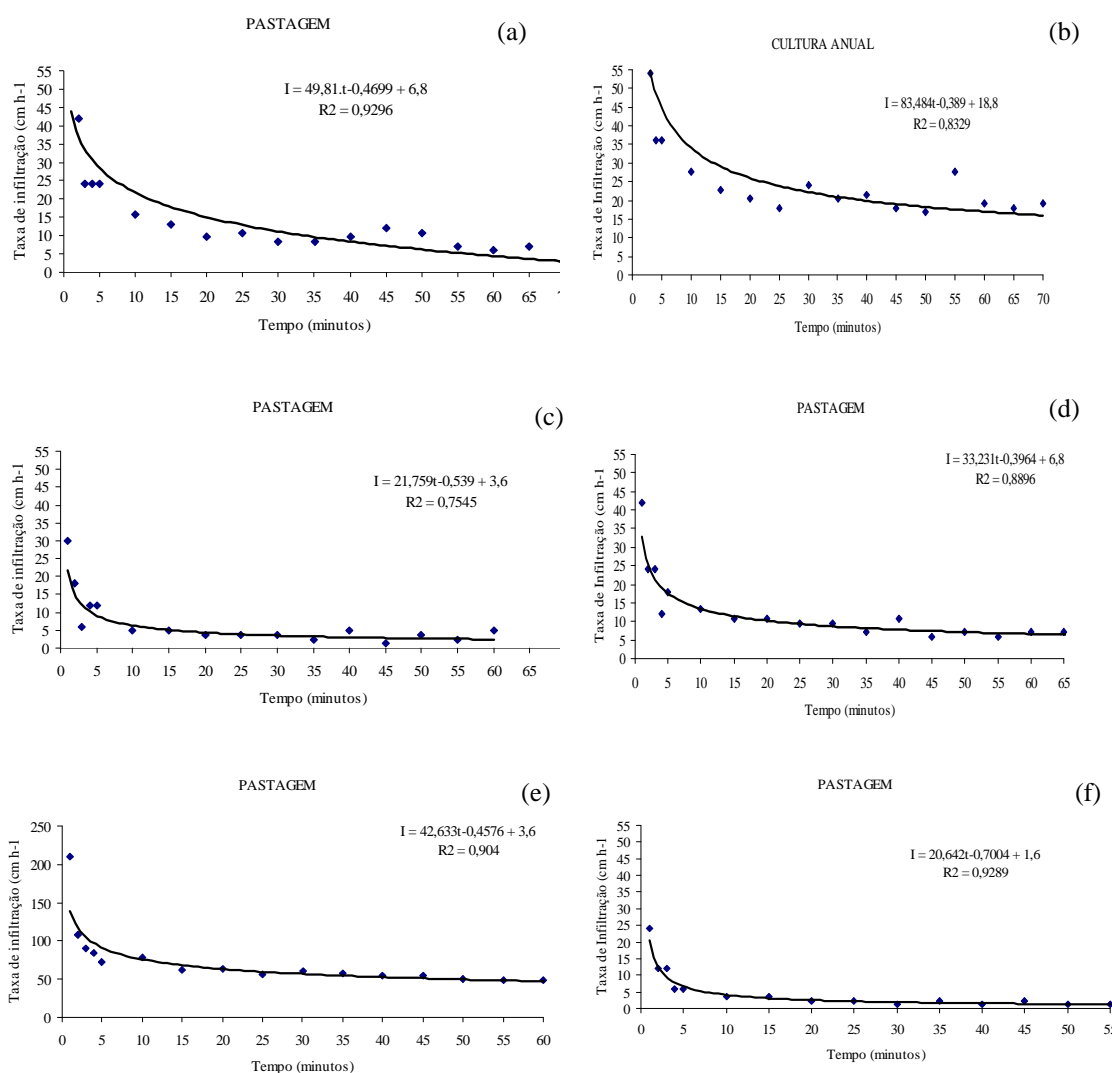


Figura 21. Taxa de infiltração de água para o Latossolo Vermelho com pastagem (a,c,d, e, f) e com cultura anual (b).

Com horticultura e florestas secundárias ou antrópicas a condição física do solo no primeiro caso, aumenta a porosidade pela incorporação de matéria orgânica (via adubos orgânicos) e no segundo devido à continuidade dos poros, visto que o solo não passa por contínuos preparos.

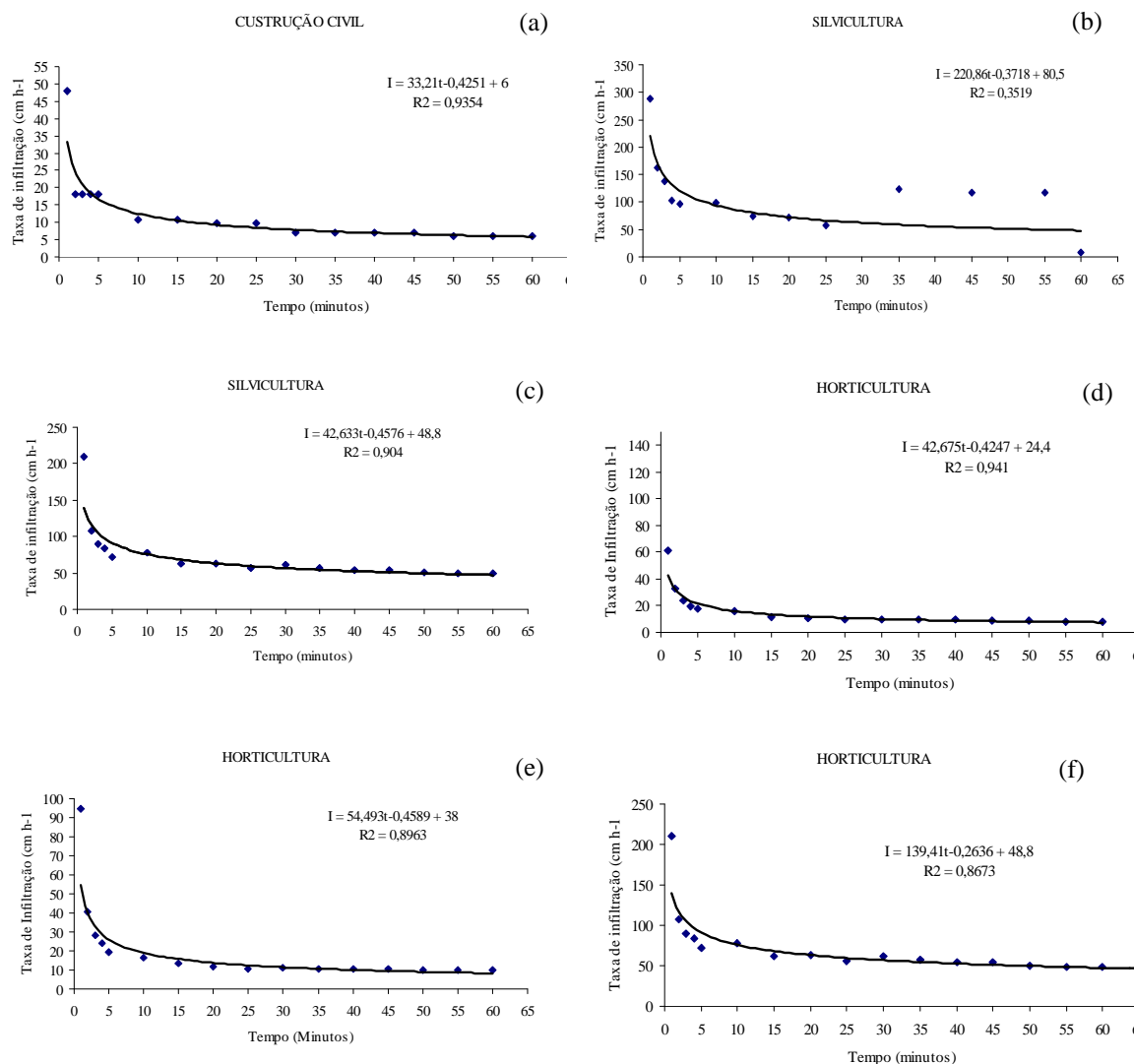


Figura 22. Taxa de infiltração de água para o Argissolo Vermelho-Amarelo área próxima à construção civil (a), com silvicultura (b, c) e horticultura (d, e, f).

As modificações provocadas pelo revolvimento na estrutura, distribuição do tamanho dos poros e teor de carbono orgânico, alteram as forças de retenção de água no solo e sua disponibilidade, os quais são fatores determinantes para o desenvolvimento de plantas em sistemas não irrigados. O preparo modifica também a rugosidade superficial, com a incorporação de resíduos vegetais, ocasionando diminuição da

infiltração e aumento da evaporação de água. Além do manejo, a granulometria e constituição do solo influenciam a retenção de água, pois as forças de adsorção dependem, basicamente, da espessura do filme de água que recobre as partículas, a qual varia de acordo com sua superfície específica. Assim, a retenção de água é maior em solos argilosos e com alto teor de matéria orgânica. Nesse sentido, a utilização de sistemas conservacionistas de preparo pode afetar o armazenamento de água em relação a sistemas de preparo convencional, o que tem sido reportado por alguns pesquisadores (SALTON; MIELNICZUK, 1995, ROJAS; VAN LIER, 1999).

Nas Tabelas 6 e 7 encontram-se os resultados dos atributos químicos estudados para os dois solos mais representativos da microbacia. A variação do conteúdo da matéria orgânica, para os dois tipos de solo, foi muito alta, o que é demonstrado pelo alto valor do coeficiente de variação. Isto pode ser devido a fatores como o relevo da microbacia, pois devido ao processo de erosão o acúmulo dos materiais transportados será nos locais mais baixos do relevo. O uso e manejo do solo também são fatores que interferem no conteúdo de matéria orgânica, em alguns pontos da microbacia observou-se que a cobertura natural do solo o protege de “carregamentos” e impacto gerado pelas gotas de chuva. A matéria orgânica influi na estrutura do solo, além de ser uma fonte de elementos importantes para a vida vegetal, tais como: enxofre, fósforo e nitrogênio (FREIRE, 2006), por isso é importante que seja mantida no solo.

O pH para ambos os solos apesar de não variar com a profundidade pesquisada (Tabela 6) pode ser classificado como médio e sua variabilidade foi baixa. Com relação ao cálcio e magnésio o solo apresentou em alguns pontos valores considerados altos e em outros não, os que levaram a um alto coeficiente de variação (Tabela 6), portanto alguns pontos da microbacia podem ter sido adubados antes da coleta de solo ou ainda ter ocorrido a perda de bases pelo manejo inadequado (erosão).

O fósforo no solo é pouco móvel, portanto, nos dois tipos de solo não houve variações elevadas de seu conteúdo (Tabela 6), o que discorda de Cavalcante et al. (2007), provavelmente devido aos sistemas de manejo do solo.

A saturação por bases tanto no Latossolo como no Argissolo apresentou-se (Tabela 6) alta para, considerando a classificação para solos tropicais, e o coeficiente de variação foi médio (12-24 %) para o Argissolo e alto (> 24 %) para o Latossolo (WARRICK; NIELSEN, 1980). Fato provavelmente associado ao manejo do solo e a posição dos solos no relevo da microbacia.

Segundo Boletim técnico 100 (1997) os valores de potássio para os dois solos estudados em ambas as profundidades apresentaram valores entre muito baixo e baixo, já para cálcio e magnésio foi alto. Os coeficientes de variação para os dois solos nas duas profundidades foram classificados como alto, devido provavelmente a prática da calagem. Com o uso de calcário resulta em valores de alumínio e hidrogênio baixos.

De forma geral o Argissolo Vermelho-Amarelo apresentou-se com atributos químicos mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas e com menor variabilidade amostral, quando comparado ao Latossolo Vermelho.

Tabela 6. Estatística descritiva para os resultados de matéria orgânica (MO), pH, fósforo (P), cálcio (Ca) e saturação por bases (V) para os dois tipos de solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP, na profundidade 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

Estatística	Latossolo Vermelho				
	MO g dm <sup>-3</sup>	pH em CaCl <sub>2</sub>	P-resina mg dm <sup>-3</sup>	Ca <sup>++</sup> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	V (%)
<b>Profundidade de 0,00-0,10 m</b>					
Média	23,95	5,41	2,53	26,59	61,89
Variância	284,33	0,44	0,00	398,45	275,70
Desvio padrão	16,86	0,66	0,05	19,96	16,60
CV%*	70,40	12,20	2,08	75,08	26,83
Máxima	143,00	7,70	2,67	102,00	97,00
Mínimo	1,00	4,00	2,33	2,00	24,00
<b>Profundidade de 0,10-0,20 m</b>					
Média	18,25	5,29	2,53	29,44	58,28
Variância	181,13	0,42	0,00	1496,55	331,72
Desvio padrão	13,46	0,65	0,05	38,69	18,21
CV%*	73,74	12,33	2,08	131,42	31,25
Máxima	119,00	7,70	2,67	273,00	96,00
Mínimo	1,00	4,00	2,33	1,00	13,00
Estatística	Argissolo Vermelho-Amarelo				
	MO g dm <sup>-3</sup>	pH em CaCl <sub>2</sub>	P- resina mg dm <sup>-3</sup>	Ca <sup>++</sup> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	V (%)
<b>Profundidade de 0,00-0,10 m</b>					
Média	42,82	5,82	2,53	109,46	80,21
Variância	440,00	0,20	0,01	6244,33	200,03
Desvio padrão	20,98	0,44	0,08	79,02	14,14
CV%*	48,99	7,60	3,13	72,19	17,63
Máxima	86,00	6,80	2,70	312,00	96,00
Mínimo	4,00	4,50	2,22	2,00	37,00
<b>Profundidade de 0,10-0,20 m</b>					
Média	36,46	5,79	2,53	104,84	78,71
Variância	482,00	0,30	0,01	6486,72	212,86
Desvio padrão	21,95	0,55	0,08	80,54	14,59
CV%*	60,21	9,41	3,13	76,82	18,54
Máxima	100,00	7,40	2,70	307,00	97,00
Mínimo	4,00	4,70	2,22	2,00	48,00

\*CV% - coeficiente de variação

Tabela 7. Estatística descritiva para os resultados de potássio (K), magnésio (Mg), hidrogênio+alumínio (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC), para os dois tipos de solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, Ilha Solteira, SP, na profundidade 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

Estatística	Latosolo Vermelho					
	K <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	(H+Al)	Al <sup>+++</sup>	SB	CTC
<b>Profundidade 0,00 – 0,10 m</b>						
Média	2,25	10,98	19,76	0,55	47,32	67,08
Variância	3,02	176,59	61,95	3,01	3150,22	3003,65
Desvio padrão	1,73	13,28	7,87	1,73	56,12	54,80
CV%*	76,88	120,94	39,82	314,00	118,59	81,69
Máxima	9,3	110	72	13	338,5	351,5
Mínimo	0,4	1	8	0	6,6	20,8
<b>Profundidade 0,10 – 0,20 m</b>						
Média	1,738	8,911	20,625	0,987	42,872	60,624
Variância	2,640	149,08	130,591	9,075	3065,618	2357,9
Desvio padrão	1,470	12,19	11,42	3,012	53,263	48,548
CV%*	84,60	137,00	55,40	305,16	131,3	80,00
Máxima	7,2	91	109	23	338,2	356,2
Mínimo	0,2	1	7	0	3,4	18,9
<b>Argissolo Vermelho-Amarelo</b>						
<b>Profundidade 0,00 – 0,10 m</b>						
Média	4,36	46,86	24,58	0,08	172	197,14
Variância	8,83	748,85	56,94	0,11	9578	9661
Desvio padrão	2,97	27,36	7,54	0,34	97,84	98,29
CV%*	68,11	58,38	30,67	425,00	56,88	46,85
Máxima	12	114	38	2	398	418,7
Mínimo	0,5	6	11	0	22,4	35
<b>Profundidade de 0,10 – 0,20 m</b>						
Média	3,2	38,6	24,4	0,08	164,6	190,2
Variância	5,8	763,6	66,5	0,075	10935,1	11061
Desvio padrão	2,4	27,63	8,59	0,274	104,57	105,1
CV%*	74,40	71,60	35,20	342,50	63,50	55,20
Máxima	8,8	136	42	1	443,1	456,1
Mínimo	0,5	6	9	0	12	22

\*CV% - coeficiente de variação

## 5. CONCLUSÕES

1. A Microbacia do Jardim Novo Horizonte apresenta relevo com cotas que variam de 280 a 370 m, rede de drenagem dendrítica, a ocupação mais representativa da área é com pastagem (50 %), a vegetação arbórea (secundária e ciliar) é de 15 %, área urbana e edificações 17 % e o restante (18 %) com culturas anuais, fruticultura e outros.

2. Os solos representativos da microbacia estudada foram: Latossolo Vermelho distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico.

3. O Latossolo Vermelho apresentou-se com condições físicas mais degradadas tomando-se como indicadores de qualidade a taxa de infiltração de água e a densidade do solo.

4. As condições físicas no Argissolo Vermelho-Amarelo foram melhores nas áreas ocupadas com espécies arbóreas, comparadas as utilizadas com horticultura.

5. A variabilidade dos atributos físicos e químicos estudados foram maiores no Latossolo Vermelho comparado ao Argissolo Vermelho-Amarelo.

## 6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Rev. Bras. Ci. Solo, Viçosa**, v.25, p. 717-723, 2001.

ALVES, M.C. **Cultura do algodão, soja, milho e feijão em sucessão com quatro adubos verdes em dois sistemas de semeadura**. 1992. 173f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

ALVES, M.C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP**. 2001. 83f. Tese (Livre Docência em Solos) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

ALVES, M.C.; SUZUKI, L.E.A. S.; HIPÓLITO, J.L.; CASTILHO, S.R. Propriedades físicas e infiltração de água de um Latossolo Vermelho Amarelo (Oxisol) do noroeste do estado de São Paulo, Brasil, sob três condições de uso e manejo. **Rev. Cadernos Laboratório Geológico de Laxe, Coruña**, v.30, p. 167-180, 2005.

ANDRADE JUNIOR, R. T. **Propriedades físico-químicas de um solo em recuperação e adaptação da *Brachiaria decumbens***. 2004. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. **Rev. do Inst. Flor.SP**, São Paulo, v.10, n.2, p. 185-96, 1998.

BARCELOS, A.A.; CASSOL, E.A.; DENARDIN, J.E. Infiltração de água em um latossolo vermelho-escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo, Viçosa**, v.23, p.35-43, 1999.

BARUQUI, F. M. **Inter-relações solo-pastagens nas regiões mata e rio doce do Estado de Minas Gerais**. 1982. 119f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1982.

BASTOS, A. C. S.; FREITAS, A. C. Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental. In.: CUNHA, S. B; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e pericia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BERTOL, I.; Almeida, J. A. de; Almeida, E. X.; Kurtz, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-Elefante-Anão cv. Mott. **Pesq Agrop Bras.**, Brasília, v.35, n.5, p.1047- 1054, 2000.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN Jr., W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **R. Bras. Ci. Solo, Viçosa**, v.28, p. 155-163, 2004.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BERTRAND, A.R. **Rate of water intake in the field**. In: BLACK, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: Amer, Soc. of Agronomy, 1965. part.1, p.197-208.

BLEVINS, R.L.; SMITH, M.S.; FRYE, W.W. Changes in soil properties after 10 years of no-tillage and conservation tilled corn. **Soil Tillage Resesearch**, Chicago, v.3, p.135-146, 1983.

BROWN, G.W. **Forestry and water quality**. Corvallis: OSU Book Stores, 1976. 74p

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resource assessment**. Oxford: University Press, 1986. 194p.

CALIJURI, M. L.; MEIRA, A. D.; PRUSKI, F. F. **Geoprocessamento aplicado aos recursos hídricos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: [s.n.], 1998.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. A.; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 3-11.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAR, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field scale variability of soil properties in central Iowa Soils. **Soil Science Society American Journal**, Chicago, v.58, p.1501-1511, 1994.

CARDURO, F.A.; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e campo para irrigação e drenagem**. Brasília: PRONI/MA, 1988. 216p.

CARVALHO, H.O.G. **Física dos solos**. Campina Grande: UFPB, 2000. 173p.

CARVALHO, F.L.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de doses e formas de manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. **Rev. Bras. de Ci. do Solo**, Campinas, v.14, p.227-234, 1990.

CARVALHO, J.R.P.; SILVEIRA, P.M.; VIEIRA, S.R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v.37, n.8, p.1151-1159, 2002.

CASTILHO, R. **Sistemas orbitais e uso do território: integração eletrônica e conhecimento digital do território brasileiro**. 1999. 285f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – faculdade de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999.

CAVENAGE, A.; MORAES, M.L.T.; ALVES, M.C.; CARVALHO, M.A.C.; FREITAS, M.L.M.; BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes culturas. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 23, p.997-1003, 1999.

CENTURION, F. J.; CARDOSO J. P.; NATALE, W. Efeitos de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um latossolo vermelho em diferentes agroecossistemas. **Rev. Bras. de Eng. Agr. e Amb.**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 254-258, 2001.

COMITÊ DA BACIA DO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS. **Diagnostico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do plano da bacia hidrográfica do são josé dos dourados**. São Paulo: CBH-SJD, 2000. Disponível em: < <http://www.sigrh.sp.gov.br>>. Acessado em: 22/08/07.

CORÁ, J.E. **The potential for site-specific management of soil land yield variability induced by tillage**. East Lansing, Michigan State University. 1997. 104 f. Tese (Doutorado), 1997.

CORÁ, J.E.; ARAUJO, A.V.; PEREIRA, G.T.; BERALDO, J.M.G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Rev. Bras. de Ci. do Solo**, Viçosa, v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.

CORRÊA, J.C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas. **Pesquisa Agrop. Brasileira**, Brasília, v.20, n.11 p.1317-1322. 1985.

COSTA, B.M. **Degradação das pastagens**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 5, 1980, Campinas. **Anais....** Campinas: Fundação Cargil, 1980. p.5-7

CUNHA, S. B; GUERRA, A. J. T., A Questão **Ambiental**: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 248p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Síntese do relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo:Local de Edição, 1999a. 53p.

DIAS, J.E.; GOES, M.H.B.; SILVA, J.X.; GOMES, O.V.O. Geoprocessamento aplicado à análise ambiental: o caso do município de Volta Redonda – RJ. In.: XAVIER DA SILVA, J.; ZAIDAN, R.T. (Org.). **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368 p.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J.A.; DE PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, pp. 115-125, 2005.

DOORNKAMP, J.C.; KING, C.A.M. **Numerical analysis in geomorphology: an introduction**. London: Edward Arnold, 1971. 372p.

DRENAGEMl. [s.l.:s.n], 2008. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Drenagem>>. Acessado dia 25/08/08.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA-EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 1999. 312 p.

FERRAZ, F. de B.; MORTATTI, J. Avaliação do processo erosivo mecânico em bacia subtropical desenvolvida pela análise de sedimentos finos em suspensão. **Res. Geociências**, Rio Claro, v.21, n. 1/2, p.113-120, 2002

FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Florestais, 2006. 9 p.

GREENLAND, D. J. Soil structure and erosion hazard. In: GREENLAND, D. J.; LAL, R. **Soil conservation and management in the humid tropics**. New York: John Wiley & Sons, 1981. p. 17-23.

GROVE, M.; HARBOR, J.; ENGEL, B. Composite vs. distributed curve numbers: effects on estimates of storm runoff depth. **J. of the Amer. Water Res. Assoc.**, Michigan, v. 34, n. 5, p. 1015-1023, 1998.

HAKANSSON, I., VOORHEES, W.B. Soil compaction. In: LAL, R., BLUM, W.H., VALENTIN, C., et al. (Eds.) **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: Lewis, 1997. p.167-179.

HASENACK, H.; WEBER, E.; VALDAMERI, R. Análise de vulnerabilidade de um parque urbano através de módulos de apoio à decisão em sistemas de informação geográfica. In: GIS Brasil, 98. Curitiba – PR. In: NOME DO EVENTO, numero do evento, data, cidade. **Anais Eletrônicos....** Lugar de Publicação: Editora, 2007.

Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/ecologia/idrisi>> Acessado em: 20 mar. 2007.

HESPANHOL, A. N. **Dinâmica agro-industrial, intervenção estatal e a questão do desenvolvimento da região de Andradina – SP**. 1996. 273f. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996.

HUDSON, N.W. Soil conservation. Ithaca: Cornell University Press, 1977. 320p.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Applications of the resistance curve in the control of the physical quality of soils under grass. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n. 7, p1-8, 2000. ISSN 0100-204X.

LEPSCH, I. F.; BERTOLINI, D. ESPINDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1991. 189p.

LAL, R; STEWART, B.A. Soil degradation: a global threat. **Adv. Soil Sci.**, Missipi, v.11, p.1317, 1990.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1986. 242 p.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Edusp, 2001. p.33-44.

LUZ, P. H. de C.; HERLING, V. R. Impactos do pastejo sobre as propriedades físicas do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.

MACHADO, R.V. Variabilidade espacial de atributos físicohídricos em uma hidrosseqüência de solos bem a muito mal drenados. 1994. 88f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia - UFPA – Universidade Federal de Lavras, 1994.

MERTEN, G.H.; CAVIGLIONE, J.H.; CIACOMINI, D.C.; RUFINO, R.L.; MEDEIROS, G. B.; SAINTTRAINAT, D.; RIBAS, G.C.; DEDECEK, R. **El uso del modelo USLE para determinar mapas de erosion potencial y actual en las Microcuencas pilotos de Agua Grande y Córrego do Pensamento, Mamborê, Paraná, Brasil**. Santiago: Proyecto Regional GCP/RLA/107/JPN IAPAR/EMBRAPA/FAO, 1995. 43p. (Documento de Campo, 6)

MOITA, R.; CUDO, K. Aspectos gerais da qualidade da água no Brasil. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E SAÚDE NO BRASIL, n.4, 1991, Brasília. **Anais...** Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria do Meio Ambiente. p. 1-6, 1991.

PEDRON, F. A., DALMOLIN, R. S. D., AZEVEDO, A. C.; KAMINSKI, J. Solos urbanos. **Rev. Ciência Rural**, Santa Maria, v34, n5, p.1647-1653, 2004.

PEREIRA, V.P. **Solo: manejo e controle de erosão hídrica**. Jaboticabal: FCAV, 1997. 56p.

PIMENTEL-GOMES, F. P., GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

PIROLI, E.D. et al. Análise do uso da terra na microbacia do arroio do meio – Santa Maria – RS, por sistema de informações geográficas e imagem de satélite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.3, p. 407-413, 2002.

POLATTO, L. A. de O. **Caracterização geoambiental da microbacia do Córrego Novo Horizonte, Ilha Solteira-SP**. 2003. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Faculdade de Geografia, Universidade Federal Mato Grosso do Sul, Três Lagoas 2003.

POLITANO, W.; LATANZE, R.J.; LOPES, L.R.; AMARAL, C.; CORSINI, P.C.; SILVA, G.W. de L. Ocupação do solo e estados da erosão acelerada no município de Mococa, SP. **Rev. de Geografia**, São Paulo, v.11, p.47-61, 1992.

RANIERI S. B. L. et al. Aplicação de índice comparativo a avaliação do risco de degradação das terras. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p25, 1998.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: Paulo Yoshio Kageyama. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 93-108.

ROCHA, J.V. El **Sistema de informaciones geográficas (sig) en los contextos de planificación del medio físico y de las cuencas hidrográficas**. In: REPETTO, F.L. ; KAREZ, C.S. Aspectos geológicos de protección ambiental. Montevidéo: UNESCO, 2000. p.112-123.

ROJAS, C.A.L.; VAN LIER, Q.J. Alterações físicas e hídricas de um Podzólico em função de sistemas de preparo. **Pesq. Agrop.**, Gaúcha, v.5, n.1, p.105-115, 1999.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Rev. Brás. de Ci. do Solo**, Viçosa, v.19, n..., p.313-319, 1995.

SETA, A.K.; BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W. & BARFIELD, B.J. Reducing soil erosion and agricultural chemical losses with conservation tillage. **Journal Environment Quality**, Chicago, v.22, n3, p. 661-665, 1993.

SILVA, A. M. Princípios básicos de hidrologia. **Rev. Bras. de Agroecologia**, Lavras, v.2, n.2 p.1411, 2007.

SILVA, H.R.; POLITANO, W. Análise do uso e ocupação do solo e processos de erosão na área de influência do conjunto de Urubupungá: estudo dos municípios de Pereira Barreto, Ilha Solteira e Suzanópolis (SP). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, 1995, Bauru. **Anais...** Bauru: ABGE-IPT-DIGEO, 1995. p.145-47.

SILVA, A. M. da; SCHULZ, H. E. Potencial natural de erosão e expectativa de perda de solo para a bacia hidrográfica do Ribeirão Água Fria (Palmas,TO). **Geociências**, Rio Claro, v.21, n. 1/2, p.121-127, 2002.

SILVEIRA, P.M.; CUNHA, A.A. Variabilidade de micronutrientes, matéria orgânica e argila de um latossolo submetido a sistemas de preparo. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v.37, n.9, p.1325-1332, 2002.

SIMÕES, W.L.; SILVA, É. L. da; LIMA, D. M. de; OLIVEIRA, M. S. de. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico, submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p. 1061-1068, 2006.

SMITH, R. E. The infiltration envelope: results from a theoretical infiltrometer. **J. Hydr.**, [s.l.], v.17, n2, p. 1-22, 1972.

SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. van. Soil compaction problems in world agriculture. In: NOME (Ed.). **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 1-21.

SOPPER, W. E. Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.4, n.1, pp. 24-9, 1975.

SOUZA, C.K. **Relação solo-paisagem-erosão e variabilidade espacial de Latossolos em áreas sob cultivo de cana-deaçúcar no município de Jaboticabal (SP)**. 2001. 186f. Tese (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. DA. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.25, n.2, p.395-401, 2001.

TANAKA, S; SUGIMURA, T. A. New frontier of remote sensing from IKONOS images. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 22, n.1, p. 1 – 5. 2001.

THOMPSON, P.J., JANSEN, I.J., HOOKS, C.L. Penetrometer resistance and bulk density as parameters for predicting root system performance in mine soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p.1288-1293, 1987.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n1, p.181-186, 2002.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. In: \_\_\_\_\_. **Advances in Agronomy**. San Diego: Academic Press, 1985. v.38, p.45-94.

VANZELA, L, S. Caracterização da microbacia do cinturão verde de ilha solteira – para fins de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. CD/ROM.

WARRICK, A.W; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980. p.319-344.

VAZHEMIN, I.G. Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia. **Soviet Soil Science**, Silver Spring, v.4, n.1, p. 90-101, 1972.

ZIPPARRO, V. B.; SCHLITTLER, F. H. M. Estrutura da vegetação arbórea na mata ciliar do Ribeirão Claro, município de Rio Claro, SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 212-218.