

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL
DA CAPACIDADE DO USO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DOS
ROCHAS, AVARÉ (SP)**

FRANCISCO ANTÔNIO GALATTI FILHO

Eng. Agrônomo

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia - Área de Concentração em
Irrigação e Drenagem

BOTUCATU-SP
Outubro - 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL
DA CAPACIDADE DO USO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DOS
ROCHAS, AVARÉ (SP)**

FRANCISCO ANTÔNIO GALATTI FILHO

Eng. Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. SÉRGIO CAMPOS

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia - Área de Concentração em
Irrigação e Drenagem

BOTUCATU-SP
Outubro - 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Galatti Filho, Francisco Antônio, 1970-
G146g Geoprocessamento aplicado na distribuição espacial da capacidade do uso na microbacia do Córrego dos Rochas, Avaré, (SP) / Francisco Antonio Galatti Filho. - Botucatu, [s.n.], 2006.
x, 79 f. : il. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006
Orientador: Sérgio Campos
Inclui bibliografia

1. Geociências. 2. Sistemas de informação geográfica. 3. Planejamento regional. 4. Mapeamento do solo. I. Campos, Sérgio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL
DA CAPACIDADE DO USO NA MICROBACIA DO CÔRREGO DOS
ROCHAS, AVARÉ (SP)"**

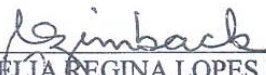
ALUNO: FRANCISCO ANTÔNIO GALATTI FILHO

ORIENTADOR: PROF. DR. SERGIO CAMPOS

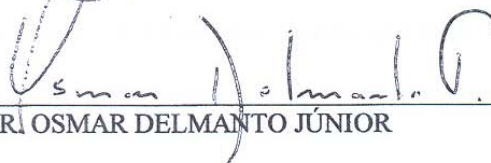
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. SERGIO CAMPOS



PROF. DR. CELIA REGINA LOPES ZIMBACK



PROF. DR. OSMAR DELMANTO JÚNIOR

Data da Realização: 22 de agosto de 2006.

Dedico...

A Deus, pela graça recebida de poder alcançar tão almejada realização.

Aos meus pais, FRANCISCO ANTÔNIO GALATTI (em memória) e MARGARIDA MARIA ALVES GALATTI (em memória), pela educação, força, carinho, amor, compreensão, confiança e sacrifícios...

Aos meus irmãos

SÔNIA REGINA GALATTI,

SELMA CRISTINA GALATTI,

FÚLVIO JOSÉ GALATTI

SILMARA GALATTI,

Pela amizade sincera e alegria de formarmos uma família feliz.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao meu orientador ***Prof. Dr. SÉRGIO CAMPOS*** pela incansável dedicação, orientação e sugestões pertinentes na elaboração deste trabalho e, especialmente, pela amizade adquirida durante estes anos de convivência,

MINHA GRATIDÃO.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP/Campus de Botucatu, por conceder-me a oportunidade de realizar o mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa, imprescindível para realização deste trabalho de pesquisa.

Aos **Profs. Drs. João Carlos Cury Saad e Raimundo Leite Cruz**, respectivamente Coordenador e Sub-Cordenador do Programa de Pós Graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem, que não pouparam esforços na condução dos trabalhos.

Ao Departamento de Solos, especialmente a **Profa. Dra. Célia Regina Lopes Zimback**, pela orientação e pertinente sugestão quanto à interpretação dos resultados.

Ao Secretario Municipal de Agricultura e Abastecimento do município de Avaré **José Aparecido Andrade**, ao **Engº Agrº Euvaldo N. Pereira Jr.** da Casa da Agricultura de Avaré pela disponibilidade e orientações quanto ao correto enquadramento dos tipos de solo ocorrentes no Município de Avaré-SP e aos amigos José Evaristo Gonçalves, Marli Aparecida Guelfi, Paulo C. Baroni, Valdemar Pancioni e Benedito C. Ribeiro.

Aos Professores e funcionários do Departamento de Engenharia Rural, pela concessão do laboratório, equipamentos e materiais necessários à elaboração e confecção dos mapas topográficos básicos especialmente, ao amigo **Ronaldo Alberto Pollo**, pela ajuda profissional, apoio e amizade durante esta convivência.

Aos funcionários da biblioteca e secretárias da Seção de Pós Graduação, pela atenção e dedicação.

E, a todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMARIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	X
 1. RESUMO.....	 1
 SUMMARY.....	 3
 2. INTRODUÇÃO.....	 5
 3. REVISÃO DE LITERATURA.....	 8
3.1. Topografia do terreno.....	8
3.2. Levantamento do meio físico.....	10
3.3. Capacidade de uso das terras.....	13
3.3.1. Sistema de classificação de capacidade de uso da terra.....	16
3.4. Planejamento ambiental em bacias hidrográficas.....	22
3.5. Geoprocessamento.....	25
3.6. Sistema de Informações Geográficas.....	26
3.6.1 O SIG-IDRISI.....	30
 4. MATERIAL E MÉTODOS.....	 33
4.1. MATERIAL.....	33
4.1.1. Área de estudo.....	33
4.1.2. Bases topográficas e equipamentos utilizados.....	34
4.1.3. Unidades de solo.....	35
4.2. MÉTODOS.....	40
4.2.1. Delimitação da área da bacia hidrográfica.....	40
4.2.2. Obtenção da carta clinográfica.....	41

4.2.3. Obtenção da imagem booleana a partir do mapa de solos.....	42
4.2.4. Obtenção do mapa referente ao cruzamento entre o mapa das classes de declive e as unidades de solo.....	42
4.2.5. Critério para determinar as classes e subclasses de capacidade de uso da terra.....	42
4.2.6. Obtenção do mapa de classes de capacidade de uso da terra.....	48
4.2.7. Cálculo das áreas dos mapas.....	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
5.1 Classes de declive.....	50
5.2 Unidades do solo.....	52
5.3 Classe de declive em função das unidades do solo.....	53
5.4. Capacidade de uso da terra.....	54
5.5. Recomendações finais de manejo em função das classes e subclasses de capacidade de uso.....	54
5.5.1. Subclasse II e,s: problemas de erosão e de solo.....	59
5.5.2. Subclasse III e: Limitação por problemas de erosão.....	60
5.5.3. Subclasse IV s: Problemas de solo.....	61
5.5.4. Subclasse IV e: Problemas de erosão.....	62
5.5.5. Subclasse IV e,s.....	63
5.5.5.1. Culturas perenes.....	63
5.5.5.2. Pastagem.....	64
5.6. Subclasse VI e.....	65
5.6.1. Pastagem.....	66
5.6.2. florestas.....	66
5.7. Subclasse VII e: Problemas de erosão.....	67
5.7.1. Pastagens.....	67
5.7.2. florestas.....	68
5.7.3. Reflorestamento.....	68
6. CONCLUSÕES.....	70

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
------------------------------------	----

LISTA DE QUADROS

	Página
1. Densidade de drenagem.....	09
2. Classes e subclasse de capacidade de uso.....	17
3. Unidades de solos ocorrentes na microbacia dos Rochas Município de Avaré-SP.....	35
4. Análise química da unidade de solo, Nitossolo Vermelho (NV5).....	36
5. Análise química da unidade de solo, Nitossolo Vermelho (NV5).....	36
6. Análise física e mineralógica da unidade de solo, Nitossolo Vermelho (NV5).....	36
7. Análise física e mineralógica da unidade de solo, Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA52).....	38
8. Análise química da unidade de solo, Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA52).....	38
9. Análise química da unidade de solo, Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA52).....	39
10. Análise física e mineralógica da unidade de solo, Latossolo Vermelho (LV4).....	39
11. Análise química da unidade de solo, Latossolo Vermelho (LV4).....	39
12. Análise química da unidade de solo, Latossolo Vermelho (LV4).....	40
13. Intervalos de classes de declive para conservação de solos.....	42
14. Tabela de julgamento das classes de capacidade de uso das terras.....	43 46
15. Classificação e atribuição das notas para valores de pH e V%.....	46
16. Classificação e atribuição das notas para valores de CTC e M.O.....	47

17. Classificação e atribuição das notas para valores de pH, V%, CTC e M.O..	
18. Valores atribuídos para o deflúvio em relação ao tipo de solo e com o deflúvio com as classes de declive.....	47 48
19. Limitações de uso para definição das subclasses.....	49
20. Representação das classes de capacidade de uso e suas respectivas cores....	
21. Classes de declive ocorrentes na Microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).....	51
22. Áreas totais em hectares e porcentagens relativas de solo ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).....	53
23. Áreas totais das classes de declive em função das unidades de solo ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas– Avaré (SP).....	54
24. Determinação das classes e subclasses de capacidade de uso pelos critérios de julgamento.....	55
25. Áreas totais das subclasses de capacidade de uso da terra em hectares e porcentagem da microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).....	57

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Localização da microbacia dos Rochas localizada no Município de Avaré (SP).....	34
2. Carta clinográfica obtida por meio do ábaco.....	51
3. Unidades de solo da microbacia dos Rochas Avaré (SP).....	52
4. . Mapa referente ao cruzamento entre as classes de declive e as unidades de solo ocorrente na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).....	53
5. Subclasses de capacidade de uso das terras do Município Avaré (SP).....	56
6. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).....	60
7. <i>Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).....</i>	61
8. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).....	62
9. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).....	63
10. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).....	65
11. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).....	67
12. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).....	69

1. RESUMO

O objetivo, deste trabalho foi a espacialização da capacidade de uso das terras da microbacia do Córrego dos Rochas, Município de Avaré-SP, obtida através da utilização do Sistema de Informação Geográfica - Idrisi, visando contribuir para uma melhor organização territorial e planejamento de uma adequado da ocupação do solo. Os resultados obtidos a partir da metodologia utilizada permitiram mostrar que a maior parte das áreas de terras da microbacia dos Rochas são formadas por solos pertencentes às unidades: LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA52) Distróficos (36,64%) e LATOSSOLO VERMELHOS (LV4) Eutroféricos e Distroféricos (30,30%), apresentando textura arenosa. Quanto à declividade, houve um predomínio de áreas com classes de declive de 0-12%, relevo plano a ondulado (61,37%) da área da microbacia, mostrando que essas terras são propícias para o cultivo de culturas anuais, com amplo uso da mecanização. A maior parte das terras foi classificada como sendo da classe IV (73,79 %) de capacidade de uso, porém, foram encontradas as seguintes subclasses de capacidade de uso das terras: IIe,s; IIIe; IVs; IVe; IVe,s, VIe e VIIe. As subclasses de capacidade IVe; IVe,s, IVs e VIe foram as mais representativas, mostrando tratar-se de terras que podem ser utilizadas para fins agrícolas, próprias para lavouras em geral, ressaltando-se que, quando cultivadas sem cuidados

especiais, ficam sujeitas a severos riscos de depauperamento, principalmente quando os solos são utilizadas culturas anuais. O Sistema de Informação Geográfica – Idrisi mostrou-se eficiente na determinação da capacidade de uso das terras da microbacia do Bairro dos Rochas, Município de Avaré-SP, demonstrando que a utilização de ferramentas de geoprocessamento facilita e agiliza os trabalhos dos cruzamento de dados, permitindo o armazenamento digital de dados que poderão vir a ser utilizados para outras análises, sobretudo para futuros planejamentos territorial e ambiental da área ora estudada.

Palavras Chave: Geoprocessamento, Capacidade do Uso do Solo, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Idrisi Kilimanjaro.

SUMMARY

GEOPROCESSING AND REMOTE SENSING APPLIED IN THE SPATIAL DISTRIBUTION OF THE LAND USE CAPABILITY. Botucatu, 2006. 76p. Tese (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FRANCISCO ANTÔNIO GALATTI FILHO

Adviser: PROF. DR. SÉRGIO CAMPOS

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

Keywords: Geoprocessing, land use capacity, Geographical Information Systems (GIS), Idrisi Kilimanjaro

2. INTRODUÇÃO

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

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

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

danos ao meio ambiente como assoreamento dos rios, a degradação, a erosão e o empobrecimento do solo.

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

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

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

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

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

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

O levantamento do uso da terra numa dada região é de fundamental importância para a compreensão de um manejo adequado. Deste modo, há necessidade de atualização constante dos registros de uso da terra, para que as tendências sejam analisadas e

utilizadas de forma mais adequada, visto as constantes alterações provocadas pela ação do homem ao ambiente.

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

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

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

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Topografia do terreno

A topografia do terreno é representada pela declividade e pelo comprimento dos lançantes. O comprimento de uma rampa associado ao grau de declive, são os fatores mais importantes no processo erosivo e, à medida que a água escoar pelo caminho vai aumentando o seu volume, o mesmo acontece com a velocidade de escoamento que aumenta proporcionalmente (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

Segundo Christofolletti (1969), a densidade de drenagem relaciona o comprimento total da rede de drenagem da microbacia em função da área. Esse parâmetro é importante no estudo de bacia hidrográfica por definir sua representação topográfica.

Valores baixos podem indicar solos pouco permeáveis, vegetação menos densa ou ausente, rochas de granulometria fina e relevo mais acidentado. Segundo o mesmo autor, uma região com baixo valor de densidade de drenagem pode indicar rochas resistentes, solo muito permeável, cobertura vegetal densa ou relevo suave, com concomitância possível. Por outro lado, um alto valor de densidade de drenagem pode indicar rochas pouco resistentes,

solo impermeável, pequena cobertura vegetal ou relevo acidentado, podendo também existir concomitância entre eles (HORTON, 1945).

Quadro 1. Densidade de drenagem (Christofolletti, 1969).

Classificação	Densidade de drenagem (km/km ²)
Alta	>10,0
Média	7,5 a 10,0
Baixa	< 7,5

A classificação e o mapeamento da declividade são indispensáveis nos levantamentos de uso da terra, essas informações são importantes para o manejo das terras utilizadas na exploração agrícola, onde se a ocupação e uso do solo forem adequados, técnicas simples de conservação promovem o uso sustentável, prolongando o potencial produtivo (MARQUES, 1971).

A declividade do terreno exerce papel fundamental sobre as águas de escoamento, quanto maior a declividade do solo maior será a velocidade de escoamento e como consequência, maior será a erosão e ainda, complementa que é um parâmetro importante para estudar os picos de enchentes e a infiltração da água no solo, e assim quanto maior o declive da área maior será a velocidade de escoamento acarretando um maior risco de erosão (MOTA, 1981).

Segundo Brasil (1987), no sentido amplo, o termo erosão significa denudação do solo ou de superfície do terreno com o transporte de partículas. O uso do solo é inerente à ação humana, a erosão do solo é resultado do seu uso incorreto. A moderna tecnologia sendo usado sem a preocupação de evitar os efeitos indesejáveis pode favorecer a formação de áreas degradadas.

A erosão é consequência do desmatamento depredatório, que desequilibra o ecossistema e causa prejuízos, difere de solo para solo, o que proporciona maior ou menor resistência a ação das águas. Solos desnudos são susceptíveis a erosões eólicas e hídricas trazendo prejuízos para a agricultura. A erosão é o maior fator de empobrecimento do solo, muitas vezes é acelerada pelo manejo incorreto e por práticas agrícolas inadequadas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990). Rocha (1986) complementa

que, além dos prejuízos causados para a agricultura, também com as chuvas existe o arraste de partículas para os rios, causando assoreamento o mesmo acontece com os reservatórios.

Para Ehlers (1999) e Iwasa e Prandini (1980) o manejo inadequado do solo e a diminuição do teor de matéria orgânica comprometem a estrutura física agindo como principal agente de depauperamento das terras. De início, pode refletir o mau uso do solo e depois de certo tempo, interferir nas condições intrínsecas da área, como a geologia e geomorfologia, das bacias.

Para que exista controle da erosão, se faz necessário classificar o uso do solo de acordo com a declividade fazendo a divisão em grupos, classes e subclasses (LEPSH et al., 1991).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), técnicas para conservação do solo são aquelas utilizadas para aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo erosivo. São classificadas em vegetativas (que utilizam a vegetação. Ex: cobertura morta, cultura em faixas), edáficas (que modificam os sistemas de cultivo. Ex: adubação química, orgânica, calagem) e mecânicas (que recorrem a remoções ou disposições adequadas de porções de terra. Ex: plantio em contorno, terraceamento). Já que para os referidos autores as técnicas conservacionistas devem ser executadas simultaneamente, neste questionário será considerado utilizador aqueles proprietários que citarem pelo menos duas técnicas para conservação do solo.

Na agricultura sustentável é possível preservar esses recursos, basta que haja mudanças na maneira como o homem vem realizando o manejo do solo (BRASIL, 1987). A crescente demanda de alimentos faz com que a cobertura original seja cada vez mais substituída por campos cultivados, causando um desequilíbrio nos ecossistemas naturais, ao mesmo tempo esse cultivo contribui para degradar o solo que está exposto à ação de fatores climáticos.

3.2. Levantamento do meio físico

Para Zimback (1997), o levantamento do meio físico deve constar de informações capazes de proporcionar a continuação do estudo por outros técnicos como a capacidade do uso da terra ou outro assunto do seu interesse. A autora descreveu que o

levantamento da região deve ser efetuado como um exame de identificação detalhado do solo, estabelecendo os seus limites geográficos, a descrição da unidade de solos representados no mapa de solos, tendo por objetivo determinar as características e classificá-los em um sistema uniforme de classificação que representa um agrupamento de unidades pedológicas em classes de terra.

E ainda complementa que o maior emprego das interpretações de classificação dos solos tem sido para a elaboração de mapas de capacidade de uso das terras, onde o levantamento é baseado em características e propriedades relacionadas com o solo e sua aptidão agrícola, com o propósito de definir sua máxima capacidade de uso sem correr o risco de degradação e estabelecendo o manejo correto desse solo.

Entretanto o êxito desse levantamento que começa com a disponibilidade das informações e finaliza com a tomada de decisão depende de um nível mínimo de confiabilidade dos resultados levantados no mapeamento, onde vai garantir a qualidade dos dados apresentados, minimizando os erros no planejamento garantindo assim o desenvolvimento de uma agricultura racional e adequada as condições ambientais de uma determinada região, o resultado final deve ser disponibilizado na forma de mapas para auxiliar o planejamento (FUKS, 1998).

A interpretação do levantamento do solo pode ser feita de acordo com a capacidade e aptidão agrícola para diversas culturas onde, através do planejamento do uso da terra apresenta o manejo adequado e a viabilidade do projeto através da implantação de novas tecnologias. Segundo os autores o planejamento do uso da terra passa por diversas fases dentre as quais a principal é o conhecimento do solo mostrando a aptidão agrícola que ocorre em um determinado local (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

Para minimizar a ação constante dos fenômenos naturais e também desenvolver a capacidade produtiva gradativamente Rebouças, (1997), afirmou que é necessário um cuidadoso planejamento inicial tomando cuidado com o levantamento dos dados que deve ser detalhados e confiáveis para que se tenha como resultado final o manejo adequado, minimizando as alterações superficiais provocadas pelos fenômenos naturais garantindo o desenvolvimento da agricultura.

A agricultura é uma atividade dinâmica e depende de fatores que mudam constantemente, fatores relacionado com o solo ou com o clima podem afetar a planta

de diversas maneiras atuando em conjunto ou isoladamente no seu desenvolvimento, afirmam diversos autores como: Giotto (1981), Madruga (1985), Fuchs (1986), Pereira (1984), De Ligier e Perucca (2000), Bucene (2002) e Piroli (2002), que tendo um planejamento e um acompanhamento adequado do uso da terra pode alcançar o máximo de rendimento de acordo com as potencialidades de cada solo, o manejo adequado é importante pois além de diminuir a degradação ambiental é uma importante ferramenta para o planejamento.

O empobrecimento das terras, para Campos (2001), é um fator limitante na produtividade reduzindo drasticamente a sua capacidade, como consequência desse manejo incorreto pode ocorrer erosões alterando os fatores que a limitam. O planejamento do uso da terra exige a utilização de varias técnicas de manejo e conservação sendo também variados os níveis de complexidade para cada caso.

A conservação do solo é um dos aspectos mais importantes da agricultura moderna sendo necessário a implantação de uma política agrícola adequada. Para viabilizar e estruturar o planejamento agrícola local ou regional faz necessário o uso de informações confiáveis e atualizadas do uso e da ocupação das terras (FILADELFO JUNIOR, 1999).

O uso incorreto do solo tem como consequência a erosão, para a manutenção produtiva da terra em longo prazo é de vital importância à adequação do sistema produtivo as condições ecológicas disponível segundo Koffer (1996), a diminuição do ritmo da expansão agrícola foi provocada pela conscientização ambiental. As áreas usadas adequadamente podem ser identificadas confrontando o uso potencial com o uso real da terra, também identificando as áreas que estão sendo usada abaixo ou acima da intensidade máxima recomendada.

A degradação do meio ambiente para Tornero (2000), o uso desordenado dos recursos naturais organizados pelo modelo econômico e a incorporação pela indústria de padrões tecnológicos multinacionais como fertilizantes químicos, iniciou uma nova fase da agricultura moderna sustentada por um modelo produtivo que tinha como base o desenvolvimento nacional, mas, mostrando inadequada a preservação do meio ambiente.

A autora, afirma que com o planejamento e a ocupação adequado do uso do solo é necessário um desenvolvimento ordenado das atividades econômicas com a

caracterização das áreas mais propícias para cada atividade, respeitando o manejo adequado de cada região.

O manejo inadequado do solo foi um dos fatores agravantes que segundo o autor Oliveira (1999), acarretou prejuízos para o meio ambiente como a retirada das matas e o cultivo do solo sem levar em conta a sua aptidão agrícola ocorrendo o arraste das partículas e também o aparecimento de erosões, pois parte do material erodido é carregado para os corpos de água contribuindo para o assoreamento dos rios, o cultivo próximo das nascentes, podendo contaminar a rede de drenagem e os reservatórios com agrotóxicos.

A avaliação do potencial do uso das terras é necessário para identificar as áreas passíveis de utilização com atividades agrícola definindo o máximo da sua capacidade de uso e a sua aptidão agrícola sem correr o risco de degradação, estabelecendo o manejo correto desse solo e as áreas que devem ser preservadas (MACEDO, 1993).

A água constitui um elemento essencial à vida e fundamental para quase todas as atividades humanas como a geração de energia elétrica, irrigação das culturas, recreação, navegação, etc. O maior consumo de água no campo é destinado para a irrigação, necessitando de cuidados e técnicas especiais para um aproveitamento racional e um desperdício mínimo, partindo do princípio que uma irrigação mal pode afetar a qualidade do solo (SETTI, 2001).

A agricultura sustentável para o desenvolvimento rural, é definida como sendo o manejo e a base dos recursos naturais, conservando a terra, a água, não degradando o meio ambiente. O objetivo é desenvolver uma agricultura equilibrada, socialmente justa e economicamente viável, a agricultura sustentável é apoiada nos princípios e práticas das agriculturas alternativas e convencionais, nunca se constituindo em um conjunto de práticas definidas, ou seja, a substituição de um sistema de monocultura por um sistema de rotação de culturas. A adoção de políticas públicas promove o fortalecimento e a expansão da agricultura familiar (EHLERS, 1999).

3.3. Capacidade de uso das terras

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), a classificação do uso do solo visa estabelecer práticas conservacionistas para o melhor aproveitamento de maneira

racional, indicando o grau de intensidade de cultivo que um determinado solo, com a diminuição dos riscos de empobrecimento.

O sistema de classificação de terras em capacidade de uso tem por finalidade levantar informações fornecendo subsídio para o planejamento. Segundo os autores esse sistema funciona como uma ferramenta onde orienta o manejo correto e possibilita a implantação de técnicas do manejo correto diminuindo os riscos de erro (RODRIGUES et. al., 2001).

As classes de capacidade de uso do solo deverão ser utilizadas com base nos fatores econômicos e sociais de determinada área, possam ser considerados na elaboração das modificações do uso do solo. As classes de capacidade de uso estabelecem bases para melhor aproveitamento do solo e avalia as necessidades para os vários usos de uma determinada gleba. (NORTON, 1940).

As classes de declive de uma região são elementos importantes para se determinar a capacidade de uso, sendo que, o fator limitante é o tipo de solo e a declividade que determinará qual a cultura a ser plantada. O conhecimento dessas características permite a exploração da terra utilizando práticas conservacionistas e proporciona o uso de técnicas mais recomendadas e adaptadas para o meio físico, de forma que não haja deterioração ambiental e que os solos mantenham a sua capacidade produtiva (SILVA et al., 1999).

Para Baruqui (1981), a capacidade de uso das terras está relacionado ao fato de que cada tipo de solo suporta um grau de intensidade de cultivo diferente e com a utilização de técnicas adequadas para o sistema de produção, podendo atingir o seu limite máximo de produtividade sem correr o risco de depauperamento das terras.

A classificação da capacidade de uso das terras é muito importante para o manejo adequado, pois fornecem dados que permite avaliar qual a melhor prática de uso a ser adotada, aproveitando de maneira mais intensiva e diminuindo os riscos de empobrecer esse solo, uma tarefa complexa e difícil, pois envolve uma grande quantidade de dados e conhecimentos interdisciplinares. (GIBOSHI et al., 2002).

Ainda segundo Cavalieri et al (1995), classificar as terras no sistema de capacidade de uso é uma importante metodologia para o planejamento de uma área agrícola, pois colocam alternativas que permitem decidir qual uso agrícola e as técnicas viáveis sob um dado nível de manejo.

A capacidade produtiva do solo é mantida utilizando o planejamento de praticas de conservação, esse princípio tem como objetivo selecionar as técnicas de uso da terra mais adaptadas para o meio físico para que não tenha a deterioração do meio ambiente. Para Lepesch et. al. (1991), o planejamento do uso de práticas de conservação do solo forma uma base para se determinar o sistema de classificação das terras em capacidade de uso a nível de propriedades ou para pequenas bacias hidrográficas, devendo ser feito com o máximo de cuidado.

Os trabalhos de restauração do solo afirmam Fernandes et. al.(1999), fundamentais para ações voltadas para as praticas de uso e manejo correto evitando o aparecimento de erosão, visando restaurar as condições básicas do solo utilizada de acordo com a capacidade de uso.

Para Mota (1991), a relação da viabilidade do solo em relação às características das terras como a degradação dessa terra vindas dessa exploração constitui uma ferramenta indispensável ao planejamento agrícola.

Segundo Araújo Junior (1998), na determinação da capacidade de uso da bacia do rio Capivara Botucatu (SP), os resultados obtidos demonstraram que subclasse VII apresentou pouco mais de 49% da área estudada possuíam terras de solos arenosos e de baixa fertilidade impróprios para cultivos anuais, porém são adaptados para culturas perenes, pastagem ou reflorestamento com riscos de erosão severa. A subclasse III representou mais que 22% da área total, nesta categoria se enquadram as terras próprias para a lavoura em geral desde que manejadas adequadamente.

A classificação da capacidade de uso das terras no município de São Manuel para Delmanto Junior (2002) estabeleceu bases para o planejamento da área estudada onde, a maior parte das terras foram classificadas como sendo da subclasse IIIs (54,41%), solo de textura arenosa/média até argilosa de fertilidade aparente variando de baixa a média, mostraram que podiam ser usadas para fins agrícolas, próprias para lavouras em geral, mas com problemas complexos de manutenção e conservação. A subclasse IIe,s, representa mais de 22% das terras, nesse subclasse estão as terras produtivas com limitações moderadas a seu uso.

Para Piroli (2002), a subclasse de capacidade de uso das terras, desta forma pode detectar as áreas que estavam sendo utilizadas de maneira inadequada. Os

resultados obtidos demonstraram que o município de Botucatu apresenta a maior parte de suas terras como sendo de classe III, ou seja IIIs (36,54%) e IIIs,e (33,93%), predominando mais de 70% da área podendo ser utilizada para fins agrícolas mas com problemas complexos de conservação, necessitando de cuidados especiais par evitar o depauperamento.

3.3.1. Sistema de classificação de capacidade de uso da terra

O Sistema de classificação de capacidade de uso da terra utilizado no Brasil está em sua quarta aproximação e é uma adaptação feita por Lepsch et al (1991) do sistema desenvolvido pelo Serviço de Conservação do solo dos EUA, por Klingebiel & Montgomery (1961), para agrupar solos em classes de capacidade de uso (GIBOSHI et al, 2002).

A adaptação das terras às várias modalidades, conduzindo a capacidade de uso, idéia esta diretamente ligada a tipo de intensidade de uso do solo e o grau de limitações que elas apresentam. Assim, definem capacidade de uso da terra como uma adaptação para diversos fins, sem que o solo tenha um desgaste ou um empobrecimento. O estudo feito para capacidade do uso da terra tem a finalidade de analisar o grau de limitação para que se possa cultivar esse solo, essa classificação é feita quanto aos Grupos, Classes e Subclasses como mostra o quadro 2. O principal fator para classificar quanto à capacidade de uso esta relacionada com o controle da erosão. A declividade, no entanto, constitui um dos fatores de maior importância (LEPSCH et al. 1991).

Segundo os autores Ribeiro (1998), Dainese et al (1999), Resende (1982), citado por Araújo Júnior (1998), a capacidade de uso indica o grau de intensidade de cultivo aplicado em um terreno sem que sofra diminuição de sua produtividade por efeito da erosão. Para que a exploração agrícola é necessário classificar os solos segundo a sua capacidade de uso da terra para fins de planejamento das práticas de conservação visando o aproveitamento com um mínimo de perdas, de modo a combinar o uso agrícola com as práticas necessárias de controle de erosão, a partir de limitações permanentes.

O sistema de capacidade de uso, agrupa os solos em oito classes de uso de terras, apresentando as classes de I a IV aptidão para as culturas, a classe V com sérios problemas de manejo, entre eles drenagem deficiente para a maior parte dos cultivos

(Resende,1998), as classes VI e VII necessita de um manejo especial e a classe VIII podendo servir apenas como proteção e abrigo da fauna e flora silvestre.

Quadro 2- Classes e subclasse de capacidade de uso das terras (Lepsch et al., 1991).

	Capacidade de Uso	Subclasses
Grupo A	I, II, III, IV	e Limitação pela erosão presente ou risco de
Grupo B	V, VI, VII	erosão
Grupo C	VIII	s Limitações relacionadas ao solo a Limitações por excesso de água;

O melhor método para evitar ou prevenir as erosões é usar o solo de acordo com a sua aptidão ou capacidade de uso.

O **Grupo A**, que correspondem as terras utilizadas para cultivos anuais, perenes, pastagem e reflorestamento.

Classes de capacidade I - Não apresenta limitações sérias de conservação e é representada pela cor verde claro.

Classes de capacidade II - Apresentam limitações simples de conservação e é representada pela cor amarelo. Esta classe admite as seguintes subclasses.

Ile: terras produtivas, com relevo suavemente ondulado oferecendo ligeiro a moderado risco de erosão;

IIs: terras produtivas, planas ou suavemente onduladas, com ligeira limitação pela capacidade de retenção de água, ou baixa saturação de bases (caráter distrófico), ou pouca capacidade de retenção de adubos (baixa capacidade de trocas de cátions);

IIa: terras produtivas, praticamente planas ou suavemente onduladas, com restrições de drenagem ou excesso de água, sem riscos de inundação, mas uma vez instalados o sistema de drenos, é de fácil manutenção.

IIc: terras produtivas, praticamente planas ou suavemente onduladas, com ligeiras limitações climáticas (seca prolongada de até três meses).

Classes de capacidade III - Admite uso de culturas anuais, mas suas terras requerem medidas intensas e complexas de conservação do solo e é representada pela cor vermelho. A declividade do terreno é o fator limitante, é considerada moderada, variando de 0% a 12%. Esta classe admite as seguintes subclasses.

IIIe: terras com declividade moderadas, relevo suavemente ondulado a ondulado, com deflúvio rápido, com riscos severos a erosão quando o solo está descoberto de vegetação, podendo apresentar erosão laminar moderada ou sulcos superficiais e rasos freqüentes;

IIIs: terras parcialmente planas ou suavemente onduladas com fertilidade muito baixa (caráter álico) ou limitada por profundidade efetiva média ou drenagem interna moderada a pobre ou risco acentuado de salinização ou dificuldade de preparo do solo devido a presença de pedras ou argilas expansivas (caráter vértico);

IIIa: terras praticamente planas com limitações moderadas por excesso de água, sem riscos de inundação. A drenagem é possível, mas os drenos são de fácil manutenção.

IIIC: terras praticamente planas a suavemente onduladas, com ligeiras limitações climáticas como escassez de água em regiões semi-áridas.

Classes de capacidade IV - Terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada com sérios problemas de conservação, nessas terras podem utilizar

culturas perenes que irão proteger o solo, e é representada pela cor azul. A declividade do terreno é o fator limitante, o limite máximo de declividade é 20%. Esta classe admite as seguintes subclasses.

IVe: terras severamente limitadas pelo risco de erosão para cultivos intensos, geralmente com declividades acentuadas, com defluxo muito rápido, podendo apresentar erosão em sulcos superficiais muito freqüentes, em sulcos rasos freqüentes ou em sulcos profundos ocasionais;

IVs: solos limitados pela profundidade efetiva rasa ou apresentando pedregosidade, com problemas de moto mecanização ou ainda com pequena capacidade de retenção de água aliada a problemas de fertilidade;

IVa: solos úmidos, de difícil drenagem, dificultando o trabalho de moto mecanização e ainda com outra limitação adicional, tal como o risco de inundação ocasional, que impede o cultivo contínuo;

IVc: terras com limitações climáticas moderadas a severas, ocasionando períodos prolongados de seca, não sendo possíveis colheitas em anos muito secos ou então com riscos ocasionais de geada.

Grupo B - Terras impróprias para o cultivo intenso, adaptadas para pastagem, reflorestamento ou vida silvestre.

Classes de capacidade V - Não devem ser usadas para culturas anuais, mas sim para pastagens ou reflorestamento, não tem a necessidade de práticas especiais de conservação, sendo representada pela cor verde escuro. Esta classe não apresenta problemas de declividade elevada, mas tem limitações relacionadas a encharcamento, pedregosidade e inundação. Esta classe admite as seguintes subclasses.

- Vs:** terras planas não sujeitas a erosão, com deflúvio praticamente nulo, podendo apresentar como limitações os seguintes fatores como baixa capacidade de armazenamento de água, drenagem interna muito rápida ou muito lenta, pedregosidade ou rochosidade intensa e problemas advindos de pequena profundidade efetiva;
- Va:** terras planas não sujeitas a erosão, com deflúvio parcialmente nulo, severamente limitadas por excesso de água, sem possibilidade de drenagem artificial ou com risco de inundação freqüente, mas que pode ser usada para pastoreio, pelo menos em algumas épocas do ano;
- Vc:** terras com limitações climáticas moderadas a severas, ocasionando períodos prolongados de seca, não sendo possíveis colheitas em anos muito secos ou então com riscos ocasional de geada.

Classes de capacidade VI - Não devem ser usadas para culturas anuais, mas sim para pastagens ou reflorestamento, com problemas simples de conservação, sendo representada pela cor alaranjada. A declividade do terreno é o fator limitante, o limite máximo de declividade é 40%. Esta classe admite as seguintes subclasses.

- VIe:** terras que sob pastagem são mediantemente suscetíveis a erosão, com relevo forte ondulado e declividades acentuadas, propiciando deflúvio moderado a severo com dificuldades severas de moto mecanização, pelas condições topográficas, com risco de erosão que pode chegar a muito severo, presença de erosão em sulcos rasos muito freqüentes ou sulcos profundos freqüentes;
- VIIs:** terras constituídas de solos rasos, ou pedregosidade e/ou rochas expostas na superfície. Outra condição que pode caracterizá-la é a pequena produtividade do solo;
- VIa:** solos muito com pequena ou nulas profundidades de drenagem artificial, acarretando problemas a moto mecanização, agravados por certa suscetibilidade à erosão ou recebimento de depósitos erosivos oriundos de áreas vizinhas;

VIc: terras com limitações climáticas muito severas, a ocasionar seca edafológica muito prolongada que impeça o cultivo mesmo das plantas perenes mais adaptadas.

Classes de capacidade VII - Com problemas complexos de conservação esta classe possui declividade extremamente elevada, podendo ser muito pedregosa, sendo apropriada apenas para algumas pastagens nativas e/ou reflorestamentos, sendo representada pela cor marrom. A declividade do terreno é o fator limitante, o limite de declividade é maior de 40%. Esta classe admite as seguintes subclasses.

VIIe: terras com limitações severas para outras atividades que não florestas, com risco de erosão muito severo, apresentando declividades muito acentuadas propiciando deflúvios muito rápidos ou impedindo a moto mecanização, presença de erosão em sulcos muito profundos, muito freqüentes;

VIIIs: terras pedregosas, com associações rochosas, solos rasos a muito rasos ou com agravamento de serem constituídas por solos de baixa capacidade de retenção de água;

VIIc: terras cm limitações climáticas muito severas, a exemplo de terras situadas em regiões semi-áridas, em locais onde a irrigação seria imprescindível, mas é impraticável.

Grupo C - São impróprias para qualquer tipo de cultivo comercial, porém apropriadas para fauna e flora silvestre, recreação ou para armazenamento de água. Neste grupo correspondem as terras das **Classes de capacidade VIII**, admitindo as seguintes subclasses.

VIIIe: terras com relevo acentuado e deflúvios muito rápidos, a expor o solo a alto risco de erosão inclusive a eólica, como é o caso das dunas costeiras, presença de processos erosivos muito severos, inclusive com voçorocas;

VIIIs: terras constituídas por solos muito rasos e ou com tantas pedras e afloramento rochosos que impossibilita o plantio e a colheita de essências florestais;

VIIIa: áreas planas permanentemente encharcadas, com banhados ou pântanos, sem possibilidade de drenagem ou apresentando problemas sérios de fertilidade, se drenados como no caso de solos tiomórficos;

VIIIc: terras com limitações climáticas muito severas, como as das áreas áridas, que não se prestam mesmo ao pastoreio ocasional;

3.4. Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas

O planejamento no meio rural acontece de acordo com a capacidade do uso da terra, é necessário um levantamento dos recursos existentes nas propriedades, usando práticas conservacionistas que garantam a conservação dos recursos naturais, ou seja, um conjunto de recomendações a serem seguidas nas propriedades rurais de acordo com a capacidade de uso da terra onde são especificadas as práticas mais adequadas para a conservação dos recursos naturais (LEPSCH et al, 1991).

Todavia o planejamento da exploração agrícola apoiado em práticas conservacionistas para que tenha sustentabilidade, e outro ponto importante do projeto é com relação aos produtores, o planejamento não pode contrariar os seus interesses financeiros (BERTONI e LOMBARDI NETO,1990).

Outro ponto importante do planejamento esta relacionado com a diminuição da renda do produtor rural e conseqüentemente o empobrecimento do meio rural, com reflexos danosos para a economia nacional (BRASIL, 1987).

Segundo Ribeiro (1998), o planejamento do uso da terra é uma ferramenta de grande importância para as atividades do meio rural e urbano. Com isso, um planejamento inicial, é fundamental no desenvolvimento e no uso da terra de maneira a protegê-la contra a erosão e, visando aumentar gradativamente a sua capacidade produtiva.

O uso da terra sem planejamento adequado tem como conseqüência a queda da produtividade, atingindo diretamente os produtores que diminuem os investimentos trazendo o baixo nível sócio-econômico e tecnológico (RIBEIRO e CAMPOS, 1999). E ainda Fernandes et al. (2002), complementa que essa situação que alguns produtores se encontram sem um planejamento adequado, traz conseqüências de difícil ou impossível reversão.

A ocupação das terras segundo Meulman et al. (2002), na maioria das vezes foi realizada de forma desordenada, sem planejamento acarretando danos ao meio ambiente, onde se a ocupação do solo tiver um manejo adequado adotando o uso de técnicas simples de manejo protegendo o solo, prolongando o seu potencial produtivo.

Pela ocupação inadequada das terras segundo Campos (1996), as áreas em cultivos sofreram uma seqüência de ações ligada ao mau uso do solo sem a adoção de práticas de manejo e conservação que reduziram drasticamente a sua capacidade produtiva, tendo como causa principal as erosões, assoreamento dos rios e represas, causando danos para a sociedade no abastecimento urbano e no campo para a agricultura irrigada.

Segundo Crestana et al. (1993), as áreas com florestas são desmatadas principalmente para criação de gado, exploração agricultura ou madeireira. A derrubada das florestas trás muitos prejuízos econômicos como o ataque de pragas e doenças nas lavouras a diminuição da produtividade e aumentando o custo de produção.

A falta de informações ou um planejamento precário faz com que muitas áreas sejam ocupadas inadequadamente acarretando um desequilíbrio e gerando um mau uso desse solo. O levantamento é de fundamental importância na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração no ambiente. Este mau uso é denominado conflito de uso do solo (MADRUGA et al., 1999).

Segundo Tornero (2000), o planejamento ambiental feito em conjunto em áreas com o desenvolvimento econômico torna-se um instrumento essencial na preservação dos recursos naturais.

A deterioração dos recursos naturais cresce a cada dia atingindo níveis críticos, como exemplo pode citar o assoreamento e a poluição dos rios e lagos, trazendo grande prejuízo à saúde dos homens e animais, um dos parâmetros para visualizar essa degradação está no meio rural, como a falta de água para irrigação acarretando diretamente na redução da produtividade (EHLERS, 1996).

Os estudos estão voltados à área de meio ambiente, estão direcionados ao manejo de bacias hidrográficas. Segundo Rocha (1997), bacia hidrográfica é a área que drena a água das chuvas para um curso principal desaguardando diretamente no mar ou em um grande lago não possuindo dimensão superficial definida.

E ainda o autor complementa, que para reverter esse quadro de degradação, é necessário um planejamento para gerenciar as bacias hidrográficas e junto a esse planejamento faz necessário o apoio político do município e os recursos do estado e o principal o apoio do produtor rural. Aconselha-se começar a recuperar o ambiente pelas bacias hidrográficas, que subdivididas em sub-bacias e microbacias, têm mostrado grande eficiência em trabalhos de campo. O manejo integrado de bacias hidrográficas é uma proposta educativa e corretiva para recuperar o meio deteriorado, sugerindo as melhores alternativas para a proteção e preservação da natureza, melhorando substancialmente a qualidade de vida e permitindo o uso científico dos recursos naturais.

Segundo Rocha (1978), com o levantamento do uso do solo pode obter informações como o grau deterioração do meio ambiente pelo uso indiscriminado e desordenado dos recursos naturais através de um mapeamento do que existe na superfície.

Segundo Crestana et al. (1993), a educação ambiental passa a ser um processo de interação entre os indivíduos em busca da conscientização, junto com a sociedade na resolução dos problemas ecológicos. Portanto há uma necessidade de envolver um maior número de pessoas para desenvolver um trabalho de educação ambiental nas comunidades rurais com envolvimento das autoridades competentes para despertar a necessidade de um desenvolvimento econômico sócio cultural da região, associada ao uso racional dos recursos naturais disponíveis. O planejamento de terras na agricultura necessita das informações relacionadas ao uso e a conservação baseadas na racionalidade e na capacidade produtiva (GOMES et al., 1993).

Existem várias ferramentas segundo Bucene (2002), que auxiliam o planejamento agrícola, são informações que deve ser colocada à disposição dos usuários podendo ser apresentadas na forma de mapas, para ser mais didáticos, contendo informações da área a ser planejada como exemplo, o mapa de solos com informações do tipo solo encontrado e suas características e finalizando com informações onde auxilia a tomada de decisão com isso minimiza os erros de planejamento.

3.5. Geoprocessamento

Segundo os autores Câmara e Medeiros (1998) e Moreira (2001), o termo geoprocessamento é uma ferramenta que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. Atuando no planejamento de varias áreas como urbano (atuando em várias áreas como transporte, comunicação, energia, etc.) e rural, na cartografia, na análise dos recursos naturais.

Os autores relatam ainda que o sistema de informação geográfica é um instrumento do geoprocessamento que realiza análises complexas, integrando dados de diversas fontes, criando bancos de dados georreferenciado

Geoprocessamento é o conjunto de tecnologia que segundo os autores Silva et. al. (1999), consiste na entrada de informação, o tratamento, o armazenamento e a saída dos dados espacialmente referenciados, ou seja, um conjunto de técnicas de processamento de dados, destinado a extrair informação do ambiente a partir de uma base de dados georreferenciada.

Para Dainese (2001), o geoprocessamento é um sistema de gerenciamento de banco de dados capaz de manejar uma grande quantidade de informações, a entrada das informações forma uma base de dados onde são analisados e armazenados. O geoprocessamento se aplica aos sistemas computadorizados de armazenamento, elaboração e recuperação de dados espaciais e informações descritivas.

Ainda segundo a autora, o termo geoprocessamento é muito confundido com SIG (Sistema de Informação Geográfica), pois tem uma relação muito próxima. O geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados enquanto que um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e montagens de superfícies. Para que um SIG cumpra sua função é necessário um banco de dados, ou seja, o geoprocessamento dando uma definição clara dos parâmetros necessários para o projeto.

Para Brites et al. (1998), o geoprocessamento possui uma grande importância na execução dos projetos ambientais, pois esse sistema manipula informações e possibilita o armazenamento dos dados formando um grande banco de dados com informações de natureza espacial ou não.

O geoprocessamento se tornou uma ferramenta de apoio para a agricultura, pois é possível analisar uma grande quantidade de informações georreferenciadas sendo essas análises complexas que procura integrar diversas fontes de dados em um único banco de dados (BUCENE, 2002).

3.6. Sistema de Informações Geográficas

Segundo os autores, Câmara e Medeiros, (1998), Teixeira et al. (1992), o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma ferramenta utilizada para gerenciar as informações geográficas que entram, através de técnicas matemáticas e computacionais onde faz o tratamento das informações geograficamente identificadas. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é constituído por uma série de programas e processos de análise, sendo um conjunto de sistemas para utilizar o geoprocessamento é uma ferramenta poderosa de análise e planejamento para as tomadas de decisões por meio de integração e combinação de todas as categorias de dados georreferenciados.

Os autores afirmam ainda que o SIG a partir de mapas gerados e com os valores de atributo conhecido é possível manipular ou realizar operações de diferentes fatores ambientais.

O uso do SIG é grande em sua extensão, integra várias disciplinas e áreas onde se tem a coleta de informações que são transferidas para o sistema computacional utilizando bases cartográficas através de um sistema de referência apropriado, o tratamento e a apresentação das informações saem na forma de mapas georreferenciados e arquivos digitais (DAINESE, 2001). Moreira (2001), complementa ainda que, dentro as diversas áreas de atuação, o uso do geoprocessamento tem contribuído para estudos de planejamento urbano e rural, meios de transportes, comunicações, energia.

Os aspectos do meio natural tais como relevo, solo, clima, vegetação, hidrologia, etc..., e os aspectos sociais, econômicos e políticos, que permitam uma divisão temática através de uma base de dados computadorizados serão feito através do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Este sistema é capaz de armazenar, manipular, transformar informações georreferenciadas contidas em mapas ou em bancos de dados gerando novas informações (BURROUGH, 1986).

Informação geográfica pode ser definida como um conjunto de dados associados, de natureza espacial podendo ser apresentado de forma de pontos, linhas e polígonos isto é na forma gráfica, na forma numérica como catálogos numéricos, ou combinações de letras e números, ou seja, alfanumérica. O SIG utiliza base de dados que contém informação espacial como, por exemplo: relevo, clima, solo, vegetação, etc., e aspecto sociais, políticos e econômico que fazem uma divisão temática em subsistemas que fazem parte do SIG, atuando uma série de operações algébricas, geométricas e booleanas utilizadas no cruzamento de dados (RIBEIRO, 1998).

Segundo Alves et al. (2000), existem dois tipos básicos de representação de dados gráficos, o matricial ou raster e o vetorial. O matricial consiste no uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói célula a célula o elemento a ser representado, as células individuais são usadas para representação de pontos, linhas, polígonos, redes, e superfícies, desta forma um ponto é representado por uma única célula e uma linha é representada por um conjunto de células. O tamanho da grade é muito importante e influencia o modo como o elemento aparece.

Teixeira et al. (1992), complementa que o formato vetorial é baseado em coordenadas representado pela letra x e ordenadas sendo representado pela letra y. A representação vetorial de um elemento ou objeto a ser reproduzido assumindo um espaço contínuo permitindo que todas as posições, distância e área sejam definidas com grau de precisão. Os métodos vetoriais usam relações implícitas isto significa que dados complexos sejam armazenados em um espaço menor na memória do computador.

Segundo Tornero (2000), as formas existentes para entrar com os dados no SIG são cinco:

- Caderneta de campo – coleta de pontos no campo por meio de GPS, podendo obter resultados com alto grau de precisão e registrando diretamente os pontos digitais coletados.
- Importação de dados digitais - por meio de fitas do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), dados digitais do Instituto brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dentre outros.

- Mesa Digitalizadora – é a maneira mais utilizada, onde passa do formato analógico para digital usando como ferramenta um cursor sendo necessário um operador para realizar a digitalização.
- Digitalização ótica – é o processo a partir do qual o mapa é digitalizado através de um scanner.
- Teclado – utilizado normalmente para dados não espaciais que dizem respeito a atributos de natureza espacial.

Uma importante ferramenta de auxílio para o desempenho de tarefas onde através da combinação de dados de mapas temáticos, imagem de satélite e aerolevantamento obtendo mapeamento fornecendo subsídios como o monitoramento dos recursos ambientais, geração de mapas cartográficos e cadastramento rural ou urbano, são os objetivos principais do SIG (FELGUEIRAS e ERTHAL, 1988).

O SIG é uma poderosa ferramenta de estudos na tomada de decisão, no planejamento e na análise, com muitas vantagens como a rapidez nas operações de sobreposição de mapas, facilidades de atualizações e aperfeiçoamento dos diagnósticos feitos a partir da introdução de novos dados de entrada na base cartográfica arquivada na forma digital, a redução na subjetividade no cruzamento das operações manuais sobre informações do meio ambiente, a possibilidade de obtenção de tantos mapas quanto assim permitirem as variáveis disponíveis (ASSAD et al., 1998).

Petersen et al. (1995) complementam que a coleta de dados, a análise espacial e as tomadas de decisão estão integradas dentro de um único sistema, SIG não é uma solução universal para todos os problemas envolvendo dados espaciais, tem suas limitações e como desvantagem, o alto custo para passar os mapas e dados existentes para um formato digital adequado para sua aplicação, custos de aquisição e manutenção de equipamentos e conhecimento técnico para operacionalidade. O desenvolvimento tecnológico permite um exame de um amplo conjunto de variáveis usualmente consideradas quando do manejo do solo, conduzindo a uma melhor compreensão, onde os sistemas de paisagem funcionam e interagem entre si.

O SIG vem se tornando um suporte na informática, permite o zoneamento de áreas de forma mais adequada e eficiente, substituindo os métodos tradicionais

de análise que quase sempre são os mais onerosos e de difícil manipulação (ASSAD et al., 1998).

Piroli et al.,(2000), dentre as diversas áreas de atuação do SIG no que se diz respeito à degradação do meio ambiente os estudos se direcionam na identificação da degradação e problemas ambientais, atuando no controle e na gestão do meio ambiente.

Alguns pontos devem ser observados no desenvolvimento da base de dados:

- ✓ Identificação e documentação das necessidades do usuário;
- ✓ Definição dos requisitos dos dados que atendam às exigências do usuário;
- ✓ Estabelecimento de uma solução a nível de tecnologia de informação que ofereça facilidades para a manipulação e análise de dados, de acordo com as exigências dos usuários;
- ✓ Avaliação custo versus benefício;
- ✓ Instalação e implementação da solução selecionada.

As fases metodológicas da implantação de uma base de dados ambiental podem ser resumidas em:

- ✓ Elaboração dos mapas-base de sobreposição;
- ✓ Elaboração dos mapas-base de sobreposição corrigidos;
- ✓ Elaboração dos mapas de unidades integradas de área;
- ✓ Seleção e classificação de variáveis e atributos;
- ✓ Designação de códigos aos atributos definidos;
- ✓ Entrada de dados no sistema.

De modo em geral, as seguintes funções estão disponíveis na base de dados ambiental de um SIG:

- ✓ Integração de dados gráficos e atributos;
- ✓ Acesso espacial eficiente;
- ✓ Interoperabilidade com outras bases de dados;
- ✓ Flexibilidades de saídas;

- ✓ Capacidade relacional;
- ✓ Formatos gráficos múltiplos;
- ✓ Adaptabilidade a sistemas expostos;
- ✓ Gerenciamento de dados distribuídos.

3.6.1. Sistema de Informações Geográficas – IDRISI

O idrisi é um software para processamento de imagem um sistema de informação geográfica, lançado pela Graduate School of Geography da Clark University, Massashussets Estados Unidos em 1987, a forma de representação de dados é raster e vetorial (EASTMAN, 1998).

É um sistema capaz de armazenar, recuperar, manipular informações digitais georreferenciadas proveniente de imagem, mapas e modelo numérico do terreno (PIROLI et al., 2000).

A interpolação das curvas de nível feita partir de uma carta topográfica através do Idrisi, os autores demonstraram uma grande vantagem na obtenção de mapas de declividade de uma forma rápida. Dentre as vantagens pode citar a rapidez nas operações de sobreposição de mapas, calculo de áreas, redução da subjetividade embutidas em operações de cruzamento manual de informações sobre o meio ambiente (ASSAD et al., 1998).

Estudo realizado na microbacia experimental do Rio Paraíso em São Manuel usou o Idrisi para a determinação para a determinação de áreas com o uso inadequado e como resultados obtiveram de maneira rápida o modelo matemático e a classificação do uso da terra (ORSI et al., 2000).

Calijuri et al.(1994), também obteve resultados significativos utilizando Idrisi como, agilidade nos resultados, formação de um banco de dados informatizado o que permite a atualização com novas informações sempre que necessário.

Segundo PIROLI (2002), realizou um levantamento das classes de solo, das classes de declive e do uso das terras no município de Botucatu (SP). Para gerar os mapas de capacidade de uso das terras utilizaram ferramentas de geoprocessamento para a coleta, análise e integração dos dados básicos.

Segundo o autor o resultado obtido demonstrou que a maior parte das terras da área estudada foi classificada como sendo de classe III, ou seja, terras destinadas para uso agrícola necessitando de cuidados especiais, ainda segundo o autor o programa IDRISI, facilitou o trabalho de coleta e processamento de dados, melhorando o resultado final, os resultados sendo armazenados na forma digital, facilita o trabalho no caso de necessidade de alterações nas bases de dados.

Segundo Simões et al. (1999), o sistema Idrisi engloba módulos que podem ser organizados como: centrais onde fornece os meios básicos do sistema operacional (gerenciamento do banco de dados); o sistema de análises geográficas (é a base para a análise do banco de dados); o sistema de processamento de imagens (analisa as imagens de sensoriamento remoto); o sistema de análises estatísticas (aspectos espaciais também possui algoritmos que calculam a superfície de tendência e perfil) e os periféricos (onde são realizadas uma série de utilitários e rotinas de importação/exportação para leitura e gravação de arquivos, interagindo com outros softwares e processamento de imagens).

No município do Espírito Santo do Pinhal - SP, Hamada et al. (1996) os autores realizaram estudo de capacidade de uso das terras utilizando o SIG-IDRISI. As cartas topográficas do IGC na escala 1:10.000, onde foi gerado o mapa de declividade e o de solos, com o cruzamento gerou as unidades de capacidade de uso. Como resultado os autores apontaram áreas com problemas de conservação de solo e com diversos fatores limitantes indicando cuidados e manejo diferenciados.

O SIG-IDRISI também foi utilizado no estudo realizado em Botucatu no Alto do Rio Pardo, que teve por objetivo o uso adequado da terra onde concluiu a eficiência do programa com resultados satisfatórios na determinação da capacidade de uso das terras. Segundo os autores o sistema IDRISI se adequa as atividades de pesquisa e ensino devido a seu custo relativamente baixo e sua estrutura que permite o desenvolvimento de novos módulos (RIBEIRO e CAMPOS, 1999).

Outro estudo também foi realizado na bacia do Ribeirão Lavapés em Botucatu, para analisar a vegetação nativa através do SIG-Idrisi, concluíram que o banco de dados formado permitira no futuro inúmeras análises (SIMÕES e CARDOSO, 1999).

Araújo e Ito (1998) utilizaram o SIG-IDRISI (sistema de informações geográficas – IDRISI 4.1) e obtiveram o modelo digital de terreno através do levantamento

pedológico semi-detalhado e a utilização da carta topográfica do IBGE 1:50.000 e também para determinar as classes de declive. Para a classificação de capacidade de uso das terras foi usada a metodologia de Lepsch et al. (1991), identificando 7 classes e 8 subclasses. a partir de informações obtidas no levantamento, estabelecendo a capacidade de uso das terras da Bacia Superior do Rio Araqua, afluente do Rio Piracicaba.

Cavalieri et al (1995) utilizaram o SIG Idrisi onde classificou as terras no sistema de capacidade de uso e comparou o resultado obtido com sistema de classificação manual. Concluíram os autores que a utilização do SIG é uma importante ferramenta no planejamento conservacionista necessários para a determinação das classes de capacidade de uso, citando como vantagens a geração de mapas de uma forma rápida, apresentando um maior detalhamento do que os obtidos manualmente.

Ribeiro (1998) utilizou o SIG – IDRISI analisando o uso atual e adequado das terras do rio Pardo – Botucatu (SP), de acordo com os resultados obtidos o sistema foi eficiente e ágil na elaboração dos mapas e no cruzamento dos dados permitindo assim quando do manejo do solo, conduzindo a uma melhor compreensão, onde os sistemas de paisagem funcionam e interagem entre si. Na determinação da ocupação do solo e da capacidade de uso das terras também demonstrou uma Interoperabilidade com outras bases de dados.

Segundo Delmanto Junior et al. (2003), o trabalho teve por objetivo a determinação da carta de capacidade de uso das terras do Município de São Manuel-SP, obtida através da utilização do Sistema de Informação Geográfica - Idrisi, visando contribuir para uma melhor organização territorial e para o planejamento de uma adequada ocupação do solo. O Sistema de Informação Geográfica - IDRISI mostrou-se eficiente na determinação da capacidade de uso das terras, demonstrando que a utilização de ferramentas de geoprocessamento facilita e agiliza os trabalhos de cruzamento de dados, permitindo o armazenamento de dados no formato digital que poderão vir a ser utilizados para outras análises, sobretudo para futuros planejamentos territorial e ambiental da área estudada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. MATERIAL

4.1.1. Área de Estudo

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

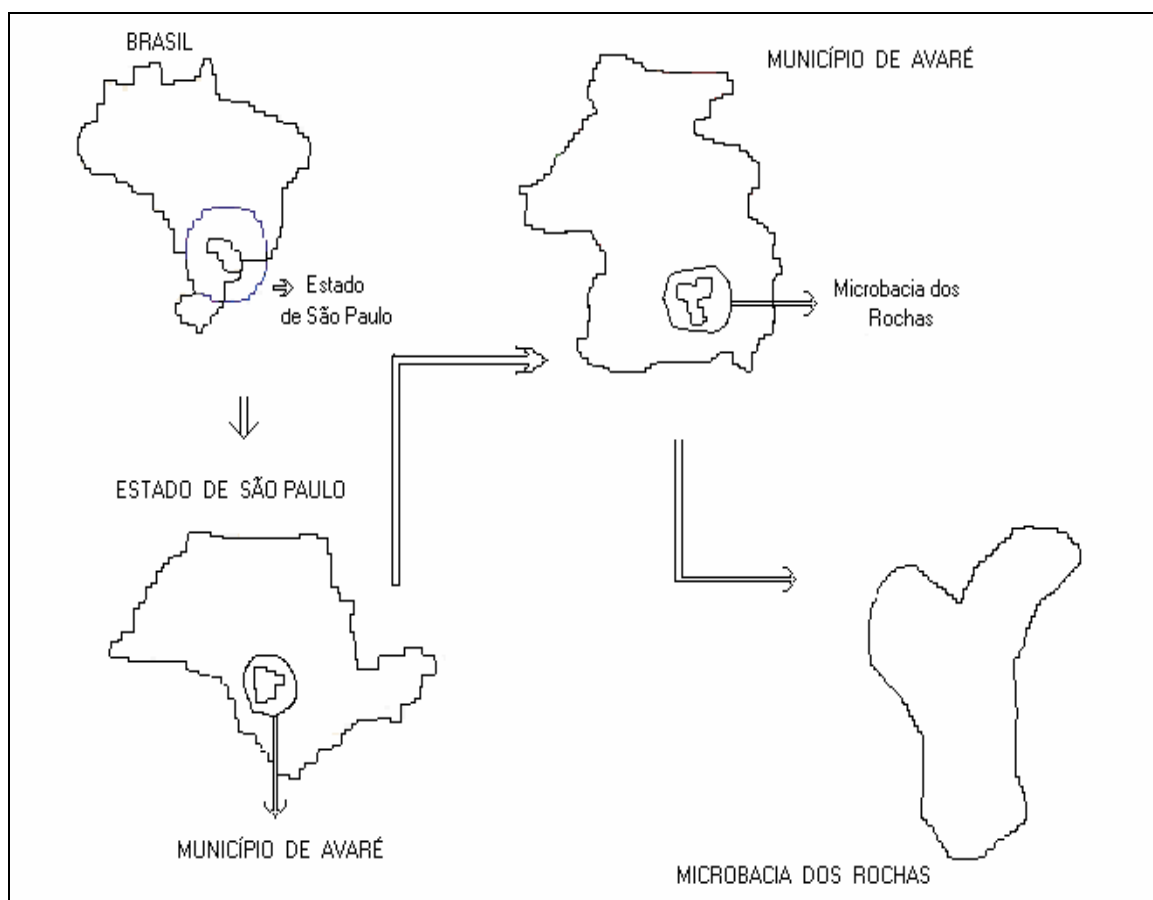


Figura 1. Localização da microbacia dos Rochas, Avaré – SP.

4.1.2. Bases topográficas e equipamentos utilizados

O processamento dos dados foi realizado num microcomputador Pentium, 200 Hz, HD 2.1 Gb, 64 Mb de memória RAM, com saída para impressora jato de tinta HP Deskjet 692C. O limite da área da microbacia dos Rochas foi feito manualmente a partir das cartas planialtimétricas editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, na escala de 1:50000 com equidistância vertical de 20 em 20 m, do município de Avaré (SF-22-Z-B-II-1), seguindo os pontos mais elevados em torno da drenagem, bem como a vetorização das curvas de nível, para a obtenção da declividade média da bacia, foi necessária a utilização do Software CARTALINX 1.2.

4.1.3. Unidades de Solo

As unidades de solo (Quadro 3) da microbacia extaídas do mapa pedológico do Estado de São Paulo (Oliveira et al., 1999) foram classificadas como: LATOSSOLO VERMELHO (LV4), LATOSSOLO VERMELHO AMARELO (LVA52) e NITOSSOLO VERMELHO (NV5).

Quadro 3 - Unidades de solos ocorrentes na microbacia dos Rochas Município de Avaré-SP, segundo Oliveira et al. (1999).

Unidades de solo	Características
LV4	Eutroféricos e Distroféricos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos ambos A moderado textura argilosa relevo suave ondulado.
LVA52	Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos ambos de textura média relevo suave ondulado + ARGILOSOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos textura arenosa/média e média relevo suave ondulado e ondulados todos A moderado.
NV5	Eutróficos A chernozêmico e moderado relevo forte ondulado e montanhoso + LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos A moderado relevo ondulado ambas as textura argilosa + ARGILOSOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos e Distróficos A moderado e proeminente textura média/argilosa relevo ondulado e forte ondulado.

Os NITOSSOLOS de acordo com a classificação de Oliveira (1999), são definidos como solos constituídos por material mineral, que apresentam horizonte B nítico com argila de atividade baixa, imediatamente abaixo do horizonte A ou dentro dos primeiros 50 cm do horizonte B. Como principal subordem destaca-se os NITOSSOLOS VERMELHOS, que são solos com matiz 2,5 YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (exclusive BA).

As principais limitações desses solos se relacionam com a erodibilidade relativamente alta, sendo comum ocorrer erosão acentuada nas áreas inadequadamente utilizadas. Sua estrutura aparece sempre em blocos ou prismáticas bem desenvolvidas no horizonte B. São solos com discreto aumento de argila em profundidade,

apresentando, apesar de argilosos, boa drenagem interna. Os NITOSSOLOS apresentam espessa zona de aeração o que os qualifica, quando o declive não é superior a 10%, como adequados para aterros sanitários e outras formas de deposição de resíduos, apesar da baixa atividade da fração coloidal. Esses solos apresentam bom potencial agrícola como mostra os quadros 4, 5 e 6, analisadas no Departamento de Recursos Naturais .

Quadro 4 – Análise química da unidade de solo, NITOSSOLOS VERMELHOS (NV5).

Amostras (cm)	PH CaCl ₂	M. O. G/dm ³	P resina Mg/dm ³	AL ³⁺	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
				Mmol _c / dm ³								Mg/dm ³
0 - 20	5,9	44	6	0	20	4,6	62	10	77	97	80	2
20 - 40	6,1	32	5	0	19	3,5	62	10	75	94	80	2
40 – 60	6,3	20	9	1	17	2,8	88	11	102	119	85	2

Ph- índice de acidez; **M.O.**- teor de matéria orgânica; **P resina**- teor de fósforo; **AL**- teor de alumínio; **H**- teor de hidrogênio; **K**- teor de potássio; **Ca**- teor de cálcio; **Mg**- teor de magnésio; **SB**- soma de bases; **CTC**- capacidade de troca catiônica; **V%**- saturação por bases; **S**- teor de enxofre

Quadro 5 – Análise química da unidade de solo, NITOSSOLOS VERMELHOS (NV5).

Amostras (cm)	BORO	COBRE	FERRO	MANGANÊS	ZINCO
	Mg / dm ³				
0 - 20	0,27	8,3	19	79,0	1,7
20 - 40	0,35	7,3	14	58,2	1,2
40 – 60	0,42	5,3	10	24,6	0,9

Quadro 6 – Análise física e mineralógica da unidade de solo, NITOSSOLOS VERMELHOS (NV5).

Amostras (cm)	Areia/T	Argila	Silte	Textura do Solo
	g / Kg			
0 – 20	106	553	341	Argilosa
20 – 40	119	584	297	Argilosa
40 – 60	128	535	337	Argilosa

Os LATOSSOLOS são definidos segundo Oliveira et al.(1999), como solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais de 150 cm de espessura.

Dentro das principais subordens registradas, destacam-se os LATOSSOLOS AMARELOS: solos com matiz mais amarelo que 5 YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) e os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS: que são solos com matiz 5 YR ou mais vermelhos ou mais amarelos que 2,5 YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

Os LATOSSOLOS são, em geral, solos com boas propriedades físicas e situados, na maioria dos casos, em relevo favorável ao uso intensivo de máquinas agrícolas, exceção daqueles situados nas regiões serranas. Apresentam excepcional porosidade total sendo comuns valores de 50-60%. São solos com boa drenagem interna, mesmo nos textura argilosa. A principal limitação desta classe de solos se prende à baixa disponibilidade de nutrientes nos solos distróficos e à toxicidade por Al^{3+} quando álicos. Nesses casos, praticamente, é impossível obter-se boas produções com baixo nível de manejo. Uma vez eliminada tais limitações, tornam-se bastante produtivos.

Os LATOSSOLOS férricos, devido ao elevado teor em óxidos de ferro, apresentam expressiva capacidade de adsorção de fósforo. Nos LATOSSOLOS de textura média, o teor relativamente elevado de areias, confere-lhes uma geometria de poros onde os macroporos são preponderantes. Nesta situação, e devido à ausência de impedimentos internos, a permeabilidade da água através do solo é rápida. A elevada quantidade de areias determina também uma retenção de água relativamente baixa, sendo solos que secam rapidamente após chuva ou irrigação; assim, nos períodos de veranico, apresentam maior possibilidade de estresse hídrico do que solos de textura menos grosseira.

Devido à sua elevada permeabilidade interna e à baixa capacidade adsortiva, esses solos se qualificam como pouco filtrantes. Tal atributo permite esperar que, apesar de sua espessura, sejam grandes as possibilidades de contaminação dos aquíferos por material tóxico neles depositado.

Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS argissólicos apresentam em geral relação textural ligeiramente superior aos LATOSSOLOS típicos, fato

que lhes confere uma erobilidade um pouco maior. A baixa atividade das argilas dos LATOSSOLOS confere-lhes diminuta expansibilidade e contratibilidade qualificando, os de textura argilosa, como excelente material para piso de estradas. Por serem solos fáceis de serem escavados e ainda bastante profundos e porosos, são bastante apropriados para cemitérios e aterros sanitários. Os Quadros 7, 8 e 9, mostram a unidade de solo LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA52) e os Quadros 10, 11 e 12 mostram a unidade de solo LATOSSOLOS VERMELHO (LV4).

Quadro 7 – Análise física e mineralógica da unidade de solo, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA52).

Amostras (cm)	Areia/T	Argila	Silte	Textura do Solo
	g / Kg			
0 – 20	835	110	55	Arenosa
20 – 40	805	121	74	Arenosa
40 – 60	772	169	59	Média

Quadro 8 – Análise química da unidade de solo, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA52).

Amostras (cm)	PH	M. O.	P resina	AL ³⁺	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
	CaCl ₂	G/dm ³	Mg/dm ³	Mmol _c / dm ³							V%	Mg/dm ³
0 – 20	4,0	12	5	12	34	0,3	1	1	2	36		4
20 – 40	4,0	10	5	14	40	0,1	1	1	2	42		3
40 – 60	4,0	6	0	14	34	0,6	1	0	2	36		6

Ph- índice de acidez; **M.O.**- teor de matéria orgânica; **P resina**- teor de fósforo; **AL**- teor de alumínio; **H**- teor de hidrogênio; **K**- teor de potássio; **Ca**- teor de cálcio; **Mg**- teor de magnésio; **SB**- soma de bases; **CTC**- capacidade de troca catiônica; **V%**- saturação por bases; **S**- teor de enxofre

Quadro 9 – Análise química da unidade de solo, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA52).

Amostras (cm)	BORO	COBRE	FERRO	MANGANÊS	ZINCO
	Mg / dm ³				
0 – 20	0,29	1,1	110	1,9	0,4
20 – 40	0,15	1,4	73	1,1	0,3
40 – 60	0,22	1,5	49	1,1	0,1

Quadro 10 – Análise física e mineralógica da unidade de solo, LATOSSOLOS VERMELHO (LV4).

Amostras (cm)	Areia/T	Argila	Silte	Textura do Solo
	g / Kg			
0 – 20	809	136	55	Arenosa
20 – 40	783	170	47	Média
40 – 60	786	168	46	Média

Quadro 11 – Análise química da unidade de solo, LATOSSOLOS VERMELHO (LV4).

Amostras (cm)	PH	M. O.	P resina	AL ³⁺	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
	CaCl ₂	g/dm ³	Mg/dm ³	Mmol _c / dm ³								Mg/dm ³
0 – 20	4,7	19	4	4	24	0,6	10	6	16	40	40	3
20 – 40	4,6	13	4	4	24	0,4	9	6	15	39	38	4
40 – 60	4,2	10	1	12	33	0,6	4	2	7	39	17	3

Ph- índice de acidez; **M.O.**- teor de matéria orgânica; **P resina**- teor de fósforo; **AL**- teor de alumínio; **H**- teor de hidrogênio; **K**- teor de potássio; **Ca**- teor de cálcio; **Mg**- teor de magnésio; **SB**- soma de bases; **CTC**- capacidade de troca catiônica; **V%**- saturação por bases; **S**- teor de enxofre

Quadro 12 – Análise química da unidade de solo, LATOSSOLOS VERMELHO (LV4)

Amostras (cm)	BORO	COBRE	FERRO	MANGANÊS	ZINCO
	Mg / dm ³				
0 – 20	0,11	1,8	41	2,6	0,2
20 – 40	0,12	1,6	22	0,5	0,1
40 – 60	0,28	1,4	32	0,7	0,1

Ainda segundo Oliveira (1999), quanto à interpretação química das unidades de solos, tem-se:

- ⇒ **DISTRÓFICO:** solos que apresentam saturação por bases inferior a 50% na maior parte dos 100 cm iniciais do horizonte B.
- ⇒ **DISTRÓFÉRICO:** termo utilizado para designar LATOSSOLOS VERMELHOS e NITOSSOLOS VERMELHOS, que apresentam teor de Fe₂O₃ respectivamente superior a 18% e 15% e saturação por bases na maior parte do horizonte B inferior a 50%.
- ⇒ **EUTRÓFÉRICO:** termo utilizado para designar LATOSSOLOS VERMELHOS e NITOSSOLOS VERMELHOS, que apresentam teor de Fe₂O₃ respectivamente superior a 18% e 15% e saturação por bases na maior parte do horizonte B superior a 50%.
- ⇒ **EUTRÓFICO:** solos que apresentam saturação por bases superior a 50%.

4.2. MÉTODOS

4.2.1. Delimitação da área da bacia hidrográfica

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

O plano de informação (PI) das curvas de nível eqüidistantes, de 20 em 20 m foi obtido através da transferência direta das isolinhas da carta planialtimétrica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, editadas em 1973, em escala 1:50000,

do município de Avaré (SF-22-Z-B-II-1) do Estado de São Paulo, com o auxílio do software CARTALINX 1.2.

4.2.2. Obtenção da carta clinográfica

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

Após a importação do mapa, realizou-se a georreferência, visando o ajuste das coordenadas X e Y de tela com as coordenadas planas X e Y da carta topográfica na projeção UTM (Universal Transverse Mercator). Com estes elementos, foi gerado um arquivo de correspondência, utilizando-se o módulo EDIT do menu, DATA ENTRY do Idrisi, sendo em seguida, exportado para o CARTALINX 1.2 onde se procedeu à digitalização do limite, atribuindo um código, o tipo e o nome do arquivo de saída associado a um identificador, sendo a digitalização efetuada pelo módulo BEGIN ARC do CARTALINX 1.2. Posteriormente, procedeu-se a digitalização das curvas de nível córrego da microbacia dos Rochas.

Finalizada a digitalização no CARTALINX, o arquivo foi exportado para o Idrisi onde se fez a rasterização das classes de declive, classes de solo e limite do Município, utilizando-se o módulo REFORMAT RASTER / VECTOR CONVERSION / POLYRAS, sendo as áreas do limite da microbacia, das classes de declive e de solo, determinadas através do módulo ANALYSIS / DATA BASE QUERY / ÁREA.

As classes de declive foram reclassificadas e agrupadas, segundo recomendações do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA para fins de conservação dos solos (Quadro 13).

Quadro 13 – Intervalos de classes de declive para conservação de solos, (França, 1963).

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

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

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

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

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

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

As classes de capacidade de uso da área de estudo foram determinadas de acordo com o sistema de capacidade de uso (França, 1963), Lepsch et al. (1991) e Zimback

e Rodrigues (1993), utilizando a tabela de julgamento das classes de capacidade de uso do solo, foram determinadas de acordo com o sistema de classificação constante do manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso, utilizando-se os critérios constantes da tabela de julgamento confeccionada conforme França (1963), Lepsch et al. (1991) e, adaptação feita por Zimback e Rodrigues (1993), a classificação seguiu critérios (Quadro 14). Este quadro relaciona as classes de capacidade de uso para cada critério do parâmetro de limitação em questão, abrangendo os parâmetros de **FA**- fertilidade aparente; **P.E.**- profundidade efetiva; **PeD**- permeabilidade e drenagem interna; **Df**- deflúvio; **P**- pedregosidade; **R.I.**-risco de inundação; **Dec.**-declividade; **E.L.**- erosão laminar; **E.S.**-erosão em sulcos; **V**- voçorocas

Quadro 14 – Quadro de julgamento das classes de capacidade de uso das terras

Limitação	Critérios	Classes de capacidade de uso							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Fertilidade Aparente	Muito alta	X							
	Alta	X							
	Média		X						
	Baixa			X					
	Muito Baixa						X		
Profundidade Efetiva	> 200cm	X							
	100 – 200cm	X							
	100 – 200cm		X						
	50 – 100cm				X				
	< 50cm						X		
Permeabilidade e Drenagem	Excessiva		X						
	Boa	X							
	Moderada		X						
	Pobre			X					
	Muito pobre					X			
Permeabilidade e Drenagem	Excessiva		X						
	Boa	X							
	Moderada		X						
	Pobre			X					
	Muito pobre					X			
Deflúvio	Muito rápido				X				
	Rápido			X					
	Moderado		X						
	Lento	X							
	Muito lento		X						
Pedregosidade	Sem pedras	X							
	< 1%		X						

	1 – 10%			X					
	10 – 30%				X				
	30 – 50%						X		
	>50%							X	
Risco de Inundação	Sem risco	X							
	Ocasional			X					
	Frequente					X			
	Muito frequente								X
Declividade	0 a 3%	X							
	3 a 6%		X						
	6 a 12%			X					
	12 a 20%				X				
	20 a 40%						X		
	> 40%							X	
Erosão Laminar	Não aparente	X							
	Ligeira		X						
	Moderada			X					
	Severa						X		
	Muito severa							X	
	Extrema/ severa								X
Erosão em Sulcos rasos	Não aparente	X							
	Ocasionais		X						
	Frequentes			X					
	Muito frequentes				X				
Erosão em sulcos médios	Não aparente	X							
	Ocasionais			X					
	Frequentes				X				
	Muito frequentes					X			
Erosão em Sulcos profundos	Não aparente	X							
	Ocasionais				X				
	Frequentes						X		
	Muito frequentes							X	
Erosão em Voçorocas	Não aparente	X							
	Ocasionais						X		
	Frequentes							X	
	Muito frequentes								X

Fonte: França (1963), Lepsch et al. (1991) e Zimback & Rodrigues (1993).

Na a avaliação Quadro de julgamento das classes de capacidade de uso das terras (Quadro 14), foi adotado os seguintes critérios:

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

- Profundidade efetiva: determinada de conformidade com a descrição morfológica de cada tipo de solo, de acordo com a descrição morfológica de cada unidade, segundo o levantamento de solo realizado por Oliveira et al. (1999);
- Permeabilidade e drenagem interna: estabelecidas a partir das propriedades físicas de cada tipo de solo, principalmente quanto à textura, constantes das análises realizadas no referido levantamento;
- Os critérios de enquadramento das classes quanto ao deflúvio (Quadro 18).

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

- Infiltração: varia com o tipo de solo, decrescendo na sua intensidade de Nitossolo Vermelho Distroférrico (Terra Roxa Estruturada) até Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos; sendo que, quanto maior a infiltração menor será a contribuição para o deflúvio;
- Declividade: indicado pela própria classe de declive em que se encontra a área do Município. Participa de forma diretamente proporcional na intensidade do deflúvio; de modo que: quanto menor a declividade, menor a contribuição para a totalidade do deflúvio.
- Pedregosidade: determinado para cada tipo de solo segundo a descrição morfológica de cada solo, constante do levantamento de solos realizado por Oliveira et al. (1999);
- Risco de inundação: determinado através de observações de campo, por ocasião do levantamento realizado por Oliveira et al. (1999);
- Tipos de erosões: critérios de limitação definidos a partir de observações de campo e informações obtidas junto à Secretaria de Agricultura e Abastecimento da cidade de

Avaré/SP.

Para determinar o parâmetro fertilidade aparente utilizou dados obtidos nos resultados de análise de solo e baseou nos valores - índice de acidez (pH) e teor de saturação por bases (V%) apresentados no Quadro 15 e os valores da capacidade de troca catiônica (CTC) com o teor de matéria orgânica (M.O.) apresentados no Quadro 16.

Quadro 15 – Classificação e atributos de valores de pH e V%

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

Quadro 16 – Classificação e atributos de valores de CTC e M.O.

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

Com a soma destes quatro fatores chega a um valor máximo de 20 pontos, ou seja, o solo apresenta valores de pH e V% muito alto, CTC e M.O. valores alto e um valor mínimo de 4 pontos quando os valores dessas variáveis (pH e V%) muito baixa e CTC e M.O. estiverem baixos. Com a soma destes quatro atributos é feita a classificação da fertilidade aparente (Quadro 17).

Quadro 17 – Classificação e atributos de valores de pH, V%, CTC e M.O.

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

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

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

A infiltração varia com o tipo de solo decrescendo na sua intensidade de Latossolo Roxo para os solos para solos hidromórficos, portanto quanto maior a infiltração menor será o deflúvio. A declividade é outro ponto importante, pois quanto menor o declive menor a contribuição para o deflúvio. O Quadro 18 mostra a relação com os tipos de solos e as classes de declive e com a declividade e a infiltração.

Quadro 18 – Valores atribuídos para o deflúvio em relação ao tipo de solo e com o deflúvio com as classes de declive.

Classes de Declive (%)	Critério de deflúvio	Classe
0 – 3	lento	I
	muito lento	II
3 – 6	lento	I
	moderado	II
6 – 12	moderado	II
	rápido	III
12 – 20	rápido	III
20 – 40	muito rápido	IV
> 40	Muito rápido	IV

Fonte: Zimback e Rodrigues (1993)

Os intervalos das classes de declive foram preconizados pelo Soil Survey Staff (1975), utilizados por muitos pesquisadores da área de planejamento de uso e

manejo do solo para projetos de conservação. As erosões existentes em cada tipo de solo foram determinadas em observações de campo e fotos aéreas do ano de 2004.

Para determinação da tabela das classes e subclasses de capacidade de uso (Quadro 25) de cada área obedecendo aos critérios estabelecidos para cada fator limitante. A classe de maior fator limitante corresponde a classe a classe de capacidade de uso daquela área. As subclasses também foram definidas em função das limitações de uso (Quadro 19), para definição das subclasses contidas no Manual para levantamento do meio físico e classificação da capacidade de uso das terras (Lepsch et al., 1991).

Quadro 19 – Limitações de uso para definição das subclasses

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

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

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

Para visualizar o mapa da capacidade de uso Lepsch et al. (1991), sugere cores para representar cada classe (Quadro 20).

Quadro 20 – Representação das classes de capacidade de uso e suas respectivas cores

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

4.2.7. Calculo das áreas dos mapas

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

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Classe de declive

Os dados referentes às classes de declive (Figura 2 e Quadro 21) ocorrentes na microbacia dos Rochas – Avaré (SP) mostram que as áreas planas (declividade de 0 a 3%) e suavemente ondulada (declividade de 3 a 6%) representam mais de 27% da área total, essas áreas são indicada para o plantio de culturas anuais com o uso de práticas simples de conservação do solo.

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

Verificou-se o predomínio de áreas com classes de declive de 0-12%, classificadas como relevo plano a suave ondulado com 61,56% da área (1137,02 ha) total da microbacia, e que segundo Lepsch et al. (1991) indicadas para o cultivo de culturas anuais com uso de práticas simples de conservação do solo como, por exemplo, o plantio em nível que pode controlar o processo erosivo do solo.

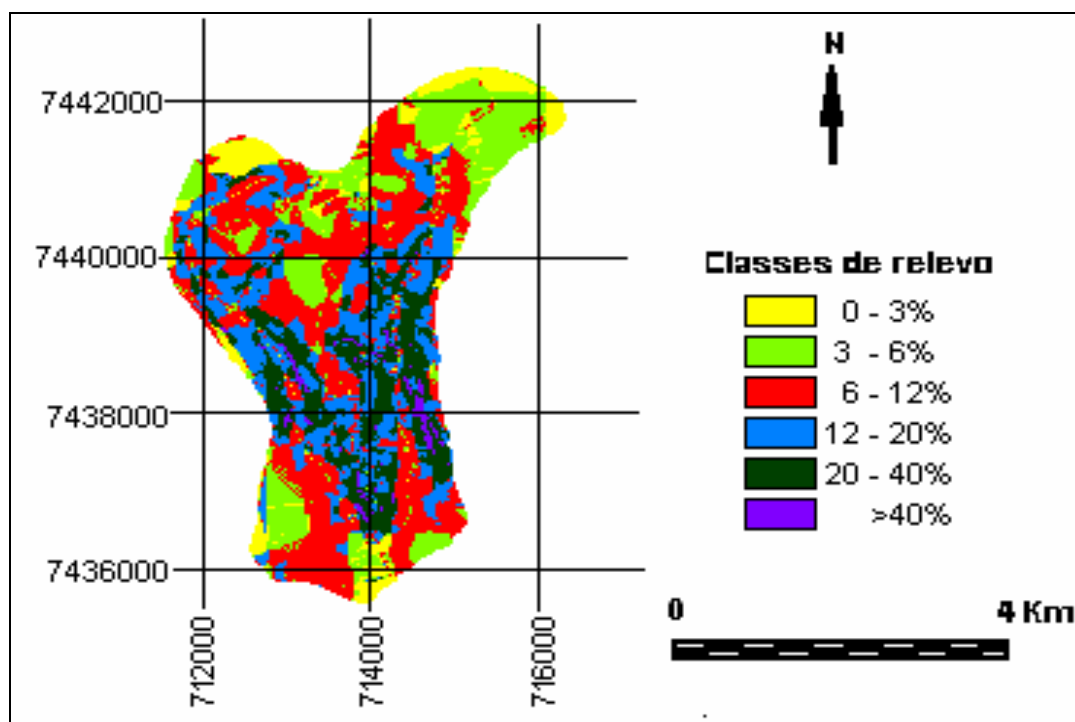


Figura 2. Carta clinográfica da microbacia do Córrego dos Rochas – Avaré (SP).

Quadro 21 – Classes de declividade ocorrentes na Microbacia dos Rochas – Avaré (SP).

Declividade (%)	Área (ha)	%
0 – 3	153,86	8,33
3 – 6	354,44	19,19
6 – 12	628,72	34,04
12 – 20	393,78	21,32
20 – 40	287,39	15,56
> 40	28,81	1,56
Total	1847	100

O relevo forte ondulado (declividade de 12 a 20%) está sujeito à problema sérios de erosão, sendo essas áreas impróprias para cultuvaras anuais indicada para culturas permanentes como laranja, café, cana-de-açúcar, pastagem, etc., proporcionando uma maior proteção ao solo, predomina em 21,32% (393,78 ha) da área total da microbacia, enquanto que o relevo montanhoso (declividade de 20 a 40%), indicado para o desenvolvimento da pecuária e da silvicultura, podendo ainda serem utilizados para

preservação ambiental, evitando-se dessa maneira a erosão do solo, predominou em 15,56 % (287,39 ha).

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

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

5.2. Unidades do solo

As unidades de solo ocorrentes na microbacia (Figura 3 e Quadro 22) são predominantemente de baixa fertilidade aparente (66,94%), ou seja, representadas pelos solos LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distróficos com 36,64% (676,68 ha) e LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos e Distroféricos com 30,3% (559,76 ha); no entanto, a área é constituída por 33,06% (610,56 ha) de solos de alta fertilidade aparente, representadas por NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos e Eutróficos.

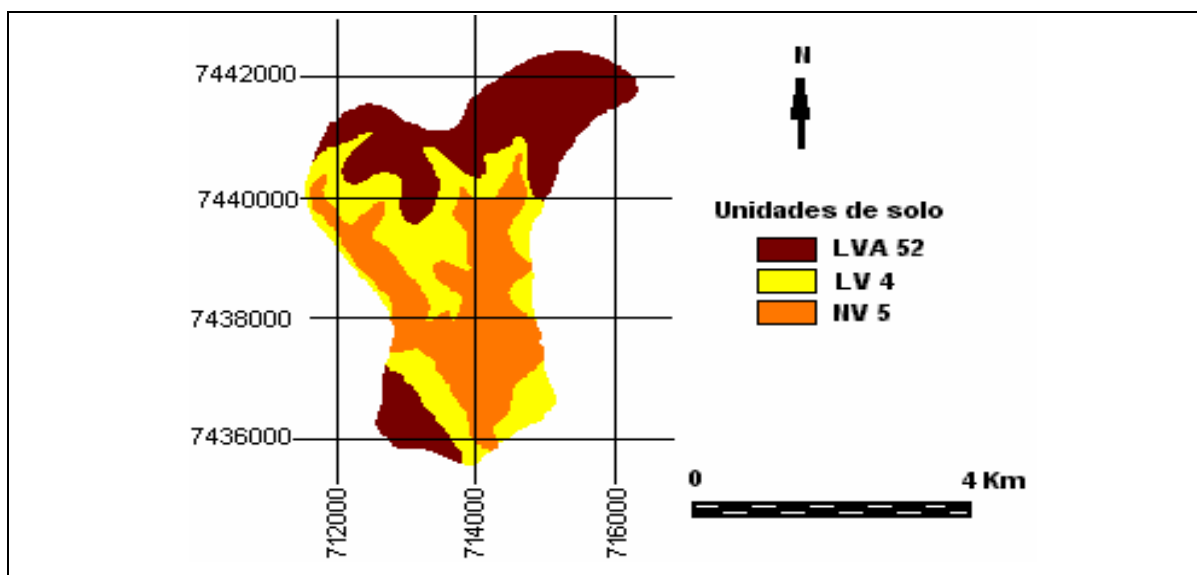


Figura 3. Unidades de solo ocorrentes na microbacia do Córrego do Bairro dos Rochas – Avaré (SP), segundo Oliveira et al (1999)

Quadro 22 – Áreas totais (há e %) das unidades de solo ocorrentes na microbacia do Córrego do Bairro dos Rochas – Avaré (SP), segundo Oliveira et al. (1999).

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

5.3. Classes de declive em função das unidades do solo

Os dados relativos às classes de declive em função das unidades do solo (Figura 4 e Quadro 23) ocorrentes na microbacia dos Rochas, mostram que a classe de declive de 6 a 12%, representando mais de 34% da área total, foi a mais significativa, correspondendo a 1/3 da área. Essa classe de declive vem ocorrendo nas unidades de solo respectivamente a LVA 52 (12,45%) com 229,90 ha, LV 4 (14,35%) com 265,01 ha e NV 5 (7,24%) com 133,77 ha.

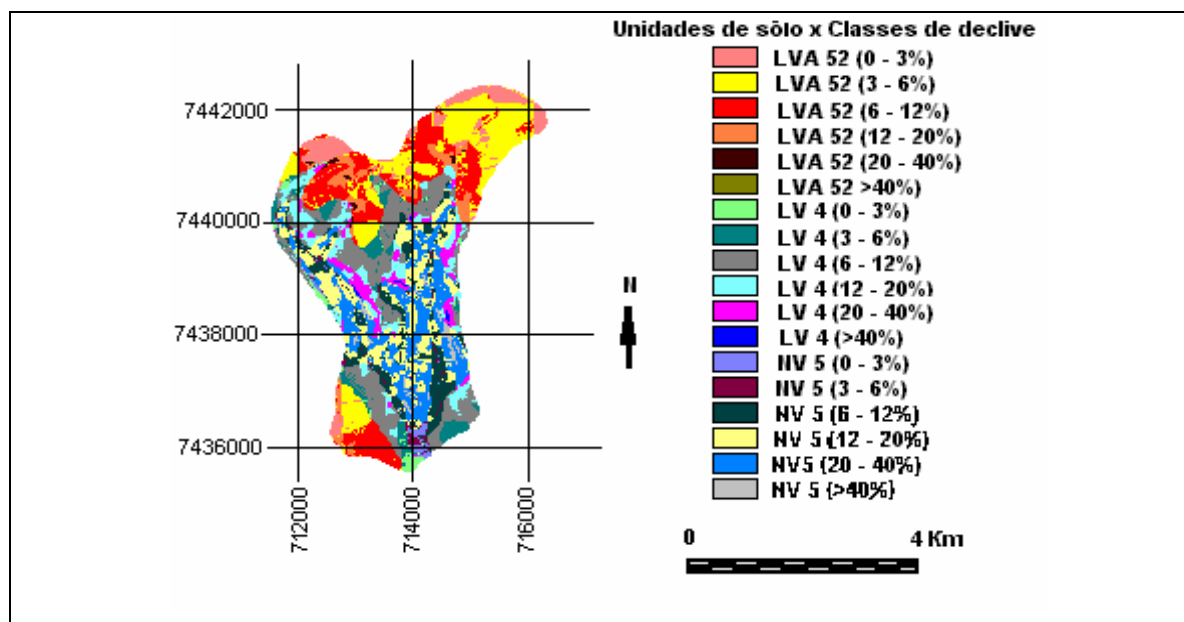


Figura 4. Classe de declive em função das unidades de solo ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

A classe de declive de 3 a 6% que vem ocorrendo em 18,8% da unidade de solo LVA 52, corresponde mais de 73 % área total da microbacia.

Quadro 23 – Áreas totais (há e %) das classes de declive em função das unidades de solo ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas.

Declividade (%)	LVA 52		LV 4		NV 5		TOTAL	
	ha	%	Ha	%	ha	%	ha	%
0 – 3	11,27	6,02	25,14	1,36	17,50	0,95	153,86	8,33
3 – 6	259,73	14,06	78,12	4,22	16,57	0,91	354,44	19,19
6 – 12	229,90	12,45	265,01	14,35	133,77	7,24	628,72	34,04
12 – 20	68,21	3,69	123,48	6,69	202,01	10,94	393,78	21,32
20 – 40	7,42	0,40	64,77	3,51	215,26	11,65	287,39	15,56
> 40	0,15	0,01	3,24	0,18	25,27	1,37	28,81	1,56
Total	676,68	36,64	559,76	30,30	610,56	33,06	1847	100

Verificou-se o predomínio de áreas com classes de declive de 0-12%, classificadas com mais de 60% da área (1137,02 ha) total da microbacia. Essas classes de declive de 0 – 3 % ocorrentes nas unidades de solo respectivamente LVA 52 (6,02%), LV 4 (1,36%) e NV 5 (0,95%); classes de declive de 3 – 6 % ocorrentes nas unidades de solo respectivamente LVA 52 (14,06%), LV 4 (4,22%) e NV 5 (0,91%); classes de declive de 6 – 12% ocorrentes nas unidades de solo respectivamente LVA 52 (12,45%), LV 4 (14,35%) e NV5 (7,24%).

A classe de declive de 12 a 20% ocorrente em 21,32% da área da microbacia, vem ocorrendo em quase 50 % da unidade de solo NV5.

As áreas com mais de 40% de declividade, representando somente 1,56% da microbacia, aproximadamente 87% corresponde a unidade de solo NV5.

5.4. Capacidade de uso da terra

As classes de capacidade de uso das terras da microbacia do Bairro dos Rochas (Figura 5 e Quadro 24), obtidas a partir do cruzamento das informações contidas nas cartas de declive e unidades de solo ocorrentes na microbacia (França, 1963; Lepsch et al.,

1991 e Zimback & Rodrigues, 1993), permitiram constatar a existência de 7 subclasses: II e,s; III e; IV s; IV e; IV e,s; VI e; VII e.

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

Quadro 24 – Determinação das classes e subclasses de capacidade de uso pelos critérios de julgamento:

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

A - Fertilidade aparente; **P.E.** - Profundidade efetiva; **PeD** - Permeabilidade e drenagem interna; **Df** - Deflúvio;

P - Pedregosidade; **R.I.** - Risco de inundação; **Dec.** - Declividade; **E.L.** - Erosão laminar; **E.S.** - Erosão em Sulcos; **V** - Voçorocas.

As subclasses de capacidade de uso do solo IVs, (52,47 %), IVe (10,94%) e IVe,s (10,38%), foram as mais significativas, predominando em mais da metade da área da microbacia, localizadas nas unidades de solo NITOSSOLO VERMELHO (NV5);

LATOSSOLO VERMELHO (LV4) e LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA52). Estas subclasses abrangem 73,79 % (1362,87 ha) de solos de textura arenosa/média até argilosa, de fertilidade aparente variando de baixa a alta, apresentando-se, segundo Lepsch et al. (1991), como terras limitadas por riscos medianos a severos de erosão em cultivos intensivos, com declividades acentuadas, com deflúvio muito rápido, podendo apresentar erosão em sulcos superficiais muito freqüentes, em sulcos rasos freqüentes ou em sulcos profundos ocasionais. Nestas classes são indicadas culturas permanentes protetoras do solo, não podendo tais áreas ser ocupadas com culturas anuais, apresentando dificuldades severas à motomecanização.

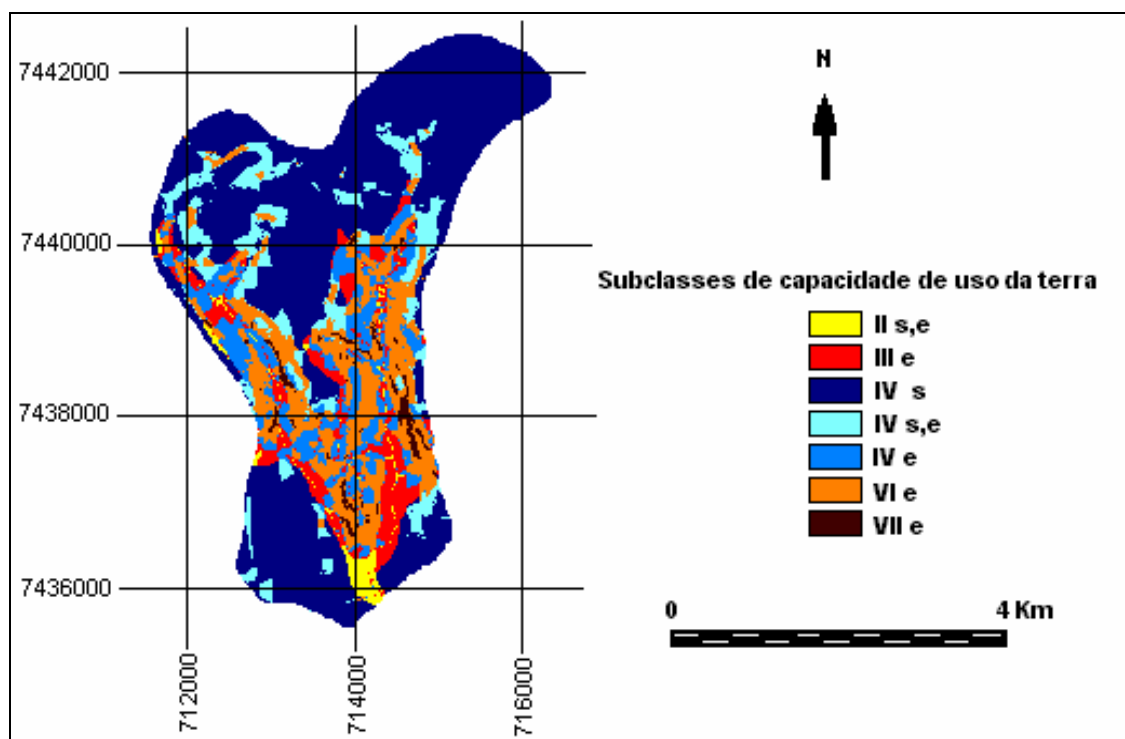


Figura 5. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

Quadro 25 – Áreas totais (há e %) das subclasses de capacidade de uso da terra da microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

Subclasses	Área (ha)	%
II s,e	34,24	1,85
III e	133,77	7,25
IV s	969,17	52,47
IV e	202,01	10,94
IV e,s	191,69	10,38
VI e	287,46	15,56
VII e	28,66	1,55
TOTAL	1847	100

A subclasse de capacidade de uso do solo IIe,s apareceu com 1,85% (34,24 ha) da área da microbacia, na unidade de solo NITOSSOLO VERMELHO (NV5), textura argilosa de alta fertilidade aparente que, segundo Lepsch et al. (1991), nesta subclasse estão as terras produtivas que têm limitações moderadas para o seu uso, oferecendo ligeiro a moderado risco de erosão estando sujeitas a riscos moderados de depauperamento, apresentando-se boas para poderem ser cultivadas desde que lhes sejam aplicadas práticas especiais de conservação do solo, de fácil execução, para produção segura e permanente de colheitas entre médias e elevadas, de culturas anuais adaptadas à região. Possuem ligeira limitação pela baixa atividade da fração coloidal.

A subclasse de capacidade de uso do solo IIIe, corresponde a 7,25% (133,77 ha) da área da microbacia, na unidade de solo NITOSSOLO VERMELHO (NV5) de solos de textura argilosa, de fertilidade aparente alta, sendo caracterizadas, segundo Lepsch et al. (1991), nesta categoria estão as terras próprias para lavouras em geral mas que, quando cultivadas sem cuidados especiais, ficam sujeitas a severos riscos de depauperamento, principalmente no caso de culturas anuais. Requerem medidas intensas e complexas de conservação do solo, a fim de poderem ser cultivada segura e permanente, com produção média a elevadas, de culturas anuais adaptadas. Apresentam declividades moderadas, relevo suavemente ondulado a ondulado, com deflúvio rápido, com riscos severos de erosão quando

o solo está descoberto de vegetação, podendo apresentar erosão laminar moderada e/ou sulcos superficiais e rasos freqüentes.

As subclasses de capacidade de uso do solo VIe e VIIe representam respectivamente 15,56% (287,46 ha) e 1,55% (28,66 ha) da área da microbacia, presentes nas unidades de solo NITOSSOLO VERMELHO (NV5); LATOSSOLO VERMELHO (LV4) e LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA52), sendo terras de baixa a alta fertilidade aparente, apresentando-se, segundo Lepsch et al. (1991), como terras limitadas por riscos medianos a severos de erosão em cultivos intensivos.

A subclasse de capacidade de uso do solo VIe, representa 15,56% da área da microbacia, apresentando-se, segundo Lepsch et al. (1991) como terras impróprias para culturas anuais com risco de erosão que pode chegar a severo, com deflúvio moderado a severo e presença de sulcos rasos muito freqüentes ou sulcos profundos freqüentes. Podem ser usadas para produção de certos cultivos permanentes úteis como pastagens ou florestas (como seringueira e cacau), usadas como culturas protetoras do solo, devem ser feito com restrições moderadas usando práticas de conservação de solo e um manejo adequado. Mesmo sob esse tipo de vegetação, é medianamente suscetível de danificação pelos fatores de depauperamento do solo devido o seu relevo, apresentam dificuldades de motomecanização pelas condições topográficas.

A subclasse de capacidade de uso do solo VIIe, representa apenas 1,55% da área da microbacia apresentando, segundo Lepsch et al. (1991), como terras que, por serem sujeitas a muitas limitações permanentes, além de serem impróprias para lavouras, apresentam severas limitações, mesmo para certas culturas permanentes protetoras do solo, sendo seu uso restrito para pastagem e reflorestamento com cuidados especiais. São altamente susceptíveis de danificação, exigindo severas restrições de uso, com práticas especiais. Apresentam limitações severas para outras atividades que não florestas, com risco de erosão muito severo, apresentando declividades muito acentuadas (mais de 40%) propiciando deflúvios muito rápidos, impedindo a motomecanização, com presença de erosão em sulcos muito profundos, muito freqüentes.

5.5. Recomendações finais de manejo em função das classes e subclasses de capacidade de uso

Segundo Ribeiro (1998) e Araújo Júnior (1998) recomendam-se as seguintes práticas de manejo para a conservação do solo em função das classes e das subclasses de capacidade de uso.

5.5.1. Subclasse II e,s: problemas de erosão e de solo.

Essa subclasse, que engloba 34,24 ha, representa 1,85 % da área das terras da microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

- Plantio direto (sem aração);
- Plantio e cultivo em nível;
- Culturas em faixas (rotação, retenção ou as duas conjugadas);
- Manutenção e ou melhoramento das condições físicas do solo (como exemplo pode citar rotação de culturas de preferencia com raízes profundas ou que reponha uma grande quantidade de matéria orgânica);
- Terraço de base larga, de preferência em nível (em caso de declives longos);
- Canais de divergência (desvio de água de áreas situadas imediatamente a montante);
- Manutenção dos canais de divergência e terraços;
- Aplicação de fertilizantes e corretivos.

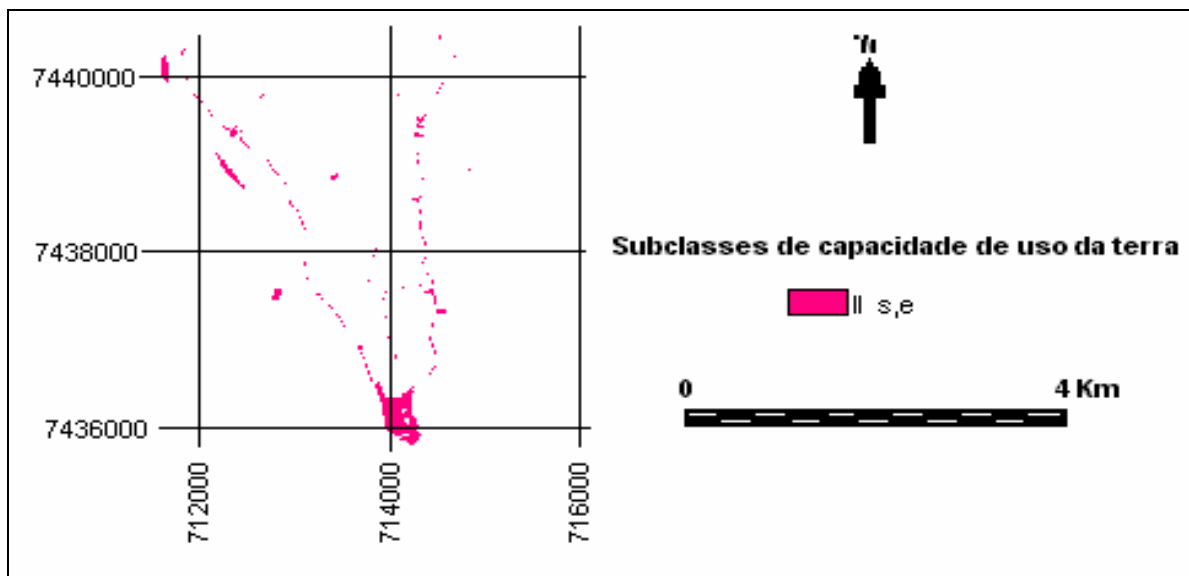


Figura 6. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

5.5.2. Subclasse III e: Limitação por problemas de erosão.

A subclasse IIIe, representa pouco mais de 7 % das terras do Município (133,77 ha), nesta categoria estão as terras próprias para lavouras em geral mas que, quando cultivadas sem cuidados especiais, ficam sujeitas a severos riscos de depauperamento, principalmente no caso de culturas anuais.

- Plantio direto;
- Terraceamento;
- Culturas em faixas;
- Plantio e cultivo em nível aliados a culturas em faixas e /ou terraceamento;
- Aumento da proporção de culturas densas nos planos de rotação;
- Canais de divergência;

- Manutenção dos terraços e canais de divergência

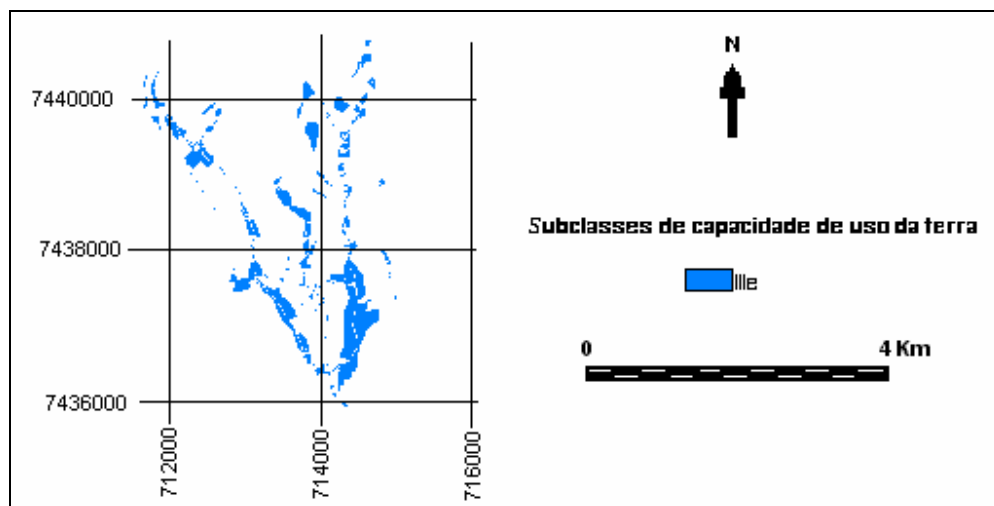


Figura 7. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

5.5.3. Subclasse IV s: Problemas de solo.

Essa subclasse, engloba 969,17 ha, representa mais de 52 % da área das terras da microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

- Rompimento de camadas compactadas para aumentar a profundidade efetiva do solo (escarificação e subsolagem);
- Remoção de pedras;
- Melhoramento das condições físicas do solo (rotação de culturas e incorporação de matéria orgânica);

- Correção da alcalinidade ou salinidade e terraços;
- Adubação e calagem;
- Conservação da umidade;

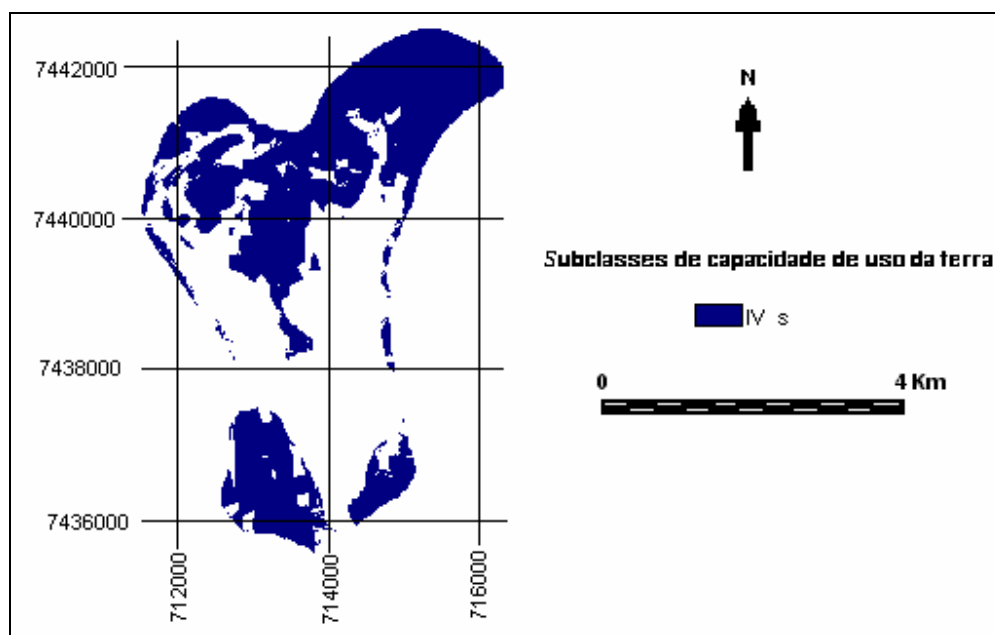


Figura 8. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

5.5.4. Subclasse IV e: Problemas de erosão.

Nesta categoria estão as terras que apresentam riscos ou limitações permanentes muito severas quando usadas para culturas anuais. Essa subclasse representa 10,94 % das terras da microbacia, ou seja, 202,01 ha.

- Rompimento de camadas compactadas para aumentar a profundidade efetiva do solo (escarificação e subsolagem);
- Remoção de pedras;

- Melhoramento das condições físicas do solo (rotação de culturas e incorporação de matéria orgânica)
- Correção da alcalinidade ou salinidade e terraços;
- Adubação e calagem;
- Conservação da umidade;

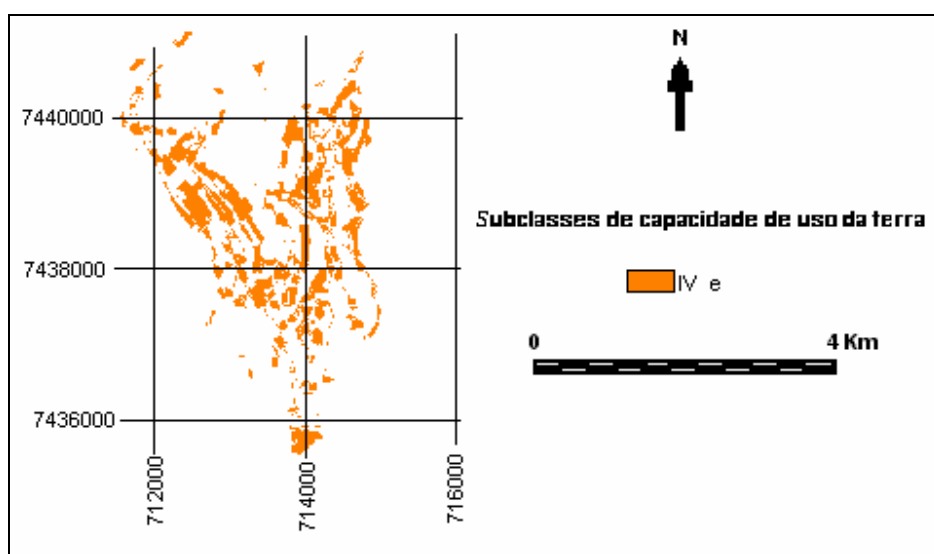


Figura 9. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

5.5.5. Subclasse IV e,s:

Nesta categoria estão as terras que apresentam riscos ou limitações permanentes muito severas quando usadas para culturas anuais. Essa subclasse representa 10,38 % das terras da microbacia, ou seja, 191,69 ha.

5.5.5.1. Culturas perenes

- Controle de sulcos de erosão ou de pequenas voçorocas;
- Preparo do terreno de acordo com a cultura a ser instalada (covas ou sulcos);

- Plantio e cultivo em nível;
- Terraceamento (base média, estreita, patamares);
- Cordões de contorno;
- Banquetas individuais;
- Alternância de capins;
- Ceifa e seleção do mato;
- Cobertura morta;
- Rompimento de camadas compactadas para aumentar a profundidade efetiva do solo (escarificação e subsolagem);
- Melhoramento das condições físicas do solo (rotação de cultura e incorporação de matéria orgânica);
- Adubação e calagem;
- Conservação da unidade.

5.5.5.2. Pastagem

- Controle de sulcos e de pequenas e médias voçorocas;
- Preparo adequado do solo;
- Terraceamento (base estreita);
- Sulcos em nível;
- Controle de pisoteio (número de cabeças por hectare) e do pastoreio (número de dias no pasto – rodízio);

- Rotação de pastagem com culturas anuais (um a dois anos com culturas e três a cinco anos com pastagem);
- Subsolagem;
- Calagem e adubação;
- Melhoramento de aguardas;
- conservação da unidade.

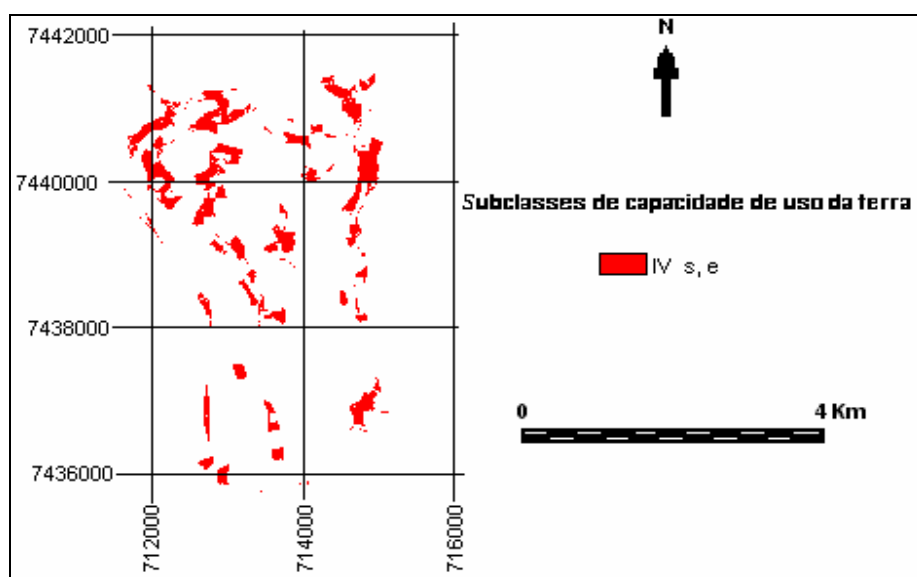


Figura 10. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

5.6. Subclasse VI e:

A subclasse com 287,46 ha (15,56%) compreende terras impróprias para culturas anuais, mas que podem ser usadas para produção de certos cultivos permanentes úteis, como pastagens e florestas.

5.6.1. Pastagem

- Cuidados especiais no preparo do solo (solos rasos, com pedras);
- Plantio de forrageiras e vegetação densa;
- Controle de sulcos e de pequenas e médias voçorocas;
- Sulcos em nível;
- Controle do pisoteio e do pastoreio;

5.6.2. florestas

- Interdição do gado;
- Proteção contra o fogo;
- Desbastes dos indivíduos de qualidade inferior;
- Introdução de novas espécies;
- Controle seletivo para aproveitamento de algumas árvores de madeira útil, sem destruição completa da floresta;
- Conservação das florestas protetoras.

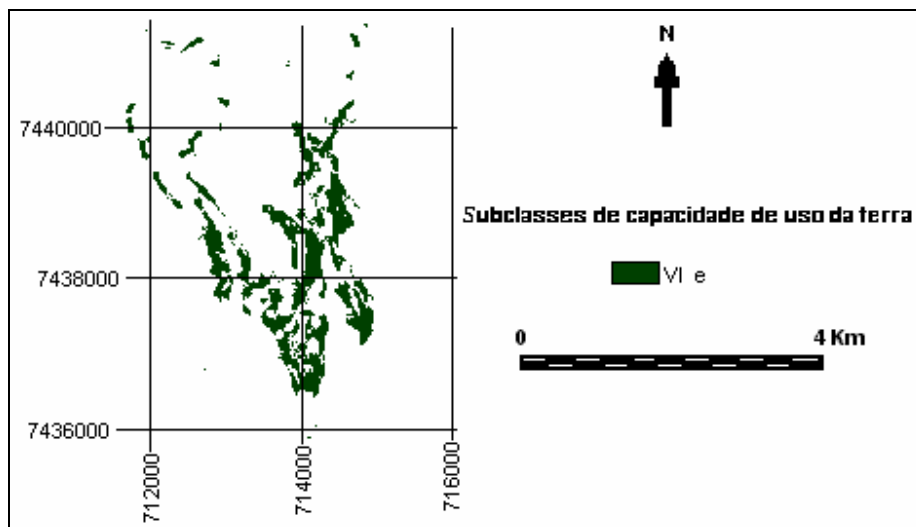


Figura 11. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

5.7. Subclasse VII e: Problemas de erosão

A subclasse VIIe representa apenas 1,55 % das terras da microbacia do Bairro dos Rochas (28,66 ha). Nesta categoria estão as terras que, por serem sujeitas a muitas limitações permanentes, além de serem impróprias para lavouras, apresentam severas limitações, mesmo para certas culturas permanentes protetoras do solo, sendo seu uso restrito para pastagem e reflorestamento com cuidados especiais.

5.7.1. Pastagens

- Cuidados especiais no preparo do solo (solos rasos, com pedras); Plantio de forrageiras e vegetação densa;
- Controle de sulcos e de pequenas e médias voçorocas;
- Sulcos em nível;

- Controle do pisoteio e do pastoreio;

5.7.2. florestas

- Interdição do gado;
- Proteção contra o fogo;
- Desbastes dos indivíduos de qualidade inferior;
- Introdução de novas espécies;
- Corte seletivo para aproveitamento de algumas árvores de madeira útil, sem destruição completa da floresta;
- Conservação das florestas protetoras.

5.7.3. Reflorestamento

- Cuidados especiais no preparo do solo;
- Escolha das essências florestais de acordo com as condições do solo, clima e da finalidade visada;
- Plantio em contorno;
- Replantio das falhas;
- Interdição do gado no desenvolvimento inicial;
- Proteção contra insetos, principalmente formigas;
- Proteção contra fogo;
- Tratos culturais;
- Abertura de carreadores e estradas de acesso;

- Corte sistemático;
- Métodos de regeneração

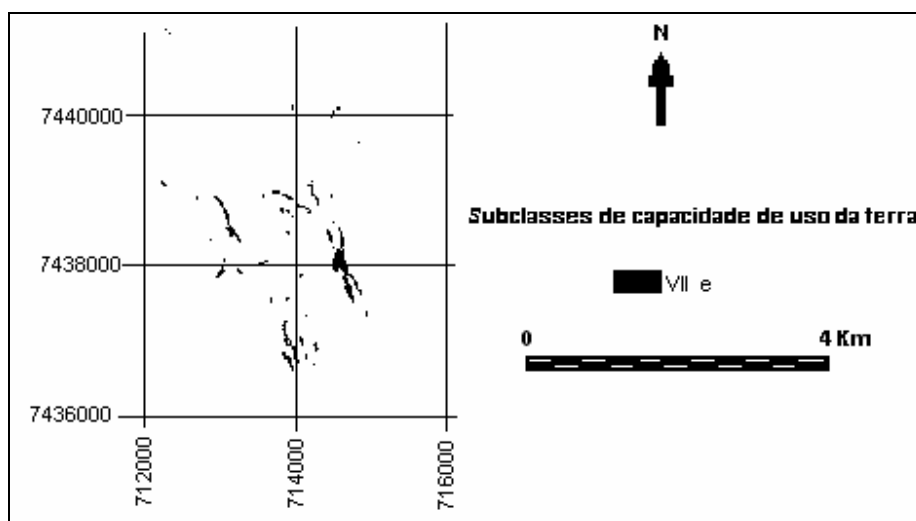


Figura 12. Subclasses de capacidade de uso da terra ocorrentes na microbacia do Bairro dos Rochas – Avaré (SP).

6. CONCLUSÕES

- A integração das ferramentas do geoprocessamento possibilitou agilidade na coleta e manipulação dos dados nas diferentes análises necessárias;
- A metodologia utilizada para o levantamento das classes de capacidade de uso das terras da microbacia dos Rochas, Avaré – SP., bem como o emprego do Sistema de Informações Geográficas Idrisi - Kilimanjaro, permitiram realizar uma adequada avaliação da capacidade de uso, com significativa redução de tempo e recursos financeiros, facilitando e agilizando os trabalhos de cruzamento de dados, cruzamentos entre os mapas, interpolações e na geração dos mapas finais, permitindo o armazenamento digital de dados que poderão vir a ser utilizados para outras análises, sobretudo para futuro planejamentos territorial e ambiental da área ora estudada;
- As unidades de solos LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (36,64%) e LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (30,3%) apresentando texturas variando de arenosa/média e classes de declive de 0-12% (relevo plano a ondulado) cobriram mais

de 60% da área (1133,19 ha) total da microbacia, mostrando que essas terras são propícias para o cultivo de culturas anuais, com amplo uso da mecanização.

- A classe de capacidade de uso IV foi a mais representativa, representado mais de 70% da microbacia, porém, foram encontradas as seguintes subclasses: IIe,s; IIIe; IVs; IVe; IVe,s; VI e, VII e.s. As subclasses de capacidade IVs, IVe, IVe,s, são terras limitadas por riscos medianos a severos de erosão em cultivos intensivos, com declividades acentuadas, com deflúvio muito rápido, podendo apresentar erosão em sulcos superficiais muito freqüentes, em sulcos rasos freqüentes ou em sulcos profundos ocasionais. Nestas classes são indicadas culturas permanentes protetoras do solo, não podendo tais áreas ser ocupadas com culturas anuais, apresentando dificuldades severas à motomecanização.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, H.M.R., VIEIRA, T.G.C., ANDRADE, H. **Sistemas de Informação Geográfica na avaliação de impactos ambientais provenientes de atividades agropecuárias**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.202, p.99-109, 2000.
- ARAÚJO JUNIOR, A.A., **Capacidade de uso das terras da bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP)**. Botucatu: UNESP. p.94. 1998.
- ASSAD, M.L.L., HAMADA, E., CAVALIERI, A. Sistema de informações geográficas na avaliação de terras para a agricultura. In: ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas aplicadas na agricultura**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 1998. p. 191 – 232.
- BARUQUI, A. M. Conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.80, 1981. p. 26 – 39.
- BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Comissão Nacional de Coordenação do Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas: Manual Operativo**. Brasília: Ministério da Agricultura. 1987. 60p.

BRITES, R.S., SOARES, V.P., COSTA, T.C.C., COSTA, T.C.C., NETO, A.S. Geoprocessamento e Meio Ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas/MG. Cartografia, Sensoriamento e Geoprocessamento. Poços de Caldas, **Anais...** Poços de Caldas.UFLA/SBEA, 1998. p. 141-163.

BUCENE, L.C. **Sistemas de informação geográfica na classificação de terras para irrigação, em Pardinho-SP.** Botucatu, 2002. 177p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment.** Oxford: Clarendon Press, 1986. 193p.

CALIJURI, M.L., CALIJURIM.C., TUNDISI, J.G., RIOS,L. **Implantação de um sistema de informação geográfica na bacia hidrográfica do Ribeirão e Represa do Lobo (Broa)-Estado de São Paulo.** In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 1994, Curitiba. Anais... Curitiba: Sagres Editora, 1994. p.35-43.

CÂMARA, G., MEDEIROS, J.S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas aplicadas na agricultura.** 2 ed. Brasília: Embrapa, 1998. p. 3-12.

CAMPOS, S.P, de. **Planejamento do uso do solo através do Sistema de Informações Geográficas Idrisi.** Botucatu, 1996. 124p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

CAMPOS, S.P, de. **Planejamento agroambiental de uma microbacia hidrográfica utilizando um Sistema de Informações Geográficas.** Botucatu, 2001, 137 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

CAVALIERI, A., HAMADA, E., ROCHA, J.V., KUPPER, R.B. **Classificação das terras no sistema de capacidade de uso, através do Sistema de Informação Geográfica.** Ecossistema, 1995. v. 20, 188-195p.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícias Geomorfológicas.** Campinas, v.9, p.35-64, 1969.

CRESTANA, M.S., TOLEDO FILHO, D.V., CAMPOS, J.B. **Florestas – Sistema de recuperação com essências nativas**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 60p.

DAINESE, R.C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não-supervisionada e análise visual**. Botucatu, 2001. 186p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

DE LIGIER, H.D., PERUCCA, A. R. Evaluacion del estado y uso de los recursos naturales em establecimientos agropecuários aplicando sistemas de información geográfica (GIS). SIMPOSIO LATINO AMERICANO DE PERCEPCION REMOTA, 9, 2000, Puerto Iguazu. **Anais** em CD ROM... São José dos Campos: SELPER, 2000.

DELMANTO JUNIOR, O., RAFAELLI, D. R., CORSEUIL, C. W., CAMPOS, S. Elaboração da carta clinográfica do município de Pratania-SP pelo sistema de informações geográficas – Idrisi 32. In: REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 9, 2002, Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

EASTMAN, J.R. **Idrisi for Windows – Manual do usuário: introdução e exercícios tutoriais**. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998. 240 p.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. 157 p.

FELGUEIRAS, C.A., ERTHAL, G.J. Aplicações de modelos numéricos de elevação e integração com imagens digitais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2, 1988, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 1988. P.485-490.

FERNANDES, E., FERNANDES FILHO, E.I., SILVA, E. Integração de Sistemas de Informações Geográficas e sistemas especialistas para a avaliação de aptidão agrícola das terras da bacia hidrográficas. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 75 – 82, 1999.

FILADELFO JUNIOR, W. S. Geoprocessamento aplicado ao estudo de ocupação do solo e das classes de declive. Botucatu, 1999, 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

FERNANDES, F.L., MEULMAN, P.M., CAMPOS, S., BARROS, Z.X., CARDOSO, L.G. Ocupação do solo da bacia do Ribeirão Água Fria – Botucatu (SP), obtido pelo sistema de

informações geográficas Idrisi. In: REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 9, 2002, Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

FRANÇA, G.V. A classificação de terras de acordo com sua capacidade de uso como base para um programa de conservação de solo. In.: CONGRESSO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1, 1963, Campinas. **Anais...** São Paulo: Secretaria da Agricultura, Divisão Estadual de Máquinas Agrícolas, 1963. p.399-408.

FUCHS, R. B. H. **Avaliação do uso da terra por classe de declividade, na sub-bacia hidrográfica do Vacacaí-Mirim – RS.** Santa Maria, 1986, 65p. Monografia (Curso de Especialização em Imagem Orbitais e Sub Orbitais), Universidade Federal de Santa Maria.

FUKS, S.D. Novos modelos para mapas derivados de informações de solos In: ASSAD, E.D., SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas aplicações na agricultura.** 2. ed. Brasília: Embrapa, 1998. p.373 – 410.

GIBOSHI, M.L., LOMBARDI NETO, F., RODRIGUES, L.H.A. Cap-Uso: Uma ferramenta para auxiliar o planejamento do uso da terra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.26, p.203-209, 2002.

GIOTTO, E. **Levantamento do uso atual das terras com imagem RBV do landsat-3 no município de Tapera – RS.** Santa Maria, 1981. 66 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria.

GOMES, C.B.G., LEITE, F.R.B.L., CRUZ, M.L.B. Aptidão agrícola das terras através do sistema de informações geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1993, p. 132-9.

GIBOSHI, M.L., LOMBARDI NETO, F., RODRIGUES, L.H.A. Cap-Uso: Uma ferramenta para auxiliar o planejamento do uso da terra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.26, p.203-209, 2002.

HAMADA, E., CAVALIERI, A., ROCHA, J.V., KUPPER, R.B. Classificação das terras no sistema de capacidade de uso utilizando o SIG-IDRISI. In: SIMPÓSIO DE USUÁRIOS IDRISI, 1, 1998, Campinas. **Resumos...** Campinas: 1996.

HORTON, R.H.L. Erosional developments streams and their drainage basing hidrophysical approach to quantitative morphology. Bull. **Geol. Soc. An.**, Boulder. v.56, p.275-370, 1945.

- IBGE. **Anuário estatístico do IBGE**. Ministério do Planejamento e Orçamento. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE. Ano 1 (1908/12). 2002.
- IWASA,O.Y., PRANDINI, F.L. Diagnóstico da origem e evolução de voçorocas: condição fundamental para a preservação e correção. In.: SIMPÓSIO SOBRE O CONTROLE DA EROÇÃO, 1980, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABGE, 1980. p.5 – 30.
- KLINGEBIEL, A.A & MONTGOMERY, P.H. **Land capability classification**. Washington, USDA, 1961. 21p. (agriculture Handbook, 210).
- KOFFLER, N. F. Uso das terras da bacia do Rio Bauru (SP): situação atual e potencialidade agrícola. **Mimesis**, Bauru, v.17, n. 1, p. 99 – 125, 1996.
- LEPSCH, J.F., BELLINAZZI JÚNIOR, R., BERTOLINI, D., ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 1991. 175p.
- MACEDO, A. C. **Revegetação**: matas ciliares e de proteção ambiental (ver. E ampli. por KAGEYAMA, P. Y.; COSTA, L. G. S.). São Paulo: FF, 1993. 26p.
- MADRUGA, P.R.A. **Diagnóstico físico do uso da terra em 1966/77 e 1985 na região de programação nº 6 – RS**. Santa Maria, 1985. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria.
- MADRUGA, P.R.A., GARCIA, S.M., CORSEUIL, C.W., KURTZ, F.C., SANTINI, N.L., ZANON, P.C.F., PERCORARO A.J., LIMA, R.R.. Uso do sistema de informação geográfica Idrisi na determinação dos conflitos de uso do solo em uma microbacia pertencente à sub-bacia Arroio Grande (RS). In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas-RS. **Anais** em CD ROM... Pelotas-RS, 1999.
- MARQUES, J.Q.A. et al., **Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra**: 3 aproximação. Rio de Janeiro: Escritório Técnico de Agricultura Brasil - Estados Unidos (ETA), 1971, 433p.
- MEULMAN, P.M., CAMPOS, S., BARROS, Z.X., CARDOSO, L.G. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado na discriminação, mapeamento e quantificação do uso da terra da bacia do Ribeirão do Lobo – Itatinga (SP). In: REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 9, 2002, Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

- MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001. 249p.
- MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza, Edições UFC, 1981.242p.
- NORTON, E. A. **Land classification as an aid in soil conservation operations in the classification of land**. Columbia: Agricultural Experiment Station, 1940. 334p. (Bulletin, 421)
- OLIVEIRA, J.B. de; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERAN FILHO. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: Legenda expandida. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Campinas, 1999. 64p.
- ORSI, L.,CAMPOS, S.,PIROLI, E.L.,POLLO, R.A. Sistema de Informação Geográfica-IDRISI na Determinação de Áreas com Uso da Terra Inadequado. In: GIS BRASIL 2000, Salvador. **Anais em CD ROM...** Curitiba: Fatorgis, 2000.
- PEREIRA, R. S. **Quantificação e distribuição espacial do uso da terra com imagem TM do Landsat 5 no município de Guaíba- RS em 1984**. Santa Maria, 1986. 209p. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria.
- PETERSEN, G.W., BELL, J.C., MCSWEENEY, K., NIELSEN, A.G., ROBERT, P.C. **Geographic informations systems in agronomy**. Advances in agronomy, v.55, p. 67-111, 1995.
- PIROLI, E.L., BOLFE, E.L., CAMPOS, S. **Curso Básico de Geoprocessamento-Práticas em Idrisi for Windows – Módulo I..** FCA-UNESP. Botucatu-SP, 2000. 49p. (Apostila)
- PIROLI, E.L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu-SP**. Botucatu, 2002. 108p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- RAMALHO FILHO, A., BEEK, K.J. **Sistema de avaliação de aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1995. 65p.
- REBOUÇAS, A.C. **Panorama da degradação do ar, da água e da terra no Brasil**. São Paulo: IEA/USP; Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciência. p.150. 1997.
- RESENDE, M. **Pedologia**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1982. p.64-87.

- RIBEIRO, F.L. **Sistemas de informações geográficas aplicado ao mapeamento dos usos atual e adequado da terra do alto Rio Pardo**. Botucatu, 1998. 110p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- RIBEIRO, F.L., CAMPOS, S. Capacidade de Uso da terra no alto Rio Pardo, Botucatu (SP), através do Sistema de Informação Geográfica. **Energia na Agricultura**, v.14, n 2, p. 48-60, 1999.
- ROCHA, J.S.M. **Fotografias aéreas aplicadas ao planejamento físico rural**. Santa Maria, Departamento de Engenharia Agrícola e Florestal. UFSM, 1978.
- ROCHA, J.S.M. et al. **Manejo de sub-bacias hidrográficas do rio Itajaí-Mirim (SC) para fins de contenção de enchentes**. Santa Maria: UFSM. p.116. 1986.
- ROCHA, J.S.M. **Manual para projetos ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária. p.423. (cap3 71-140) 1997.
- RODRIGUES, J.B.T., ZIMBACK, C.R.L., PIROLI, E. L. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.25, n. 3, p. 675-81, 2001.
- SETTI, A. A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2.ed. Brasília: ANEEL/ANA, 2001. 328p.
- SILVA, C.L., CAMPOS, S., BARROS, Z.X., CARDOSO, L.G., PIROLI, E.L., RIBEIRO, F.L., JOSÉ, E.M., TORNERO, M.T. Estudo da clinografia e dos solos da Fazenda Lobo-Município de Itatinga-SP. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas-RS. **Anais** em CD ROM... Pelotas-RS, 1999.
- SIMÕES, L.B., CARDOSO, L. G. Análise da distribuição da vegetação nativa na bacia do Ribeirão Lavapés/SP, através de Sistema de Informação Geográfica. **Energia na Agricultura**, v.13 (3), p. 1-9, 1999.
- SOIL SURVEY STAFF. 1975. **Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil survey**. USDA, Washington, D.C. 930p
- TEIXEIRA, A.L.A., MORETTI, E., CRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos sistemas de informação geográfica**. Rio Claro SP., 1992, 80p
- TORNERO, M.T. **Análise ambiental através de sistema de informações geográficas (SIG), como subsídio ao planejamento no município de Maringá-PR**. Botucatu, 2000. 184p. Tese

(Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

ZIMBACK, C.R.L., RODRIGUES, R.M. **Determinação da capacidade de uso das terras da Fazenda Experimental de São Manuel.** Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Departamento de Solos, 1993. 28p. (Mimeografado).

ZIMBACK, C.R.L., **Levantamento de solos.** Apostila. Curso de pós – graduação em agronomia, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, 1997.