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

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO DA TERRA DO MUNICÍPIO DE SÃO MANUEL (SP), OBTIDO POR MEIO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) - IDRISI

OSMAR DELMANTO JUNIOR

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU - SP
Março - 2003

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

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO DA TERRA DO MUNICÍPIO DE SÃO MANUEL (SP), OBTIDO POR MEIO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) - IDRISI

OSMAR DELMANTO JUNIOR

Orientador: Prof. Dr. SÉRGIO CAMPOS

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU - SP
Março - 2003

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

Aos meus pais, Osmar (in memorian) e Zélia, razão de vida, carinho e sábios ensinamentos ministrados no decorrer de minha existência.

Aos meus irmãos

Dileta, Fátima, José Luiz, Mário e Paulo, pela amizade sincera.

À minha esposa Ana Lourdes e aos nossos filhos Ana Paula e Neto, pelo amor, compreensão, dedicação e estímulo para a conclusão deste trabalho,

dedico.

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 Agronômicas/UNESP/Campus de Botucatu, por conceder-me a oportunidade de realizar o 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 de estudos.

Aos ***Profs. Drs. Zacarias Xavier de Barros e Lincoln Ghering Cardoso***, pelos ensinamentos recebidos, pela saudável e cordial amizade.

Aos ***Profs. Drs. João Carlos Cury Saad e Raimundo Leite Cruz***, Coordenadores do Programa de Pós Graduação em Agronomia – Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, que não pouparam esforços na condução dos trabalhos e auxílio aos alunos do curso.

Ao Departamento de Solos, especialmente aos ***Profs. Drs. Célia Regina Lopes Zimback; Affonso Maria de Carvalho e Sérgio Lázaro de Lima,*** pelas orientações e pertinentes sugestões quanto à interpretação dos resultados.

Ao ***Engº Agrº José Onivaldo Innocenti,*** da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Manuel-SP, pelas orientações quanto ao correto enquadramento dos tipos de solo presentes no Município.

Aos colegas e amigos conquistados durante o Programa de Pós-graduação,

especialmente a ***Edson Luis Piroli, Edvaldo Alves Pereira, Ieoschua Katz, Antônio Ricardo Santos de Andrade, Renata Cilene Dainese, Lígia Barroso Simões, Débora Rosa Rafaelli, Cláudia Weber Corseuil, Adriana Teixeira Bueno, Fernanda Leite Ribeiro e Priscilla Mendes Meulman***, pelo auxílio nos trabalhos, sugestões, críticas e saudável convivência.

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

Aos demais funcionários do Departamento de Engenharia Rural, especialmente aos amigos ***Gilberto Winckler, Silvio Sabatini Simonetti Scolástici e Pedro Alves***.

Aos funcionários da biblioteca e às 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	IX
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO DA LITERATURA	7
4.1 Capacidade de uso da terra	7
4.1.1 Sistema de classificação da Capacidade de Uso da Terra	9
4.2 Planejamento do uso da terra	17
4.3 Geoprocessamento	23
4.4 Sistema de Informações Geográficas (SIG)	24
4.4.1 SIG-IDRISI	31
5. MATERIAL E MÉTODOS	35
5.1 MATERIAL	35
5.1.1 Características gerais da área de estudo	35
5.1.2 Bases topográficas	37
5.1.3 Equipamentos	37
5.1.4 Programas computacionais	37
5.1.5 Sistema de avaliações de terra para agricultura	38
5.2 MÉTODOS	38
5.2.1 Obtenção do plano de informação referentes à topografia	38

5.2.2 Conversão da carta clinográfica para o formato digital..... 40
5.2.3 Mapa de solos..... 41
5.2.4 Critérios para obtenção do mapa de capacidade de uso da terra..... 45

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 50
6.1 Classes de declive..... 50
6.2 Unidades de solo 52
6.3 Classes e Subclasses de capacidade de uso das terras do Município de São Manuel-SP..... 54
6.4 Subclasses de capacidade de uso das terras em relação às unidades de solo do Município de São Manuel-SP..... 57
6.5 Distribuição espacial e características das subclasses de capacidade de uso das terras..... 59
6.5.1 Subclasse IIe,s..... 59
6.5.2 Subclasse IIIe..... 60
6.5.3 Subclasse IIIe,s..... 61
6.5.4 Subclasse III,s..... 62
6.5.5 Subclasse IVe..... 63
6.5.6 Subclasse VIe..... 64
6.5.7 Subclasse VIIe..... 65

7. CONCLUSÕES..... 67

8. RECOMENDAÇÕES FINAIS DE USO E MANEJO EM FUNÇÃO DAS SUBCLASSES DE CAPACIDADE DE USO..... 68

8.1 Subclasse IIe,s..... 68
8.2 Subclasse IIIe..... 69
8.3 Subclasse IIIe,s..... 69
8.4 Subclasse IIIs..... 70

8.5 Subclasse IVe..... 71
8.6 Subclasse VIe..... 71

8.6.1 Pastagens..... 71
8.6.2 Florestas 72
8.7 Subclasse VIIe..... 72
8.7.1 Pastagens..... 72
8.7.2 Floresta (mata)..... 72
8.7.3 Reflorestamento..... 73

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 74

LISTA DE QUADROS

Quadro **Página**

1. Intervalos de classes de declive para fins de conservação de solos..... 41
2. Unidades de solos ocorrentes na área de estudo..... 41
3. Tabela de julgamento das classes de capacidade de uso das terras..... 46
4. Intervalo para o enquadramento dos critérios de deflúvio..... 48
5. Limitações de uso para definição de subclasses de capacidade de uso..... 49
6. Determinação das classes e subclasses de capacidade de uso pelos critérios de julgamento..... 55
7. Subclasses de capacidade de uso das terras Município de São Manuel-SP..... 56
8. Subclasses de capacidade de uso da terra em relação às unidades de solo ocorrentes no Município de São Manuel-SP..... 58

LISTA DE FIGURAS

Figura **Página**

1. Localização do Município de São Manuel no Estado de São Paulo..... 36
2. Representação da carta clinográfica obtida manualmente (ábaco)..... 39
3. Carta clinográfica do Município de São Manuel-SP..... 50
4. Porcentagens das classes de declive ocorrentes no Município de São Manuel-SP..... 51
5. Unidades de solo ocorrentes no Município de São Manuel-SP..... 53
6. Porcentagens relativas das unidades de solo ocorrentes no Município de São Manuel-SP..... 54
7. Subclasses de capacidade de uso das terras do Município de São Manuel-SP..... 57
8. Subclasses de capacidade de uso da terra em relação às unidades de solo ocorrentes no Município de São Manuel-SP..... 58
9. Subclasse IIe,s de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP..... 60
10. Subclasse IIIe de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP..... 61
11. Subclasse IIIe,s de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP..... 62
12. Subclasse IIIs de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP..... 63
13. Subclasse IVe de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP..... 64

14. Subclasse VIe de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP..... 65
15. Subclasse VIIe de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP..... 66

1 RESUMO

Cada vez mais, a população mundial vem sofrendo as conseqüências das agressões efetuadas pelo homem ao meio ambiente, principalmente quanto à ocupação e uso inadequado das terras, o que ocasiona empobrecimento e depauperamento do solo, influencia a qualidade e disponibilidade de água e leva à destruição das reservas florestais. Para reverter tal quadro, é necessária a implantação de uma efetiva política conservacionista, que contemple o desenvolvimento econômico, urbano, rural e social de uma região, para que se possa preservar os recursos naturais para futuras gerações.

Neste contexto, o presente 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 Informações Geográficas - Idrisi, visando contribuir para uma melhor organização territorial e para o planejamento de uma adequada ocupação do solo.

Os resultados obtidos com a metodologia utilizada permitiram mostrar que a maior parte das áreas de terras do Município de São Manuel-SP são formadas por solos pertencentes às unidades LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos (48,94%) e LATOSSOLO VERMELHOS Eutroférricos (38,16%), apresentando texturas que variam de

arenosa/média a argilosa. Quanto à declividade, houve um predomínio de áreas com classes de declive de 0-12%, relevo plano a ondulado (77,06% do Município), mostrando que essas terras são propícias para o cultivo de culturas anuais, com amplo uso da mecanização. A maior parte das terras do Município de São Manuel-SP foram classificadas como sendo da classe III de capacidade de uso, porém, foram encontradas as seguintes subclasses de capacidade de uso das terras: IIe,s; IIIe; IIIe,s; IIIs; IVe; VIe e VIIe. As subclasses de capacidade IIIe; IIIe,s, e IIIs (54,42%) e IIe,s (22,64%) foram as mais representativas, mostrando tratarem-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 cultivados com culturas anuais.

O Sistema de Informações Geográficas-Idrisi mostrou-se eficiente na determinação da capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP, demonstrando que a utilização de ferramentas de geoprocessamento, facilitam e agilizam os trabalhos de 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.

2 SUMMARY

DETERMINATION OF THE LAND CAPABILITY OF THE MUNICIPAL DISTRICT OF SÃO MANUEL-SP, USING A GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS) - IDRISI. Botucatu, 2003. 82p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Osmar Delmanto Junior

Adviser: PROF. DR. SÉRGIO CAMPOS

The world population is suffering the consequences of the men's aggression in the environment, mainly related to the inadequate use of land that will cause, over a long period, the impoverishment and degeneration of the soil, the degradation of the quality and availability of the water and the destruction to the forests reservations To revert this fact, it is necessary to develop an effective political land-use planning to preserve the environment that will contemplate the development of the economic, urban, rural and social areas to protect the nature for future generations.

The present work had a purpose to develop the land-use capability for the Municipal District of São Manuel-SP, using a Geographical Information System – Idrisi, looking for contributing to a better territorial organization and for planning the right classification of the land for the purpose of showing its suitability for specific soil uses.

The results obtained with the methodology used showed that the most of the areas of the Municipal District of São Manuel-SP is organized by the following soil units LVAd (48,94%) and LVe (38,l6%); with middle/sandy to clay textures. The slope had a predominance of areas with the 0-12% class, plane to undulating relief (77,06% of the Municipal District) showing that those lands are good for crop production with minimum erosion hazard, using agricultural equipments. The major part of the lands of São Manuel

District was classified as class III of land-use capability, but it has been found the following subclasses: IIe,s; IIIe; IIIe,s, IIIs, IVe , VIe and VIIe. The IIIe; IIIe,s; and IIIs (54,42%) and IIe,s (22,64%) capability subclasses were the most representatives, showing that those lands can be used to agricultural activities but if they are not cultivated with special cares, they can turn out lands with dangerous risks of impoverishment, mainly when the soils are cultivated with annual crop production.

The Geographical Information System – Idrisi showed to be an efficient tool for determining the land-use capability in the Municipal District of São Manuel-SP, specially concerned with the use of geoprocessing tools that facilitate the input, the analyze and the display of environmental spatial information, and allowed the data digital storage that could be used to another analyses, specially for planning the use of land, specially in the area studied.

Keywords: Geoprocessing, soil use capability, Geographical Information Systems (GIS), Idrisi 32

3 INTRODUÇÃO

O levantamento do uso da terra numa dada região abrange as características físicas fundamentais para a compreensão dos padrões de organização daquele determinado espaço. Deste modo, há necessidade de promover a constante atualização dos registros de uso da terra, para evitar o crescimento desordenado sem técnica e manejo racional adequado.

A utilização indiscriminada do solo, sem manejo e planejamento adequado, sem levar em conta suas características físico-químicas e condições de relevo (fator declividade), pode torná-lo improdutivo em curto espaço de tempo, com prejuízos irrecuperáveis e sérios danos ao meio-ambiente e às populações regionais que dependem diretamente do cultivo destas terras.

A implantação de uma política agrícola adequada e séria, necessita de embasamento técnico científico, com informações confiáveis e atualizadas sobre o grau de uso e utilização da terra. Desta forma seria possível racionalizar e viabilizar o planejamento agrícola de determinada região, face à grande extensão territorial do país e à diversidade de uso, relevo, clima e tipos de solos encontrados nas diversas regiões.

A possibilidade de obtenção de dados georreferenciados, obtidos por sensoriamento remoto e a sobreposição de mapas temáticos (substituindo o processo convencional na elaboração de mapas), viabiliza sua confecção com certa rapidez, permitindo um exame amplo do conjunto de variáveis que são usualmente consideradas nos planejamentos de manejo do solo.

No planejamento de recursos naturais, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido utilizados como ferramentas digitais para aquisição, análise e divulgação de informações espaciais.

O presente trabalho pretendeu contribuir quanto à melhor organização territorial e planejamento adequado que possa viabilizar uma ocupação mais racional do solo do Município de São Manuel-SP, por meio da determinação da capacidade de uso das terras, com descrições atualizadas, que, aliadas aos conhecimentos técnico-científicos do geoprocessamento, poderão servir de subsídios para futuros planejamentos rurais, urbanos, análise dos recursos naturais e aspectos ligados à agricultura do Município, importante região canavieira e cafeeira do Estado de São Paulo.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Capacidade do uso da terra

A classificação da capacidade de uso das terras visa estabelecer uma base para o melhor aproveitamento do solo e envolve a avaliação das necessidades para os vários usos que possam ser dados a determinada gleba. As classes de capacidade de uso do solo deverão ser utilizadas como base sobre a qual os fatores econômicos e sociais de determinada área possam ser considerados na elaboração das modificações do uso do solo (NORTON, 1940).

Para Ribeiro (1998) e Dainese et al. (1999), a capacidade de uso indica o grau de intensidade de cultivo que se pode aplicar em um terreno sem que o solo sofra diminuição de sua produtividade por efeito da erosão. O controle da erosão por práticas conservacionistas com a adoção de modernas técnicas de mecanização, melhores variedades culturais, bem como o uso racional de fertilizantes e corretivos, podem tornar a agricultura mais eficiente.

Segundo Muramoto et al. (1993), citado por Campos (1996), o diagnóstico da adequação agrícola das terras rurais de uma região envolve a caracterização do meio físico (tipos de solo e relevo), do uso atual e passado e a determinação da capacidade de uso das terras. A partir daí, pode-se identificar a compatibilidade entre a capacidade de uso e o uso da terra. Assim, podem ser identificadas as áreas que estão sendo utilizadas com prejuízo potencial ao ambiente (acima da capacidade de uso), bem como aquelas sub-utilizadas (abaixo da capacidade de uso).

A adaptação das terras às várias modalidades de utilização agrosilvipastoril, segundo Lepsch et al. (1991), diz respeito à sua capacidade de uso, idéia esta diretamente ligada às possibilidades e limitações que elas apresentam. Assim, definem *capacidade de uso da terra* como sendo a sua adaptabilidade para fins diversos, sem que sofra depauperamento pelos fatores de desgaste e empobrecimento. A expressão encerra efeitos de condições do meio físico (incluindo o clima) na aptidão da terra, para ser utilizada sem sofrer danos consideráveis por desgaste e empobrecimento, por meio de cultivos anuais, perenes, pastagem, reflorestamento ou vida silvestre.

Ainda, segundo o mesmo autor, a determinação da capacidade de uso da terra é uma poderosa ferramenta utilizável no seu planejamento e uso, pois encerra uma coleção lógica e sistemática de dados e apresenta os resultados de forma diretamente aplicável ao planejador.

Para Giboshi et al. (2002) a classificação da capacidade de uso das terras é uma tarefa complexa, difícil e demorada, que envolve conhecimentos interdisciplinares e uma vasta quantidade de dados. Prosseguindo, os autores aduzem que a classificação da capacidade de uso é muito importante para um planejamento racional do uso da terra, pois tem o propósito de fornecer dados que permitem decidir qual a melhor combinação de uso agrícola para um aproveitamento mais intensivo da terra com diminuição do risco de empobrecimento do solo.

A classificação das terras no sistema de capacidade de uso é uma

importante metodologia para o planejamento agrícola de uma área; entendendo-se por capacidade de uso das terras a relativa compatibilidade que elas apresentam para comportar um determinado número de alternativas de uso agrícola, técnica e economicamente viáveis, sob um dado nível de manejo (CAVALIERI et al, 1995)

O mapeamento de uma região, quanto à aptidão agrícola ou capacidade de uso de suas terras, segundo Formaggio et al. (1992), serve de apoio ao planejamento de sua exploração racional, com base em conhecimentos científicos, visando principalmente, otimizar o uso dos solos, de maneira que permaneçam econômica e tecnicamente agricultáveis pelo máximo de tempo possível.

Segundo Araújo Júnior (1998), a capacidade de uso indica o grau de intensidade de cultivo que se pode aplicar em um terreno sem que o solo sofra diminuição de sua produtividade por efeito da erosão. Para que as explorações agrícolas sejam conduzidas com bases conservacionistas, sem descuidar dos interesses financeiros dos agricultores, é necessário classificar os solos segundo a sua capacidade de uso da terra para fins de planejamento das práticas de conservação do solo na propriedade rural ou em empresas agrícolas, ou para pequenas bacias hidrográficas, tendo em vista o conjunto de suas principais características físicas, ecológicas e econômicas. Ainda, segundo o mesmo autor, a capacidade de uso visa o aproveitamento com um mínimo de perda, de modo a combinar o uso agrícola com as práticas necessárias de controle de erosão, a partir de limitações permanentes.

4.1.1. 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).

De conformidade com Lepsch et al. (1991), as categorias do sistema de

classificação em capacidade de uso, estabelecidas com base nos tipos de intensidade de uso das terras, dividem-se em:

- **Grupo A:** terras passíveis de serem utilizadas com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre (comporta as classes I, II, III e IV).

- **Grupo B:** terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre, porém, cultiváveis em casos de algumas culturas especiais protetoras do solo (comporta as classes V, VI e VII).

- **Grupo C:** terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água (comporta a classe VIII).

Para a determinação das práticas de controle de erosão e para as práticas complementares de melhoramentos, as classes de capacidade de uso, observando-se os graus de limitação, classificam-se em:

Grupo A: Comporta as seguintes classes:

- **Classe I:** terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;

- **Classe II:** terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos;

- **Classe III:** terras cultiváveis com problemas complexos de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos;

- **Classe IV:** terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação.

Grupo B: Comporta as seguintes classes:

- **Classe V:** terras adaptadas em geral para pastagens e, em alguns casos para reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação; são cultiváveis apenas em casos muito especiais;

- **Classe VI:** terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, com problemas simples de conservação. São cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo;

- **Classe VII:** terras adaptadas em geral somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação.

Grupo C: Comporta a **Classe VIII**, que são terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como proteção e abrigo da fauna e flora silvestre, recreação ou armazenamento de água.

As subclasses de capacidade de uso, divididas em quatro subclasses, são definidas em função da natureza da limitação mais forte (dominante), sendo designadas pelas letras:

***e*:** limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão;
***s*:** limitações relativas ao solo;
***a*:** limitações por excesso de água;
***c*:** limitações climáticas

De conformidade com a classificação do manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso, (Lepsch et al., 1991), para a caracterização das subclasses, deverá ser observado:

Classe I – São terras que apresentam nenhuma ou somente muito pequenas limitações permanentes ou riscos de depauperamento. São próprias para culturas anuais climaticamente adaptadas, com produção de colheitas entre médias e elevadas, sem práticas ou medidas especiais de conservação do solo. As práticas comuns de melhoria e manutenção da fertilidade do solo, inclusive a rotação de culturas e aplicação de corretivos e fertilizantes, devem ser usadas nas terras desta classe. Esta classe não admite subclasses.

Classe II – São terras que têm limitações moderadas para o seu uso, por estarem sujeitas a riscos moderados de depauperamento, mas 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. Esta classe admite as seguintes subclasses:

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

II*s*: 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 troca catiônica);

II*a*: terras produtivas, praticamente planas ou suavemente onduladas, com restrições de drenagem ou excesso de água, sem riscos de inundação, mas uma vez instalado o sistema de drenos, é de fácil manutenção e, a probabilidade de salinização, pequena;

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

Classe III – São 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 cultivadas segura e permanente, com produção média a elevadas, de culturas anuais adaptadas. Esta classe admite as seguintes subclasses:

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

III*s*: terras praticamente planas ou suavemente onduladas com fertilidade muito baixa (caráter álico) ou limitadas ainda por: profundidade efetiva média, ou drenagem interna moderada a pobre; ou risco acentuado de salinização, ou dificuldades de preparo do solo devido à presença de pedras ou argilas expansivas (caráter vértico);

III*a*: terras praticamente planas com limitações moderadas por excesso de água, mas sem riscos freqüentes de inundações. A drenagem é possível, mas a sua manutenção é complexa;

III*c*: terras praticamente planas a suavemente onduladas, com moderadas limitações climáticas, como escassez de água em regiões semi-áridas.

Classe IV – São terras que apresentam riscos ou limitações permanentes muito severas quando usadas para culturas anuais. Os solos podem ter fertilidade natural boa ou razoável, mas não são adequados para cultivos intensivos e contínuos. Usualmente, devem ser mantidas com pastagens, mas podem ser suficientemente boas para certos cultivos ocasionais (na proporção de um ano de cultivo para cada quatro a seis de pastagem) ou para algumas culturas anuais, porém com cuidados muito especiais. Esta classe prevê as seguintes subclasses:

IV*e*: terras severamente limitadas por risco de erosão para cultivos intensivos, geralmente

com declividades acentuadas, com deflúvio muito rápido, podendo apresentar erosão em sulcos superficiais muito freqüentes, em sulcos rasos freqüentes, ou em sulcos profundos ocasionais;

IV*s*: solos limitados pela profundidade efetiva rasa, ou apresentando pedregosidade (30-50%), com problemas de motomecanização, ou ainda com pequena capacidade de retenção de água aliada a problemas de fertilidade;

IV*a*: solos úmidos, de difícil drenagem, dificultando trabalhos de motomecanização e ainda com outra limitação adicional, tal como risco de inundação ocasional, que impede cultivo contínuo;

IV*e*: terras com limitações climáticas moderadas a severas, ocasionando períodos prolongados de seca, não sendo possíveis colheitas em anos muito secos, ou então com risco ocasional de geada.

Classe V – São terras planas, ou com declives muito suaves, praticamente livres de erosão, mas impróprias para serem exploradas com culturas anuais, e que podem, com segurança, ser apropriadas para pastagens, florestas ou mesmo para algumas culturas permanentes, sem a aplicação de técnicas especiais. Esta classe prevê as seguintes subclasses:

V*s*: terras planas não sujeitas à erosão, com deflúvio praticamente nulo, podendo apresentar como limitações os seguintes fatores: muito baixa capacidade de armazenamento de água, drenagem interna muito rápida ou muito lenta, pedregosidade ou rochosidade intensa e problemas advindos de pequena profundidade efetiva;

V*a*: terras planas não sujeitas à erosão, com deflúvio praticamente nulo, severamente limitadas por excesso de água, sem possibilidade de drenagem artificial e/ou com risco de inundação freqüente, mas que podem ser usadas para pastoreio, pelo menos em algumas épocas do ano;

V*c*: terras planas com limitações climáticas severas, com longos períodos de seca e/ou risco freqüente de geada, neve ou ventos frios.

Classe VI – Terras impróprias para culturas anuais, mas que podem ser usadas para produção de certos cultivos permanentes úteis, como pastagens, florestas artificiais e, em alguns casos, mesmo para algumas culturas permanentes protetoras do solo, como seringueira e cacau, desde que adequadamente manejadas. O uso com pastagens ou culturas permanentes protetoras deve ser feito com restrições moderadas, com práticas especiais de conservação do solo, uma vez que, mesmo sob esse tipo de vegetação, são medianamente suscetíveis de danificação pelos fatores de depauperamento do solo. Esta classe prevê as seguintes subclasses:

VI*e*: terras que, sob pastagem são medianamente suscetíveis à erosão, com relevo forte ondulado e declividades acentuadas, propiciando deflúvio moderado a severo com dificuldades severas de motomecanização, 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;

VI*s*: terras constituídas por solos rasos ou, ainda com pedregosidade (30-50%) e/ou rochas expostas na superfície. Outra condição que pode caracterizá-las é a pequena produtividade dos solos;

VI*a*: solos muito úmidos, com pequenas ou nulas profundidades de drenagem artificial, acarretando problemas à motomecanização, agravados por certa suscetibilidade à erosão ou recebimento de depósitos erosivos oriundos de áreas vizinhas;

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

Classe VII – 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. Sendo altamente susceptíveis de danificação, exigem severas restrições de uso, com práticas especiais. Normalmente são muito íngremes, erodidas, pedregosas ou com solos muito rasos, ou ainda com deficiência de água muito grande. Esta classe prevê as seguintes subclasses:

VII*e*: terras com limitações severas para outras atividades que não florestas, com risco de erosão muito severo, apresentando declividades muito acentuadas (mais de 40% de declividade) propiciando deflúvios muito rápidos ou impedindo a motomecanização; presença de erosão em sulcos muito profundos, muito freqüentes;

VII*s*: terras pedregosas (mais de 50% de pedregosidade), com associações rochosas, solos rasos a muito rasos ou, ainda, com a agravante de serem constituídas por solos de baixa capacidade de retenção de água;

VII*c*: terras com limitações climáticas muito severas, a exemplo das terras situadas em regiões semi-áridas, em locais onde a irrigação seria imprescindível, mas é impraticável.

Classe VIII – Terras impróprias para serem utilizadas com qualquer tipo de cultivo, inclusive o de florestas comerciais ou para produção de qualquer outra forma de vegetação permanente de valor econômico. Prestam-se apenas para proteção e abrigo da fauna e flora silvestre, para fins de recreação e turismo ou de armazenamento de água em açudes. Nesta classe, são possíveis as seguintes subclasses:

VIII*e*: terras de relevo excessivo, com declives extremamente acentuados e deflúvios muito rápidos, a expor os solos a alto risco de erosão inclusive a eólica, como é o caso das dunas costeiras: presença de processos erosivos muito severos, inclusive com voçorocas;

VIII*s*: terras constituídas por solos muito rasos e/ou com tantas pedras e afloramentos de

rocha, que possibilitem plantio e colheita de essências florestais;

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

VIII*c*: terras com limitações climáticas muito severas, como as das áreas áridas, que não se prestam mesmo ao pastoreio ocasional.

4.2 Planejamento do uso da terra

Cada vez mais, nota-se a preocupação dos técnicos e profissionais da área quanto às formas de utilização e ocupação do solo. O adequado planejamento do uso da terra e a utilização de ferramentas de precisão, aliadas aos conhecimentos técnico-científicos dos recursos naturais, propiciam elementos para a indicação de uma correta utilização do solo, principalmente em relação ao manejo e conservação, combate a erosão, assoreamento de rios e nascentes e, principalmente na condução de uma agricultura racional, que beneficie não só o solo e o meio ambiente, como também às populações que dependem e venham a depender diretamente deste recurso natural.

Segundo Madruga et al. (1999), muitas áreas são ocupadas inadequadamente devido à falta de informações, de planejamentos precários e de um estudo adequado. O levantamento da ocupação do solo 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. De acordo com os autores, citando Rocha (1991) estes conflitos ocorrem quando as culturas agrícolas são conduzidas em terras impróprias ou apropriadas, porém com declividades inadequadas aos padrões conservacionistas.

O planejamento do uso da terra é o primeiro passo em direção a uma

agricultura mais coerente. Para isso, deve-se empregar cada parcela de terra de acordo com a sua capacidade de sustentação e produtividade econômica, de forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem para seu melhor uso e benefício, procurando ao mesmo tempo preservar estes recursos para gerações futuras (LEPSCH et al., 1991).

O planejamento adequado de utilização de terras para fins agrícolas, segundo Gomes et al. (1993), necessita da manipulação de informações básicas com vistas ao prolongamento de sua capacidade produtiva e racionalidade quanto ao uso e conservação de modo especial, em regiões com limitações severas quanto à utilização de seus recursos naturais.

Para Bucene (2002), caracterizar o solo quanto ao seu potencial agrícola é relevante para o desenvolvimento de uma agricultura racional e adequada às condições ambientais de uma determinada região. Tal caracterização deve ser colocada à disposição dos usuários, em forma de mapa, para auxiliar no planejamento da produção agrícola. O êxito desse processo, que se inicia com a disponibilidade da informação de solos e finaliza com a formulação de decisões, depende da confiabilidade dos mapeamentos para garantir a qualidade dos dados apresentados e a conseqüente minimização de erros de planejamento.

Ainda segundo a autora, para executar o monitoramento de uma região é necessário o mapeamento das áreas em estudo, o qual se constitui instrumento imprescindível para representar as diferentes informações temáticas, as potencialidades naturais relativas ao meio físico e o uso atual do solo.

Segundo Fernandes et al. (2002), a crescente demanda dos recursos naturais e a rápida diminuição global destes, impõe a necessidade de um inventário e planejamento racional da manutenção desses recursos. O uso da terra sem um planejamento adequado traz conseqüências de difícil ou impossível reversão como erosão, perdas de fertilidade do solo, assoreamento de rios, provocando a baixa produtividade das culturas, agravando o baixo nível sócio-econômico e tecnológico da população rural. Aduzem ainda, que o levantamento do uso da terra numa dada região é de fundamental importância para a

compreensão dos padrões de organização de espaço.

O planejamento do uso da terra, segundo Ribeiro (1998), vem se tornando cada vez mais uma importante atividade para o meio rural e urbano. Nesse sentido, o desenvolvimento e o uso da terra de maneira a protegê-la contra a erosão, visando aumentar gradativamente a sua capacidade produtiva, requer um planejamento inicial, efetivo e eficiente.

Segundo Rosa (1993), o conhecimento atualizado das formas de utilização e ocupação do solo tem sido um fator imprescindível ao estudo dos processos que se desenvolvem na região, sendo de fundamental importância na medida em que os efeitos de seu mau uso, causam deterioração do meio ambiente.

O conhecimento da deterioração causada no ambiente pelo uso indiscriminado e desordenado dos recursos naturais, pode ser obtido através de um levantamento do uso do solo, que segundo Rocha (1978), consiste num completo mapeamento do que existe sobre a superfície terrestre.

Segundo Ribeiro & Campos (1999), o uso da terra sem um planejamento adequado, empobrece-a, provocando a baixa produtividade das culturas, trazendo como conseqüência o baixo nível sócio-econômico e tecnológico da população rural.

Pinto et al. (1989) afirmam que, para estruturar e viabilizar o planejamento agrícola, tanto local, como regional, e implementar uma política agrícola adequada, são necessárias informações confiáveis e atualizadas, referentes ao uso e ocupação da terra.

O levantamento do uso atual da terra, necessário para fins de planejamento, pode ser obtido a partir da utilização de dados multiespectrais, fornecidos por satélites de sensoriamento remoto, associados às técnicas de interpretação (Pereira et al., 1989).

Para Marques (1971), a classificação e o mapeamento da declividade do terreno são elementos indispensáveis nos levantamentos de uso da terra, sendo de suma importância no condicionamento de sua potencialidade de utilização.

Para Silva & Piedade (1993), o conhecimento e a representação detalhada do relevo de uma área constituem-se em elementos indispensáveis ao planejamento das atividades agropastoris, elaboração de projetos de engenharia, levantamento e conservação dos solos, estudos hidrológicos, dentre outros.

As classes de declive de uma região são elementos importantes nos levantamentos de uso da terra, sendo o solo e o relevo (fator declividade) fatores limitantes na escolha da cultura a ser implantada numa propriedade agrícola. O conhecimento dessas características permite analisar o potencial da área, sendo importantes fatores para levantamentos de uso e classificação das terras, visando atender o planejamento de práticas conservacionistas (SILVA et al., 1999).

Delmanto Junior et al. (2002) afirmam que o conhecimento da distribuição espacial das classes de relevo de uma região é um fator importante para o planejamento do uso da terra, uma vez que o uso inadequado pode torná-la improdutiva. Uma das formas de determinação do relevo é a obtenção das classes de declive, que, por sua vez, podem ser determinadas por meio de uma carta clinográfica, representando as diversas formas de relevo.

A avaliação ou classificação das terras compreende, segundo Resende (1982), uma parte física, que contempla a qualidade da terra, representada pelos levantamentos de solo, cartas climáticas, hidrológicas, vegetação, entre outros, e uma parte sócio-econômica, envolvendo aspectos trabalhistas e de mercado.

A exploração da terra para o sustento do homem, segundo Meulman et al. (2002), na maioria das vezes foi realizada de forma desordenada e sem planejamento,

ocasionando casos de empobrecimento do solo por erosão intensa, assoreamento de cursos d'água, desertificação, entre outros, levando-se a necessidade de se planejar o uso do solo por meio de técnicas que, quando aplicadas corretamente, protegem o solo, prolongando o seu potencial produtivo.

O solo é um recurso natural de vital importância para a produção de alimentos e bens de consumo necessários à sobrevivência do homem. A erosão provoca a perda de produtividade dos solos ao longo de anos seguidos de cultivo. Visando evitar ao máximo essas perdas é importante a utilização de técnicas de manejo e conservação do solo (CAVALIERI et al, 1995).

Para Pereira (2002), a erosão do solo, a partir de alterações geológicas ou mesmo, climática, ocorre ao longo de milhares de anos, ao passo que a erosão resultante das atividades humanas (antrópicas), ocorre em poucos anos, criando-se um problema imediato para ser resolvido, sendo, normalmente, desencadeada pela remoção da vegetação natural de uma determinada gleba de terras, a pretexto de sua exploração, deixando-a exposta às intempéries, iniciando assim, o processo erosivo, cujas conseqüências já são bastante conhecidas.

Segundo Campos (1996), a maioria das áreas em cultivo sofreram uma seqüência de ações que reduziram drasticamente a sua capacidade produtiva, figurando como principal agente de depauperamento das terras a erosão. Ainda segundo o autor, o assoreamento de rios e represas vem causando sérios problemas a setores que dependem diretamente da água, como hidrelétricas, agricultura irrigada e abastecimento urbano. O processo de assoreamento é resultante de várias ações, que proporcionam a desagregação e transporte de sedimentos aos leitos dos rios, estando diretamente ligado ao mau uso do solo, sem a adoção de práticas de manejo e conservação.

A forma de manejo do solo contribui para a alteração do relevo do terreno, sendo que a erosão, de início, pode refletir o mau uso do solo e depois de um certo tempo, interferir nas condições intrínsecas da área, como a geologia e geomorfologia, e o

regime hidrológico das bacias (IWASA & PRANDINI, 1980).

Para Dainese (2001), a exploração da terra com o intuito de produzir alimentos para o sustento do homem quase sempre foi de forma desordenada e sem planejamento, tendo como principal conseqüência o empobrecimento do solo por erosão intensa, assoreamento de cursos d'água, desertificação, entre outros.

Ainda segundo a autora, a partir do momento em que o homem começou a associar estes fatores com o mau uso do solo, surgiu o interesse em entender as causas destas catástrofes e, ao mesmo tempo, a necessidade de se pensar numa forma planejada de proteger o solo, bem como sua capacidade produtiva; sendo, desta forma, entendido o planejamento de uso do solo como um conjunto de técnicas que, quando aplicadas corretamente, protegem o solo, prolongando, assim, o seu potencial produtivo.

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

Para Piroli (2002), o mau uso das terras trouxe a erosão, que por sua vez assoreou os rios e nascentes, acelerando o empobrecimento do solo, e por conseqüência, os agricultores, que, aliado à falta de investimentos no setor agropecuário foram obrigados a abandonarem suas terras, mudando o eixo da produção do campo para as cidades e fazendo com que a economia passasse a depender cada vez mais do desenvolvimento industrial, concentrando a renda e a população nos grandes centros. Esta concentração, aliada à má distribuição de renda gera os imensos problemas que hoje são enfrentados.

4.3 Geoprocessamento

O geoprocessamento pode ser entendido como a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação sobre fenômenos geograficamente identificados (CÂMARA & MEDEIROS, 1998).

Segundo Silva (1999) é um conjunto de técnicas de processamento de dados, destinado a extrair informação do ambiente a partir de uma base de dados georreferenciada. Nesta definição, o geoprocessamento só é aplicado após a geração de uma base de dados digital.

Segundo Moreira (2001), o geoprocessamento tem sido empregado numa gama muito grande de aplicações em diversas áreas da ciência, dentre elas: Cartografia, Geografia, Agricultura e Floresta, Geologia, etc; tendo contribuído para estudos de planejamento urbano e rural, meios de transportes, comunicações e energia. As ferramentas utilizadas para realizar o geoprocessamento compõem-se em um conjunto denominado Sistema de Informações Geográfica (SIG), às vezes chamado GIS, do Inglês *"Geographic Information System"*.

Para Dainese (2001), um sistema de geoprocessamento é, geralmente, destinado ao processamento de dados referenciados geograficamente (ou georreferenciados), desde a sua coleta até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais, etc., devendo prever recursos para sua estocagem, gerenciamento, manipulação e análise. O geoprocessamento procura abstrair o mundo real, transferindo ordenadamente as suas informações para o sistema computacional. Esta transferência é feita sobre bases cartográficas, através de um sistema de referência apropriado.

Ainda segundo a autora, com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de softwares gráficos, vários termos surgiram para as várias

especialidades. O nome Sistema de Informação Geográfica é muito utilizado e, em muitos casos, é confundido com geoprocessamento. 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 o SIG cumpra suas finalidades, é necessário que se tenha dados, que devem ser adquiridos em geoprocessamento a partir de uma definição clara dos parâmetros, indicadores e variáveis que serão necessários ao projeto a ser implantado. Existem órgãos apropriados para verificar a existência destes dados, como IBGE, Prefeituras, concessionárias e outros, e sua ausência implicará num esforço de geração que dependerá de custos, prazos e processos disponíveis para aquisição.

4.4 Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Um Sistema de Informações Geográficas é constituído, segundo Rodrigues et al. (2001) por um conjunto de módulos computacionais destinados à aquisição, armazenamento, recuperação, transformação e saída de dados espacialmente distribuídos. Estes dados geográficos descrevem objetos do mundo real sob três aspectos: (a) seu posicionamento com relação a um sistema de coordenadas, (b) seus atributos e (c) as relações topológicas existentes; sendo possível, deste modo, trabalhar com dados dos quais se conhecem a posição geográfica, o valor da característica naquele ponto e a sua estrutura de relacionamento espacial, tais como: vizinhança, proximidade e pertinência, entre objetos geográficos.

Para Burrough (1989) e Calijuri (1995) citados por Alves et al. (2000), os primeiros SIGs, foram desenvolvidos na década de 60 por agências governamentais, como resultado da necessidade de lidar com questões ambientais complexas. Um dos pioneiros foi o Sistema de Informação Geográfica do Canadá (CGIS), idealizado para processar a imensa quantidade de dados criados pelo inventário de terras daquele país. Atualmente os SIGs são o resultado de mais de três décadas de evolução e inúmeras inovações tecnológicas têm favorecido sua popularização. Vêm-se tornando essenciais para a análise e transferência de

conhecimentos sobre o mundo e, no momento, é difícil encontrar um órgão de mapeamento ou gerenciamento de recursos naturais que opere sem um SIG ou que não esteja contemplando a implantação de um desses sistemas.

Para Eastman (1998), um SIG pode ser definido como um sistema auxiliado por computador para aquisição, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos; possuindo basicamente três importantes componentes: *Hardware, Software* e um contexto organizacional apropriado. Segundo Piroli et al (2000), os mesmos devem apresentar compatibilidade e estarem inter-relacionados.

Segundo Rocha (2000), citado por Dainese (2001), o SIG é definido como um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos. A estrutura topológica representa os relacionamentos entre as suas entidades com conectividade, adjacência, proximidade, continência, interseção. Essa estrutura é que dá identidade ao sistema, diferenciando-o dos demais.

Para Burrough (1986) o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema capaz de armazenar, manipular, transformar, analisar e exibir informações georreferenciadas, contidas em mapas e/ou banco de dados, gerando novas informações que, por sua vez, auxiliarão o processo de tomada de decisões.

A informação geográfica, segundo Câmara & Medeiros (1998), apresenta uma natureza dual: um dado geográfico possui uma localização geográfica, expressa como coordenadas em um espaço geográfico, e atributos descritivos, que podem ser representados num banco de dados convencional. De forma intuitiva, pode-se definir o termo espaço geográfico como uma coleção de localizações na superfície da Terra, sobre a qual ocorrem os fenômenos geográficos. Segundo os mesmos autores, a noção de informação espacial está relacionada à existência de objetos com propriedades, as quais incluem conceitos topológicos (vizinhança, pertinência), métricos (distância) e direcionais (“ao norte de”,

"acima de")

Já segundo Ribeiro (1998), informação geográfica é o conjunto de dados cujo significado contém associações ou relações de natureza espacial. Tais dados podem ser apresentados em forma gráfica (pontos, linhas e polígonos), numérica (catálogos numéricos) ou alfanumérica (combinação de letras e números).

Para Pirolli et al. (2000), os dados geográficos são referenciados sobre a superfície terrestre, tomando-se um sistema de coordenadas padrão. Esse sistema de coordenadas pode ser local, quando se trabalha com áreas restritas, ou então, quando nacional ou internacional, adota-se um sistema de coordenadas internacionalmente aceito, como é o caso da projeção UTM (Universal Transverse of Mercator), comumente adotada.

Para Quintanilha (1995), os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) servem-se das mais variadas fontes para a observação e captura de dados e informações, tais como: aerolevantamentos, levantamentos cadastrais, levantamentos via satélites, censos, levantamentos topográficos, etc.

Um sistema de informação geográfica (SIG) utiliza uma base de dados computadorizada que contém informação espacial (aspectos no meio natural como relevo, solo, clima, vegetação, hidrologia, etc..., e os aspectos sociais, econômicos e políticos, que permitem uma divisão temática em subsistemas que integram um SIG, sendo esses componentes os atributos), sobre a qual atua uma série de operadores espaciais (conjunto de operações algébricas, booleanas e geométricas, utilizadas no cruzamento de dados pelo SIG). Verifica-se que a principal característica dos SIGs é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial. Pode-se estudar outros aspectos mais complexos, como a vizinhança e contigüidade envolvendo áreas extensas (TEIXEIRA et al.,1992).

Alves et al. (2000) alegam que, apesar das diferenças, é possível observar que as definições de SIGs evidenciam três componentes principais:

são sistemas automatizados, ou seja, operados por computadores. Isto implica *hardware* (que incluem os componentes do próprio computador bem como seus periféricos tais como plotadoras, impressoras, scanners, etc), *software* (que são os programas e aplicativos que operam estas máquinas) e procedimentos apropriados (ou seja, técnicas e métodos para implementar as tarefas desejadas);

foram desenhados para usar dados espaciais, também designados como dados geográficos;

podem realizar várias operações de manipulação e análise nestes dados. (dados são observações que fazemos ao monitorar o mundo real, sendo coletados como fatos ou evidências, que podem ser processados para adquirirem significado e desta forma tornarem-se informação).

Os autores definem um SIG como sendo um conjunto organizado de equipamentos de computação, programas, aplicativos e dados georreferenciados, projetado para capturar, armazenar, manipular, analisar e apresentar visualmente todas as formas de informações geográficas, para um objetivo, ou aplicação específica, sendo um sistema usado para agregar valor a dados espaciais.

Segundo Tornero (2000), existem cinco formas de entrada de dados num SIG:

- *via mesa digitalizadora*: é a maneira mais utilizada para a entrada de dados a partir de mapas. A mesa digitalizadora é utilizada para conversão de dados gráficos do formato analógico para o digital, num processo em que os mapas são “redesenhados” pelo operador com o uso de um cursor.

- *via teclado*: utilizado normalmente para dados não espaciais, que dizem respeito a atributos dos entes de natureza espacial;

- *via digitalização ótica*: é o processo que a partir de um mapa é produzida uma imagem digital através do movimento de um deflector eletrônico (scanner) que percorre a superfície do mapa;

- *via caderneta de campo*: realizado por meio de trabalhos de campo com o uso de GPS (Global Positioning System), permitindo a realização de trabalhos de campo com alto grau de acurácia e com registro digital direto;

- *via importação de dados digitais*: por meio de fitas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), dados digitais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dentre outros.

Segundo Alves et al. (2000), existem dois tipos básicos de representação de dados geográficos no interior de um computador: o vetorial e o matricial ou varredura (*raster*).

O formato vetorial, segundo Tornero (2000) é o resultado da digitalização manual de mapas, sendo a estrutura de dados vetorial, conforme Teixeira & Christofoletti (1992) baseada em coordenadas, sendo cada elemento representado por uma lista ordenada de coordenadas x, y. A representação vetorial de um elemento ou objeto é uma tentativa de reproduzi-lo o mais exatamente possível. Assume-se o espaço como contínuo, permitindo que todas as posições, distâncias e áreas sejam definidas com um grau de precisão muito maior. Os métodos vetoriais usam relações implícitas, permitindo que dados complexos sejam armazenados em espaço menor no computador.

Para Alves et al. (2000), a representação matricial (*raster*) consiste no uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói, célula a célula, o elemento a ser representado. Células individuais são usadas como elemento estrutural para a representação de pontos, linhas, polígonos, redes e superfícies. Desta forma, um ponto é representado por uma única célula, uma linha é um conjunto de células vizinhas arranjadas numa determinada direção e uma área é um aglomerado de células. O tamanho da grade é

muito importante e influencia o modo como o elemento aparece. Atributos diferentes são armazenados em arquivos separados, visto que não podem haver dois valores distintos para uma mesma célula.

O sensoriamento remoto mostra-se como uma valiosa fonte de entrada em banco de dados para SIG, por serem capazes de coletar dados rapidamente (principalmente em formato digital) sobre grandes áreas. Segundo estudo realizado por Petersen et al. (1995), o uso de fotografias demanda a conversão para o formato digital por meio do "scanner". Nesse estudo, os autores afirmam que, embora seja uma poderosa ferramenta para certos tipos de aplicações, o Sistema de Informação Geográfica não é uma solução universal para todos os problemas envolvendo dados espaciais. Em geral, apresenta como vantagens: os dados são armazenados num formato fisicamente compacto e podem ser acessados rapidamente; a análise espacial é conduzida por processamentos algoritmos que, de uma perspectiva prática, não é executada sobre dados de mapa analógico, tal qual uma modelagem espacial multiparamétrica; os dados espaciais e de atributo são integrados dentro de um único sistema; é eficaz para certas incumbências de modelagens espaciais complexas; coleta de dados, análise espacial e tomada de decisão estão integradas dentro de um único sistema. Como principais desvantagens, os autores mencionam o custo, que pode ser proibitivamente alto para a conversão de mapas e dados de atributos existentes para um formato digital adequado para aplicação em SIG; custos de aquisição e manutenção de equipamentos e nível relativamente alto de conhecimentos técnicos para a operacionalidade de um SIG.

Medeiros & Botelho (1996) citam que os SIG's têm evoluído de simples mapas automatizados para poderosas ferramentas de análise, planejamento e decisão, por meio da combinação e integração de todas as categorias de dados georreferenciados.

Segundo Felgueiras & Erthal (1988), o objetivo principal de um SIG é o de combinar dados de mapas temáticos, imagens de satélite, aerolevantamentos e obter mapeamentos derivados que forneçam subsídios para tarefas como: monitoramento dos recursos ambientais, geração automática de mapas cartográficos, cadastramento rural e urbano, etc.

Para Assad et al. (1998) a avaliação da aptidão das terras para agricultura por meio de SIG, como ferramenta para espacialização e cruzamento de dados, bem como, para cálculos de áreas, apresenta inúmeras vantagens, dentre as quais destacam-se: a redução da subjetividade embutida em operações de cruzamento manual de informações sobre o meio ambiente, a rapidez nas operações de sobreposição de mapas, a possibilidade de obtenção de tantos mapas temáticos quanto assim permitirem as variáveis disponíveis, além da facilidade de atualização e aperfeiçoamento dos diagnósticos feitos a partir da introdução de novos dados na base cartográfica arquivada na forma digital.

Na determinação da aptidão agrícola das terras, é necessário considerar vários aspectos sobre o meio ambiente (solos, clima, vegetação, infra-estrutura, população presente, etc.), sendo o trabalho com SIG um instrumento que contribui sobremaneira para diminuir o grau de subjetividade de estimativas feitas a partir de cruzamentos realizados de forma manual, (ASSAD, 1995).

Segundo Sano et al., 1992, citado por Assad et al. (1998), a utilização de SIGs possibilita a geração de bancos de dados codificados espacialmente, promovendo ajustes e cruzamentos simultâneos de grande número de informações, podendo-se acompanhar a variação de temas, obtendo-se novos mapas com rapidez e precisão, a partir de atualização dos bancos de dados. Trata-se, portanto, de uma importante ferramenta de estudo de potencialidades do meio ambiente. A utilização de SIGs, como suporte informático, vem permitindo o zoneamento de áreas de forma mais adequada e eficiente, substituindo os métodos tradicionais de análise que são, quase sempre, mais onerosos e de manipulação mais difícil.

O desenvolvimento da tecnologia SIG, segundo Petersen et al. (1995), permite o exame de um amplo conjunto de variáveis usualmente consideradas quando do manejo de solo, conduzindo a uma melhor compreensão da maneira pela qual os sistemas de paisagem funcionam e interagem.

4.4.1 SIG-IDRISI

O Idrisi é um sistema de informação geográfica e um software para processamento de imagens, desenvolvido e lançado em 1987, pela Graduate School of Geography da Clark University, Massashussets, sendo este um sistema que trabalha com a forma raster de representação de dados, permitindo a entrada de dados, via mesa digitalizadora, na forma vetor (EASTMAN, 1998).

Para Piroli (2000), o Idrisi é um Sistema de Informações Geográficas, que conta com um banco de dados capaz de capturar (adquirir), armazenar, recuperar e manipular informações digitais, georreferenciadas, provenientes de imagens, mapa e modelos numéricos do terreno. Este aplicativo é muito utilizado, tendo em vista sua relação custo benefício, preço bastante acessível, fácil manipulação e interação com o usuário.

Segundo Simões (1998), citado por Bucene (2002), o sistema Idrisi engloba mais de cem módulos que podem ser organizados nos seguintes grupos:

- Módulos centrais: fornecem os meios básicos do sistema opercacional, entrada e gerenciamento do banco de dados (dados espaciais e atributos);

- Sistema de Análises Geográficas: representa o grupo de módulos mais importante pois fornece as ferramentas básicas para a análise do banco de dados;

- Sistema de Processamento de Imagens: fornece as ferramentas necessárias para a análise de imagens de sensoriamento remoto, tais como: composição colorida, filtragem, principais componentes, classificação não supervisionada por análise de grupos;

- Sistema de análises Estatísticas: esse grupo de módulos permite a caracterização estatística de aspectos espaciais e não espaciais das imagens raster. Também possui

algoritmos que calculam a superfície de tendência e perfil;

- Módulos Periféricos: apresentam uma série de utilitários e rotinas de importação/exportação para leitura e gravação de arquivos, interagindo com outros softwares de Sistema de Informações Geográficas e processamento de imagens.

O Sistema Idrisi se adequa às atividades de pesquisa e ensino devido ao seu custo relativamente baixo e a sua estrutura modular, o que permite o desenvolvimento de novos módulos com o conhecimento mínimo da estrutura interna de funcionamento.

Segundo Teixeira et al. (1992), este sistema apresenta um aspecto importante, que é a possibilidade do usuário escrever programas específicos que possam ampliar a sua gama de aplicações. É um sistema que se adapta às atividades de pesquisa e ensino devido ao seu custo relativamente baixo e a sua estrutura modular, o que permite o desenvolvimento de novos módulos com o conhecimento mínimo da estrutura interna de funcionamento.

Ainda segundo os autores, a estrutura de representação de dados espaciais geométricos pode ser dividida em raster e vetorial, sendo que a diferença básica entre as duas está no modelo de espaço adotado por cada uma delas. A estrutura vetorial considera um espaço geográfico contínuo, enquanto que a raster divide o espaço em elementos discretos, obtidos pela sua partição em uma malha com linhas verticais e horizontais espaçadas regularmente, formando células chamadas pixels.

Araújo & Ito (1998) a partir de informações obtidas no levantamento pedológico semi-detalhado e carta topográfica do IBGE 1:50000, estabeleceram a capacidade de uso das terras da Bacia Superior do Rio Araquã, afluente do Rio Piracicaba, por meio do Sistema de Informações Geográficas IDRISI 4.1. Os autores obtiveram o modelo digital de terreno a partir de dados hipsométricos extraídos de carta topográfica, utilizado também para a obtenção das classes de declividade. Para a classificação de capacidade de uso das terras foi usada a metodologia de Lepsch et al. (1991), por meio da qual conseguiram identificar 7

classes e 8 subclasses.

Hamada et al. (1996) realizaram estudo de capacidade de uso das terras com utilização do SIG-Idrisi, no município do Espirito Santo do Pinhal-SP. Inicialmente, foram digitalizadas as cartas topográficas do IGC na escala 1:10000, servindo de base para a confecção do modelo de elevação digital (MED). Em seguida, obteve-se o mapa de declividade, que foi reclassificado segundo as classes de declive: A (0-3%); B (3-5%); C (5-12%); D (12-20%); E (20-40%) e F (>40%). As unidades de capacidade de uso foram obtidas do cruzamento das limitações dadas pelos solos e pelas classes de declive.

Ribeiro & Campos (1999) realizaram trabalho que teve por objetivo analisar o uso adequado da terra do Alto Rio Pardo, Botucatu-SP., considerando a capacidade de uso da terra, utilizando o Sistema de Informações Geográficas - Idrisi. Concluíram os autores que o SIG-Idrisi mostrou-se eficiente na determinação da capacidade de uso da terra.

Simões & Cardoso (1999) também realizaram estudo com objetivo analisar a distribuição da vegetação nativa na bacia do Ribeirão Lavapés, Botucatu/SP, através de Sistemas de Informações Geográficas, utilizando o SIG-Idrisi. Concluíram os autores que o banco de dados formado e a utilização do SIG-Idrisi permitirão, no futuro, inúmeras análises, anteriormente realizadas manualmente, de forma demorada e cansativa, passíveis de imprecisão. Assim, as técnicas de geoprocessamento utilizadas foram eficientes na análise proposta.

Da mesma maneira, Orsi et al. (2000) realizaram um trabalho na microbacia experimental do Rio Paraíso – São Manuel-SP, intitulado Sistemas de Informações Geográficas – Idrisi para a Determinação de áreas com uso da terra inadequado, utilizando o SIG-Idrisi. Concluíram os autores, que o SIG-Idrisi permitiu constatar por meio de seus diferentes módulos para georeferenciamento, classificação digital do uso da terra e modelo matemático, as áreas de uso da terra com rapidez e confiabilidade.

Cavalieri et al. (1995) utilizaram o SIG Idrisi para obter a classificação

das terras no sistema de capacidade de uso e, posteriormente, comparar o resultado obtido pelo sistema de classificação manual. Concluíram os autores que a utilização do SIG gerou mapas de uma forma rápida, prática, incrementando o processo de tomada de decisões, mostrando-se uma importante ferramenta para a geração e manipulação de mapas necessários para a determinação das classes de capacidade de uso e para o planejamento conservacionista. Os mapas obtidos pelo SIG apresentaram-se com maior detalhamento do que os obtidos manualmente.

Madruga et al (1999) utilizando o SIG Idrisi para a confecção dos mapas e classificação digital na determinação dos conflitos de uso do solo em uma microbacia pertencente à sub-bacia Arroio Grande-RS, concluíram que o sistema de informação geográfica Idrisi, através de seus diferentes módulos, realiza automaticamente a georreferência, a classificação digital do uso do solo, o modelo digital do terreno, a interpolação das curvas de nível para a determinação das classes de declividade e o modelo matemático para a localização de áreas de conflito entre capacidade e uso da terra. A tecnologia utilizada foi eficiente na definição e localização de áreas onde ocorreram deteriorações do ambiente.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

5.1.1. Características gerais da área em estudo

O Município de São Manuel localiza-se no Centro Oeste do Estado de São Paulo (Figura 1), situando-se entre os paralelos de 22º31'7" e 22º51'20" de latitude S e entre os meridianos 48º21'22" e 48º44'40" de longitude W Gr. O clima predominante do município, segundo o sistema de Köeppen, é do tipo Cwa – Clima Mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura do mês mais quente ultrapassa os 22º e a do mês mais frio é inferior a 18ºC

A área total do Município, conforme determinações realizadas no presente trabalho, corresponde a 60.988 hectares

Segundo Oliveira et al. (1999) o Município é composto pelos solos: NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos, LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos e Distroférricos e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos.

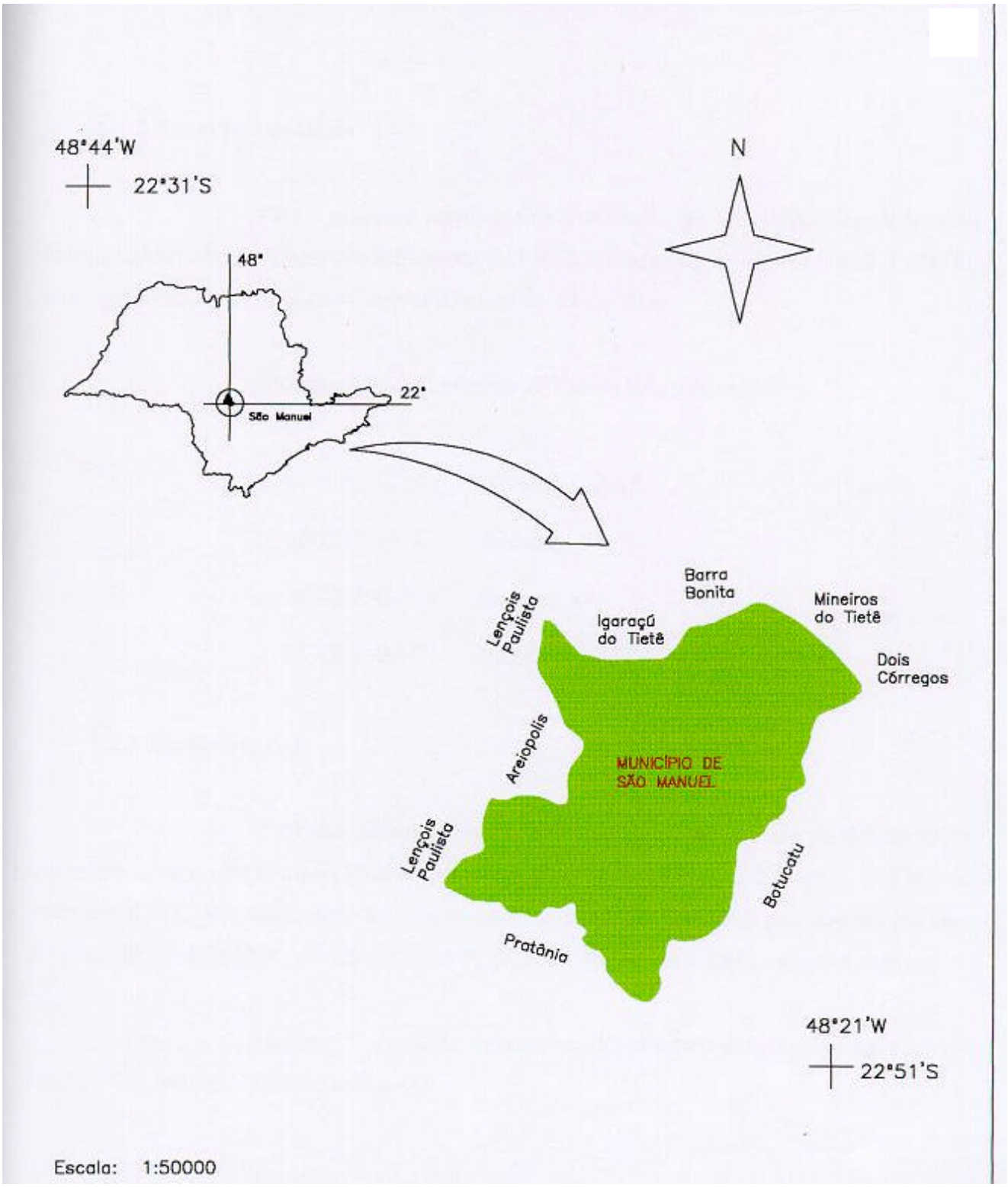


Figura 1. Localização da área estudada no Estado de São Paulo

5.1.2 Bases topográficas

Para o presente trabalho, foram utilizadas as cartas planialtimétricas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, editadas em 1973, em escala 1:50000, com eqüidistância vertical entre curvas de nível de 20 em 20 m.

As cartas planialtimétricas utilizadas foram as seguintes:

- SF-22-Z-B-V-2 São Manuel-SP;
- SF-22-R-IV-3 Botucatu-SP;
- SF-22-Z-B-V-4 Pratania-SP;
- SF-22-Z-B-V-3 Rio Palmital-SP, .

5.1.3 Equipamentos

O processamento dos dados foi realizado por meio da utilização de um microcomputador Pentium III com velocidade de processamento de 500 MHz, 128 Mb de memória RAM, com capacidade de armazenamento de 20 Gb com saída para impressora jato de tinta HP Deskjet 692C, sendo a entrada de dados realizada via teclado, mouse e scanner.

As cartas topográficas foram digitalizadas com o auxílio de um scanner marca OCE, modelo 9400, tamanho AO.

5.1.4 Programas computacionais

Os aplicativos utilizados na elaboração do presente trabalho foram:

- Adobe Photoshop 5.0;
- AutoCAD MAP 2000;
- Idrisi 32 for Windows;
- Microsoft Word 2000 e
- Microsoft Excel 2000.

5.1.5 Sistema de avaliação de terras para agricultura

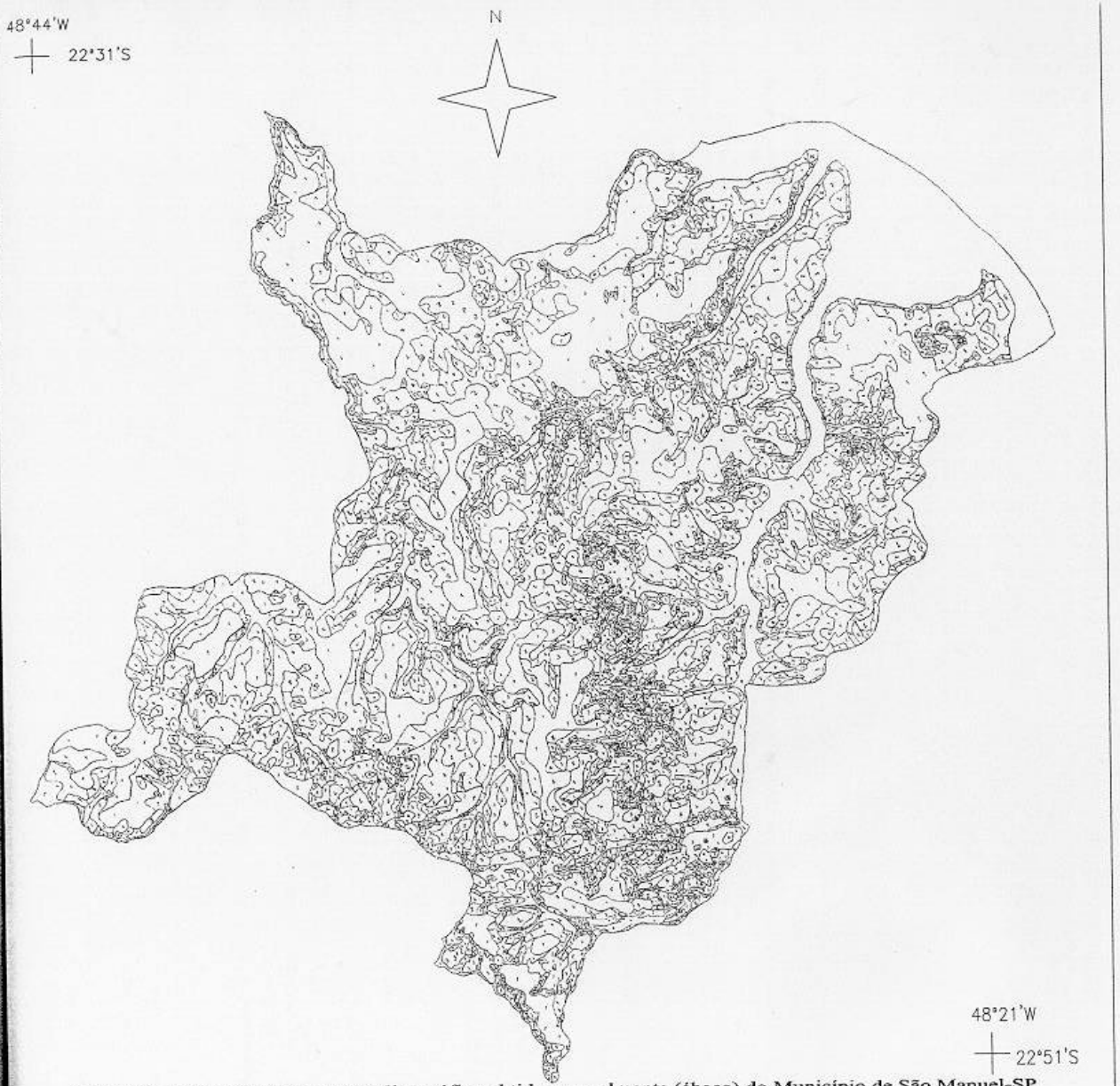
Para a avaliação das classes de capacidade de uso das terra da área de estudo, foram utilizados as recomendações do USDA – Departamento de agricultura dos Estados Unidos para conservação de solos, e critérios padronizados constantes do quadro de julgamento confeccionado conforme França (1963), Lepsch et al. (1991) e Zimback & Rodrigues (1993).

5.2. Métodos

5.2.1 Obtenção do plano de informação referente à topografia

O plano de informação das curvas de nível eqüidistantes, de 20 em 20 m, foi obtido por meio da transferência direta das isolinhas das cartas planialtimétricas que compõem o município de São Manuel, em escala 1:50000, através do decalque em folha de filme poliéster Terkron D. Nesta etapa, foram decalcados o limite do município, as curvas de nível e os pontos de controle escolhidos, correspondentes ao cruzamento das coordenadas na projeção UTM constantes nas cartas topográficas.

A carta clinográfica foi elaborada a partir do mapa topográfico por meio de ábaco (manual), visando a definição da amplitude das classes de declive ocorrentes no Município de São Manuel-SP, conforme De Biasi (1970). (Figura 2)



CLASSES DO DECLIVE (%)	
1	0 - 3
2	3 - 6
3	6 - 12
4	12 - 20
5	20 - 40
6	> 40

Figura 2. Representação da carta clinográfica obtida manualmente (ábaco) do Município de São Manuel-SP.

5.2.2 Conversão da carta clinográfica para o formato digital

A carta clinográfica contendo as classes de declive, limite da área e pontos de controle, contendo as coordenadas geográficas, foi digitalizada em formato "tif" com auxílio de scanner tamanho A0, visando a transformação do formato analógico em digital.

O mapa no arquivo vetorial em formato "tif", devidamente preparado no software Adobe Photoshop (cores indexadas e 8 bytes), foi importado utilizando-se o módulo *TIFIDRIS* do menu *FILE, IMPORT* do Idrisi.

Após sua importação o mapa foi georreferenciado, visando ajustar as coordenadas de tela, X e Y com as correspondentes das cartas topográficas na projeção UTM (Universal Transverse Mercator). Com estes elementos, foi gerado um arquivo de correspondência, utilizando-se o módulo *EDIT* do menu, *REFORMAT/RESAMPLE* do Idrisi.

A partir do mapa de classes de declive georreferenciado, fez-se a digitalização de cada polígono, referente às classes de declive, atribuindo-se para cada classe um identificador, através do módulo *On Screen Digitizing* do SIG-Idrisi. Utilizando o mesmo procedimento, foi digitalizado o limite e as respectivas classes de solo do Município.

Posteriormente, fez-se a rasterização das classes de declive, classes de solo e limite do Município, utilizando-se o modulo *REFORMAT/RASTER/VECTOR conversion POLYRAS*, e então foram determinadas as áreas do limite do Município, classes de declive e classes de solo, através do modulo *ANALYSIS/DATA BASE QUERY/ÁREA*.

As classes de declive foram reclassificadas e agrupadas, segundo recomendações do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA para conservação dos solos, citado por França (1963), adotando-se para fins de conservação dos solos as classes de declive (Quadro 1).

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

Intervalo (%)	Relevo	Cor caracterísica
0 a 3	Plano	Verde Claro
3 a 6	Suave ondulado	Amarelo
6 a 12	Ondulado	Vermelho
12 a 20	Forte ondulado	Azul
20 a 40	Montanhoso	Verde escuro
> 40	Escarpado	Roxo

5.2.3 Mapa de solos

Para a identificação das unidades de solo ocorrentes no Município (Quadro 2), foi utilizado o levantamento Pedológico realizado por Oliveira et al. (1999), na escala 1:500000.

Quadro 2. Unidades de solos ocorrentes no Município de São Manuel-SP

Solos	Características
NV1	NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos + LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos ambos A moderado textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado
NV3	NITOSSOLOS VERMELHOS Eutróficos A moderado e chernozêmico relevo ondulado e forte ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos A moderado relevo forte ondulado ambos textura argilosa
LV1	LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos e Distroférricos A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado
LV6	LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos e Distroférricos relevo plano e suave ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos relevo suave ondulado e ondulado ambos A moderado e chernozêmico textura argilosa
LVA36	LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos relevo suave
Continuação ...	ılado + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos relevo plano e suave ondulado ambos A moderado textura média

Continua ...

LVA52	LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos ambos textura média relevo suave ondulado + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos textura arenosa/média e média relevo suave ondulado e o ondulado todos A moderado
LVA56	LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos pouco profundos + LATOSSOLOS VERMELHOS-AMARELOS ambos textura argilosa relevo forte ondulado + CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb + CAMBISSOLOS HÁPLICOS latossólicos ambos textura argilosa e argilosa com cascalhos relevo montanhoso todos s Distróficos A moderado

De acordo com a classificação de Oliveira (1999), os **NITOSSOLOS** 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).

Atributos principais: Os NITOSSOLOS apresentam sempre estrutura em blocos ou prismáticas bem desenvolvidas no horizonte B. As principais limitações desses solos se relacionam com a erodibilidade relativamente alta, sendo, por isso, comum ocorrer erosão acentuada nas áreas inadequadamente utilizadas.

São solos com discreto aumento de argila em profundidade, apresentando, apesar de argilosos, boa drenagem interna. Como todos os NITOSSOLOS identificados no Mapa Pedológico são VERMELHOS Eutro ou Distroférricos, apresentam expressiva capacidade de adsorção de fósforo. Tal fato pode ser de importância na planificação de emprego de insumos em áreas porventura ainda não agricultadas.

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

Os **LATOSSOLOS** são definidos 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).

Atributos principais: 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. Tal fato, pode ser de importância na planificação de emprego de insumos em áreas porventura ainda não agricultadas.

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 aqüíferos 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.

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

⇒ **álico:** quando a saturação por alumínio é maior ou igual a 50% na maior parte dos 100 cm iniciais do horizonte B.

⇒ **distrófico:** solos que apresentam saturação por bases inferior a 50% na maior parte dos 100 cm iniciais do horizonte B.

⇒ **distróférrico:** termo utilizado para designar LATOSSOLOS VERMELHOS e NITOSSOLOS VERMELHOS, que apresentam teor de Fe_2O_3 respectivamente superior a 18% e 15% e saturação por bases na maior parte do horizonte B inferior a 50%.

⇒ **eutrófico:** solos que apresentam saturação por bases superior a 50%.

⇒ **eutroférrico:** termo utilizado para designar LATOSSOLOS VERMELHOS e NITOSSOLOS VERMELHOS, que apresentam teor de Fe_2O_3 respectivamente superior a 18% e 15% e saturação por bases na maior parte do horizonte B superior a 50%.

5.2.4 Critérios para a obtenção do mapa de capacidade de uso da terra

As classes de capacidade de uso da área do Município de São Manuel-SP 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 & Rodrigues (1993), conforme Quadro 3. Este quadro relaciona as classes de capacidade de uso para cada critério do parâmetro de limitação em questão, abrangendo os parâmetros de fertilidade aparente, profundidade efetiva, permeabilidade e drenagem, defluvio, pedregosidade, risco de inundação, erosão laminar, erosão em sulcos e voçorocas.

Quadro 3 – Tabela de julgamento das classes de capacidade de uso da terra

Limitação	Critérios	Classes de capacidade de uso							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Fertilidade Aparente (FA)	Muito alta	X							
	Alta	X							
	Média		X						
	Baixa			X					
	Muito Baixa						X		
Profundidade Efetiva (PE)	> 200cm	X							
	100 – 200cm	X							
	50 – 100cm		X						
	25 – 50cm				X				
	< 50cm						X		
Permeabilidade e Drenagem (PeD)	Excessiva		X						
	Boa	X							
	Moderada		X						
	Pobre			X					
	Muito pobre					X			
Deflúvio (D)	Muito rápido				X				
	Rápido			X					
	Moderado		X						
	Lento	X							
	Muito lento		X						
Pedregosidade (P)	Sem pedras	X							
	< 1%		X						
	1 – 10%			X					
	10 – 30%				X				
	30 – 50%						X		
	>50%							X	
Risco de Inundação (RI)	Sem risco	X							
	Ocasional			X					
	Freqüente					X			
	Muito freqüente								X
Declividade (D)	0 a 3%	X							
	3 a 6%		X						
	6 a 12%			X					
	12 a 20%				X				
	20 a 40%						X		
	> 40%							X	
Erosão Laminar (EL)	Não aparente	X							
	Ligeira		X						
	Moderada			X					
	Severa						X		
	Muito severa							X	
	Extrem.severa								X

Continua ...

Continuação ...

Erosão em Sulcos rasos (Esr)	Não aparente	X							
	Ocasionais		X						
	Freqüentes			X					
	Muito freqüentes				X				
Erosão em sulcos médios (ESm)	Não aparente	X							
	Ocasionais			X					
	Freqüentes				X				
	Muito freqüentes					X			
Erosão em sulcos Profundos (Esp)	Não aparente	X							
	Ocasionais				X				
	Freqüentes						X		
	Muito freqüentes							X	
Erosão em Voçorocas (V)	Não aparente	X							
	Ocasionais						X		
	Freqüentes							X	
	Muito freqüentes								X

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

Para a avaliação dos parâmetros constantes do Quadro 3, foram adotados os seguintes critérios:

a. 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);

b. 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);

c. Permeabilidade e drenagem interna: estabelecidas a partir das propriedades físicas de cada tipo de solo, principalmente quanto à textura, constantes das análises realizadas por Oliveira et al. (1999);

d. Os critérios de enquadramento das classes quanto ao deflúvio (Quadro 4), foram analisados em função de dois fatores principais que interferem na sua intensidade:

- *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 defluvio;

- *Declividade:* Participa de forma diretamente proporcional na intensidade do deflúvio; de modo que: quanto menor a declividade, menor a contribuição para a totalidade do defluvio.

Quadro 4 – Intervalos para enquadramento dos critérios de deflúvio

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

e. 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);

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

g. Declividade: indicado pelas classes de declive determinadas para o Município;

Na reclassificação das classes em subclasses de capacidade de uso das terras foi utilizado as limitações de uso para definição destas (Quadro 5), conforme sugerido por Lepsch et al. (1991)

Quadro 5 – Limitações de uso para definição de subclasses de capacidade de uso das terras

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

Para a avaliação dos parâmetros referentes aos tipos de erosões presentes nos solos do Município, objetivando a definição das limitações de uso da terra, considerou-se as observações de campo e informações obtidas junto aos técnicos da Secretaria de Agricultura e Abastecimento da cidade de São Manuel-SP. *

_____

* Engenheiro Agrônomo José Onivaldo Innocenti

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Classes de declive

A carta clinográfica (Figura 3) e as porcentagens das classes de declive ocorrentes no Município de São Manuel-SP (Figura 4) mostraram que as áreas planas (declividade de 0 a 3%) e suavemente ondulada (declividade de 3 a 6%) representaram mais de 50% da área total do Município de São Manuel-SP.

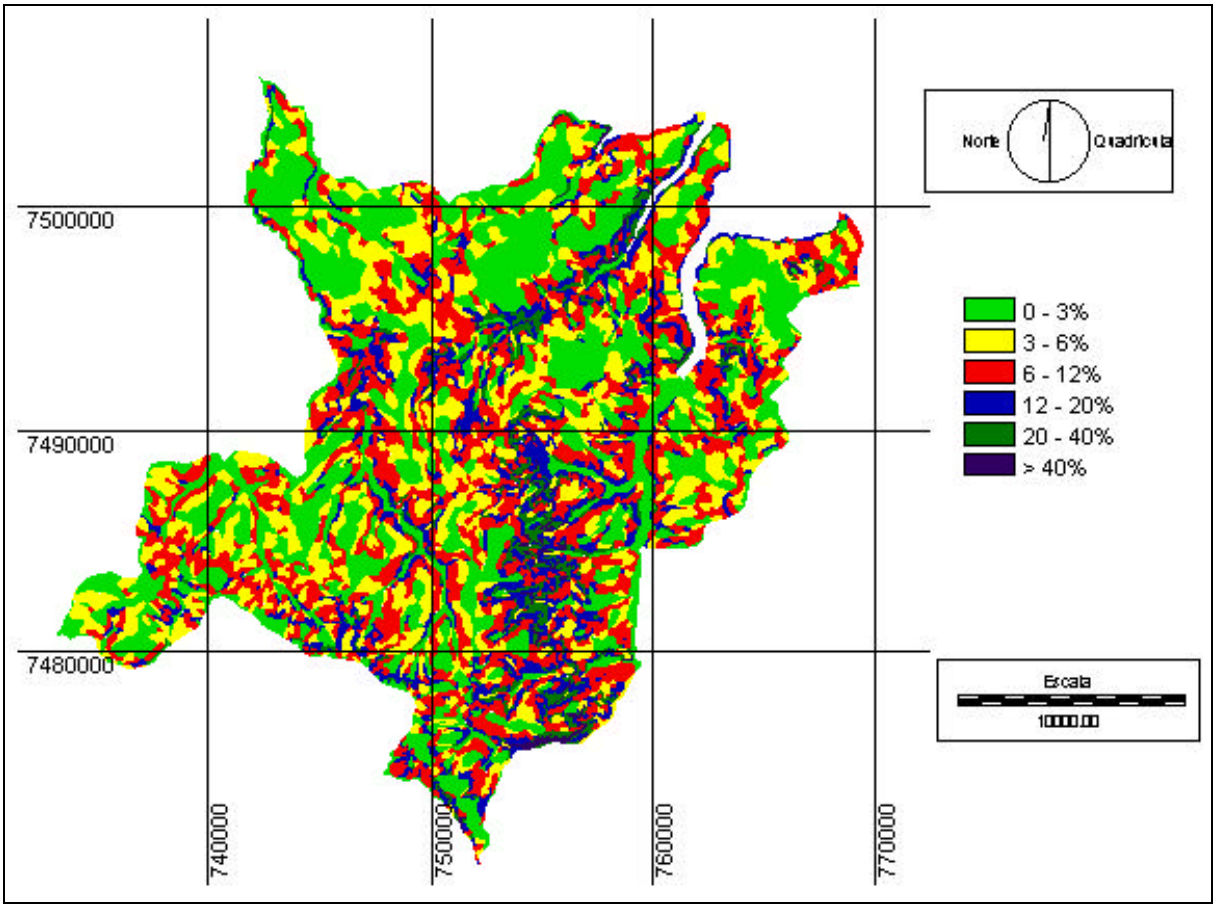


Figura 3. Carta clinográfica do Município de São Manuel-SP

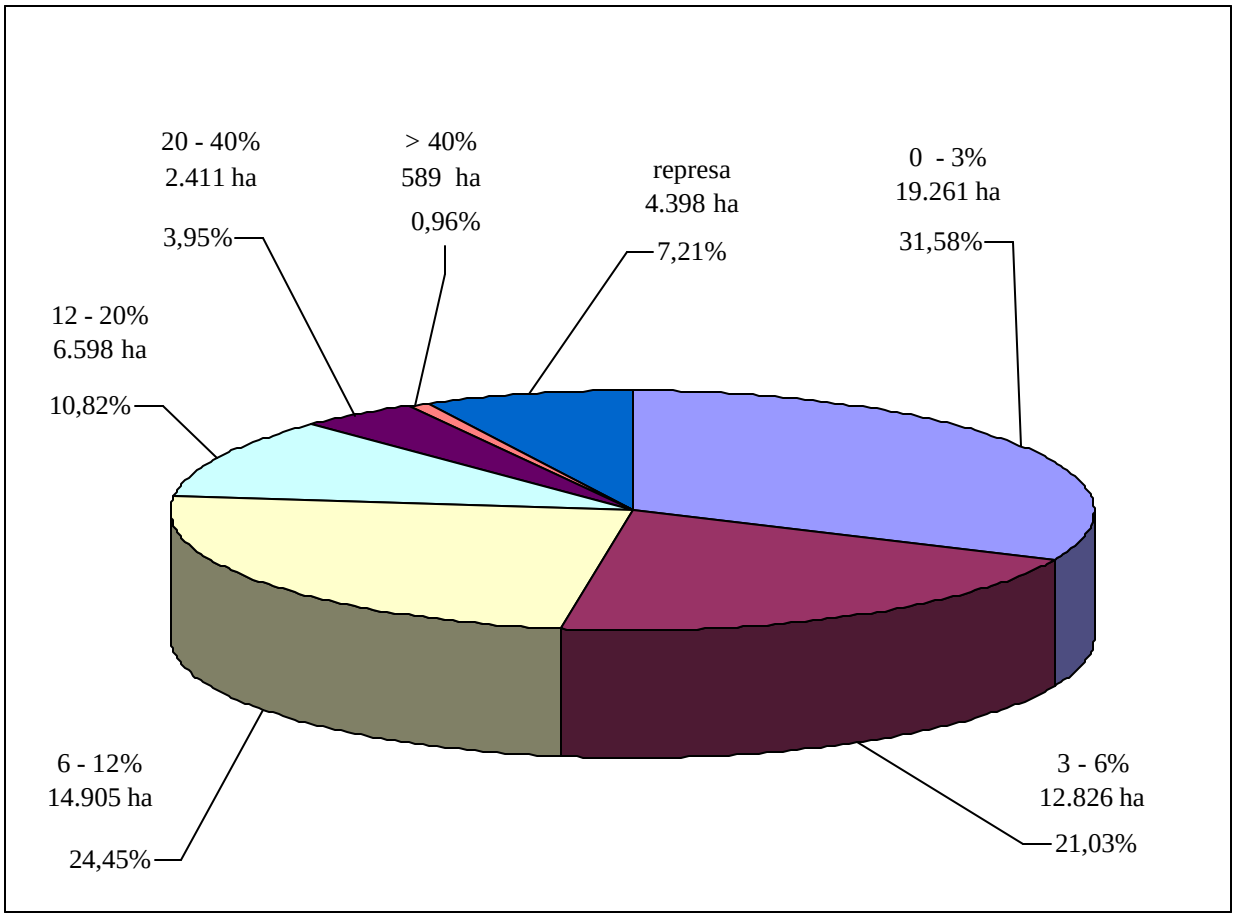


Figura 4. Porcentagens das classes de declive ocorrentes no Município de São Manuel-SP

As áreas com relevo ondulado (declividade de 6 a 12%) com 24,45% (14.905 ha) da área total do Município 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%, com 77,06% da área (46.992 ha) total do Município, sendo terras indicadas para o cultivo de culturas anuais com uso de práticas simples de conservação do solo, como, por exemplo o plantio em nível que pode controlar o processo erosivo do solo.

O relevo forte ondulado (declividade de 12 a 20%) indicado para a

exploração de culturas permanentes, que proporcionam proteção ao solo, predomina em 10,82% (6.598 ha) da área total do Município, enquanto que o relevo acidentado (declividade de 20 a 40%), indicado para o desenvolvimento da pecuária, silvicultura e para preservação ambiental, evitando-se dessa maneira a erosão do solo, predomina em 3,95% (2.411 ha).

As áreas com mais de 40% de declividade representam somente 0,96% (589 ha) da área total do Município. Essas áreas, classificadas como relevo montanhoso por Chiarini & Donzeli (1973) e por Lepsch et al. (1991), são consideradas terras propícias para o cultivo com silvicultura e pastagens, com limitações.

Os resultados permitem inferir que as classes de declive de 0 a 12%, classificadas como relevo plano a suave ondulado, são terras propícias para exploração com culturas anuais, com uso da mecanização, concordando com Lepsch et al. (1991), predominando em 77,06% da área total do Município de São Manuel-SP, ocupando uma área de 46992 ha.

Podemos dizer, dessa maneira, que o Município de São Manuel-SP é quase totalmente agricultável, pois apresenta quase 90% propício para o cultivo com culturas anuais e permanentes, ou seja, declividade variando de 0 a 20%.

6.2 Unidades de solo

Os solos mais predominantes, ocorrentes no Município de São Manuel-SP, Figura 5 e as porcentagens relativas das unidades de solo, Figura 6, foram:

NV1 (*NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos + LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos*) com 152 ha (0,25%); ***NV3*** (*NITOSSOLOS VERMELHOS Eutróficos + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos*) com 3.321 ha (5,44%); ***LV1*** (*LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos e Distroférricos*) com 21.973 ha (36,03%); ***LV6*** (*LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos e Distroférricos + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos*) com 1.300 ha (2,13%); ***LVA36***

(*LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos*) com 141,80 ha (23,25%); ***LVA52*** (*LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos + ARGISSOLOS VERMELHO AMARELOS Distróficos)* com 13.038,38 ha (21,38%) e, ***LVA56*** *(LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS, + CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb + CAMBISSOLOS Háplicos latossólicos*) com 2.626 ha (4,31%).

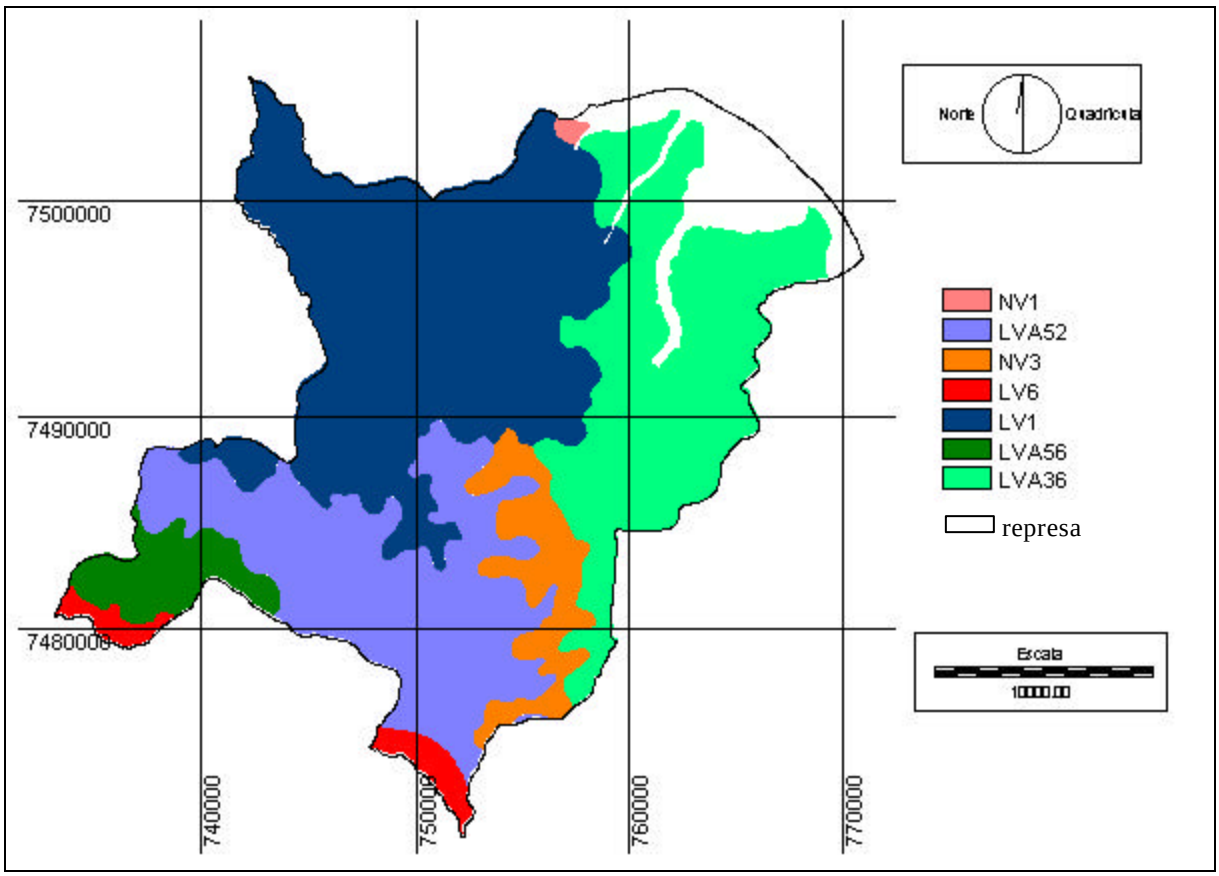


Figura 5 – Unidades de solo ocorrentes do Município de São Manuel-SP, segundo Oliveira et al (1999), obtidos do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, na escala 1:500000

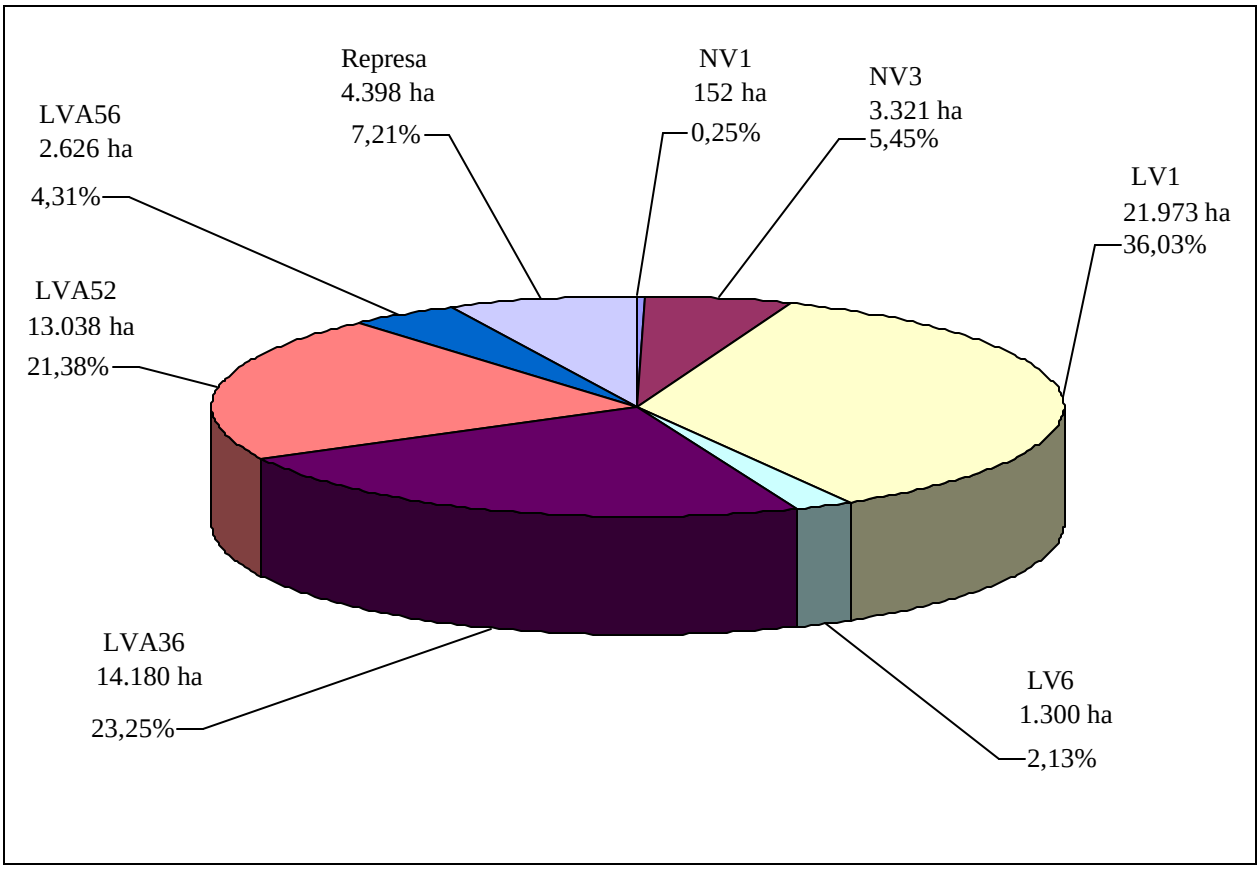


Figura 6. Porcentagens relativas das unidades de solo ocorrentes no Município de São Manuel-SP

Esses dados mostram que as unidades de solo ocorrentes na área estudada é predominantemente de baixa fertilidade aparente (87,1%), ou seja, representadas pelos solos LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distróficos com 48,94% (29.844 ha) e LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos e Distroférricos com 38,6% (23.237 ha); no entanto, a área é constituída por 5,96% (3.473 ha) de solos de média fertilidade aparente, representadas por NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroférricos e Eutróficos.

6.3 Classes e subclasses de capacidade de uso das terras do Município de São Manuel

As classes e subclasses de capacidade de uso das terras do Município de São Manuel-SP, (Quadro 8), foram obtidas a partir do cruzamento das informações das cartas de declive e unidades de solo ocorrentes no Município, confeccionada conforme França

(1963), Lepsch et al. (1991) e Zimback & Rodrigues (1993). O levantamento permitiu constatar a existência de 5 classes: II, III, IV, VI e VII e 7 subclasses: IIe,s; IIIe; IIIe,s; IIIs; IVe; VIe e VIIe. (Quadro 6)

Quadro 6 – Determinação das classes e subclasses de capacidade de uso pelos critérios de julgamento:

	Solos	F.A.	P.E.	PeD	Df.	P.	R.I.	Dec.	E.L.	E.S.	V.	Classe	Subclasse
01	NV1/0-3	II	I	II	II	I	I	I	I	II	I	II	IIe,s
02	NV1/3-6	II	I	II	I	I	I	II	I	II	I	II	IIe,s
03	NV1/6-12	II	I	II	II	I	I	III	I	II	I	III	IIIe
04	NV1/12-20	II	I	II	III	I	I	IV	I	II	I	IV	IVe
05	NV1/20-40	II	I	II	IV	I	I	VI	I	II	I	VI	VIe
06	NV1/>40	II	I	II	IV	I	I	VII	I	II	I	VII	VIIe
07	NV3/0-3	II	I	II	II	I	I	I	I	II	I	II	IIIs
08	NV3/3-6	II	I	II	I	I	I	II	I	II	I	II	IIIs
09	NV3/6-12	II	I	II	II	I	I	III	I	II	I	III	IIIe,s
10	NV3/12-20	II	I	II	III	I	I	IV	I	II	I	IV	IVe
11	NV3/20-40	II	I	II	IV	I	I	VI	I	II	I	VI	VIe
12	NV3/>40	II	I	II	IV	I	I	VII	I	II	I	VII	VIIe
13	LV1/0-3	II	I	I	II	I	I	I	II	II	I	II	IIe,s
14	LV1/3-6	II	I	I	I	I	I	II	II	II	I	II	IIe,s
15	LV1/6-12	II	I	I	II	I	I	III	II	II	I	III	IIIe
16	LV1/12-20	II	I	I	III	I	I	IV	II	II	I	IV	IVe
17	LV1/20-40	II	I	I	IV	I	I	VI	II	II	I	VI	VIe
18	LV1/>40	II	I	I	IV	I	I	VII	II	II	I	VII	VIIe
19	LV6/0-3	III	I	I	II	I	I	I	II	II	I	III	IIIs
20	LV6/3-6	III	I	I	I	I	I	II	II	II	I	III	IIIs
21	LV6/6-12	III	I	I	II	I	I	III	II	II	I	III	IIIe,s
22	LV6/12-20	III	I	I	III	I	I	IV	II	II	I	IV	IVe
23	LV6/20-40	III	I	I	IV	I	I	VI	II	II	I	VI	VIe
24	LV6/>40	III	I	I	IV	I	I	VII	II	II	I	VII	VIIe
25	LVA36/0-3	III	I	I	I	I	I	I	II	II	I	III	IIIs
26	LVA36/3-6	III	I	I	II	I	I	II	II	II	I	III	IIIs
27	LVA36/6-12	III	I	I	II	I	I	III	II	II	I	III	IIIe,s
28	LVA36/12-20	III	I	I	III	I	I	IV	II	II	I	IV	IVe
29	LVA36/20-40	III	I	I	IV	I	I	VI	II	II	I	VI	VIe
30	LVA36/>40	III	I	I	IV	I	I	VII	II	II	I	VII	VIIe
31	LVA52/0-3	III	I	I	I	I	I	I	II	II	I	III	IIIs
32	LVA52/3-6	III	I	I	II	I	I	II	II	II	I	III	IIIs
33	LVA52/6-12	III	I	I	II	I	I	III	II	II	I	III	IIIe,s
34	LVA52/12-20	III	I	I	III	I	I	IV	II	II	I	IV	IVe
35	LVA52/20-40	III	I	I	IV	I	I	VI	II	II	I	VI	VIe
36	LVA52/>40	III	I	I	IV	I	I	VII	II	II	I	VII	VIIe
37	LVA56/0-3	III	II	I	II	I	I	I	II	II	I	III	IIIs
38	LVA56/3-6	III	II	I	I	I	I	II	II	II	I	III	IIIs
39	LVA56/6-12	III	II	I	III	I	I	III	II	II	I	III	IIIe,s
40	LVA56/12-20	III	II	I	III	I	I	IV	II	II	I	IV	IVe
41	LVA56/20-40	III	II	I	IV	I	I	VI	II	II	I	VI	VIe
42	LVA56/>40	III	II	I	IV	I	I	VII	II	II	I	VII	VIIe

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 e **V**-Voçorocas.

As classes de capacidade III (54,42%) e II (22,64%) foram as mais representativas, mostrando tratarem-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 cultivados com culturas anuais. (Quadro 7, Figura 7)

A Classe III são terras cultiváveis com problemas complexos de conservação e/ou manutenção. São 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 cultivadas segura e permanente, com produção média a elevadas, de culturas anuais adaptadas

Ao reclassificar as 5 classes de capacidade de uso das terras em função da limitação mais dominante (erosão, solo água e clima), obteve-se 7 subclasses: IIe,s (22,64%); IIIe (8,62%); IIIe,s (15,83%); IIIs (29,97%); IVe (10,82%); VIe (3,95%) e VIIe (0,96%). (Quadros 6 e 7 e Figura 7)

Quadro 7 – Subclasses de capacidade de uso das terras Município de São Manuel-SP

Subclasses de capacidade	Área total (ha)	Porcentagem da área total (%)
IIe,s	13.810	22,64
IIIe	5.256	8,62
IIIe,s	9.652	15,83
IIIs	18.278	29,97
IVe	6.597	10,82
VIe	2.410	3,95
VIIe	587	0,96
Represa	4.398	7,21
T O T A L	60.988	100,00

As subclasses de capacidade de uso IIIe e IIIe,s apresentam limitações por risco de erosão e relativas ao solo.

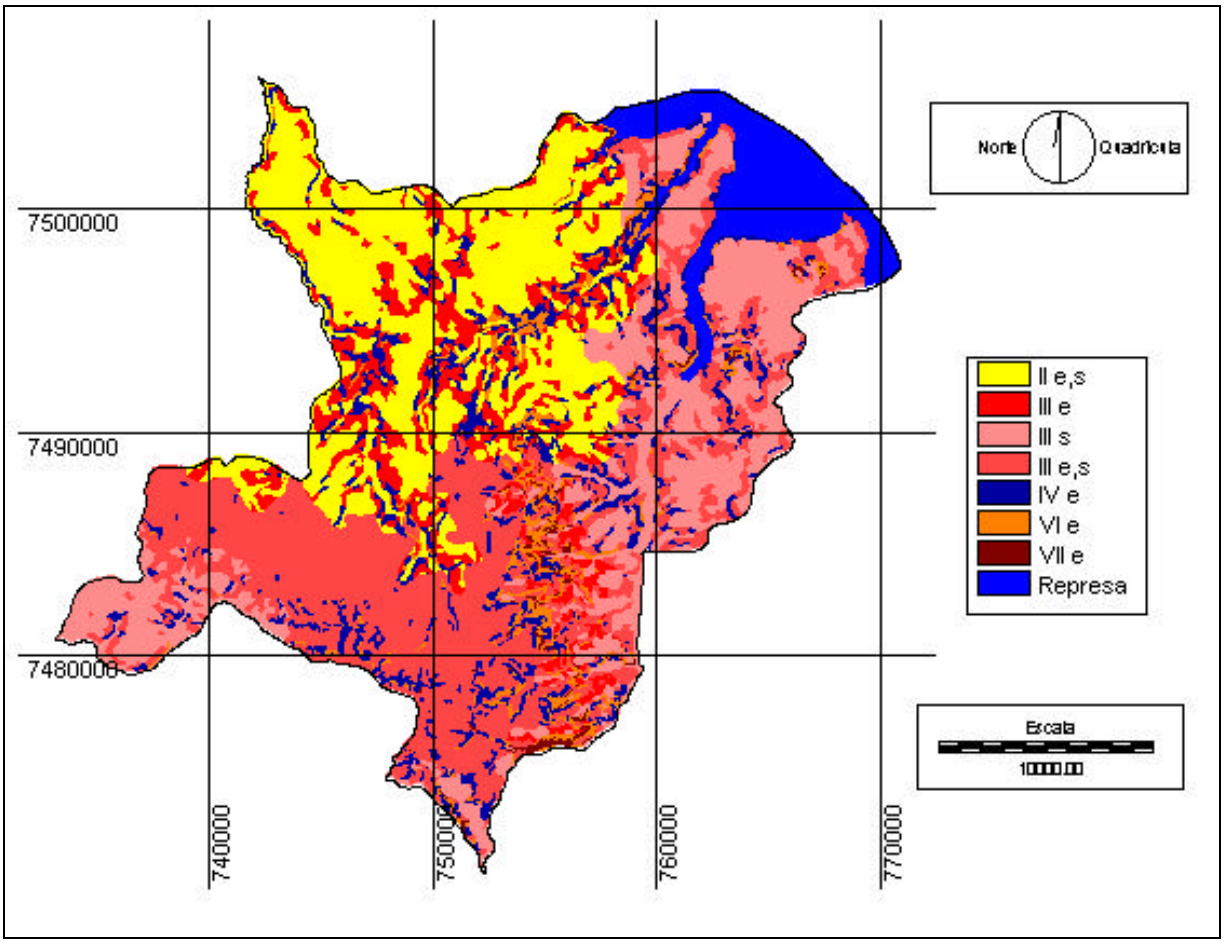


Figura 7. Subclasses de capacidade de uso das terras do Município de São Manuel-SP

6.4 Subclasses de capacidade de uso da terra em relação às unidades de solo ocorrentes no Município de São Manuel-SP.

O estudo conjunto da Figura 8 e Quadro 8, mostram que as subclasses de capacidade de uso do solo IIIe; IIIe,s e IIIs, foram as mais significativas, predominando em mais da metade da área do Município, localizadas nas unidades de solo NV1 e NV3; LV1 e LV6 e LVA36; LVA52 e LVA56. Estas subclasses abrangem 54,41 % (33.186 ha) de solos de textura arenosa/média até argilosa, de fertilidade aparente variando de baixa a média, sendo caracterizadas, segundo Lepsch et al. (1991) como sendo 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 cultivadas segura e permanentemente, com produção média a elevadas, de culturas anuais adaptadas.

Quadro 8 Subclasses de capacidade de uso da terra em relação às unidades de solo ocorrentes no Município de São Manuel/SP

Subclasses	NV1 (ha)	NV3 (ha)	LV1 (ha)	LV6 (ha)	LVA36 (ha)	LVA52 (ha)	LVA56 (ha)	TOTAL (ha)
IIe,s	93	-	13.717	-	-	-	-	13.810
IIIe	21	-	5.235	-	-	-	-	5.256
IIIe,s	-	873	-	301	4.075	3.709	694	9.652
IIIs	-	784	-	762	7.843	7.147	1.742	18.278
IVe	8	862	2.209	160	1.633	1.544	181	6.597
VIe	14	548	738	59	526	516	9	2.410
VIIe	16	254	74	18	103	122	-	587
T O T A L	152	3.321	21.973	1.300	14.180	13.038	2.626	56.590

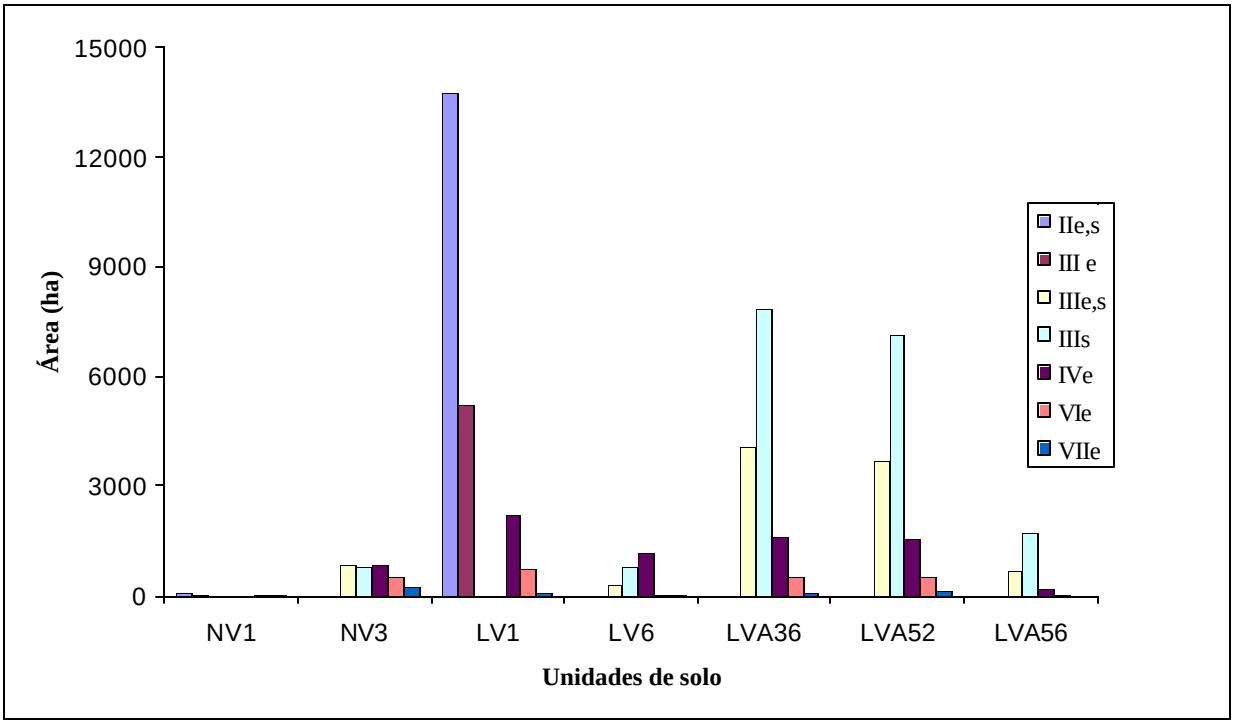


Figura 8. Subclasses de capacidade de uso da terra em relação às unidades de solo ocorrentes no Município de São Manuel-SP.

A subclasse de capacidade de uso do solo IIe,s apareceu com 22,64% (13.810 ha) da área do Município, nas unidades de solo NV1 (93 ha) e LV1 (13.717 ha), de textura argilosa de média fertilidade aparente que, segundo Lepsch et al. (1991), apresentam-se como 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.

As demais subclasses de capacidade de uso do solo IVe; VIe e VIIe representam respectivamente 10,82% (6.597 ha); 3,95% (2.410 ha) e 0,97% (587 ha) da área do Município, presentes nas unidades de solo NV1 e NV3; LV1 e LV6 e, LVA36; LVA52 e LVA56, sendo terras de baixa a média fertilidade aparente, 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 serem ocupadas com culturas anuais, apresentando dificuldades severas à motomecanização.

6.5 Distribuição espacial e características das subclasses de capacidade de uso das terras.

6.5.1 Subclasse IIe,s

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.

Essa subclasse, que engloba 13.810 ha, representa mais de 20% da área das terras do Município de São Manuel-SP.

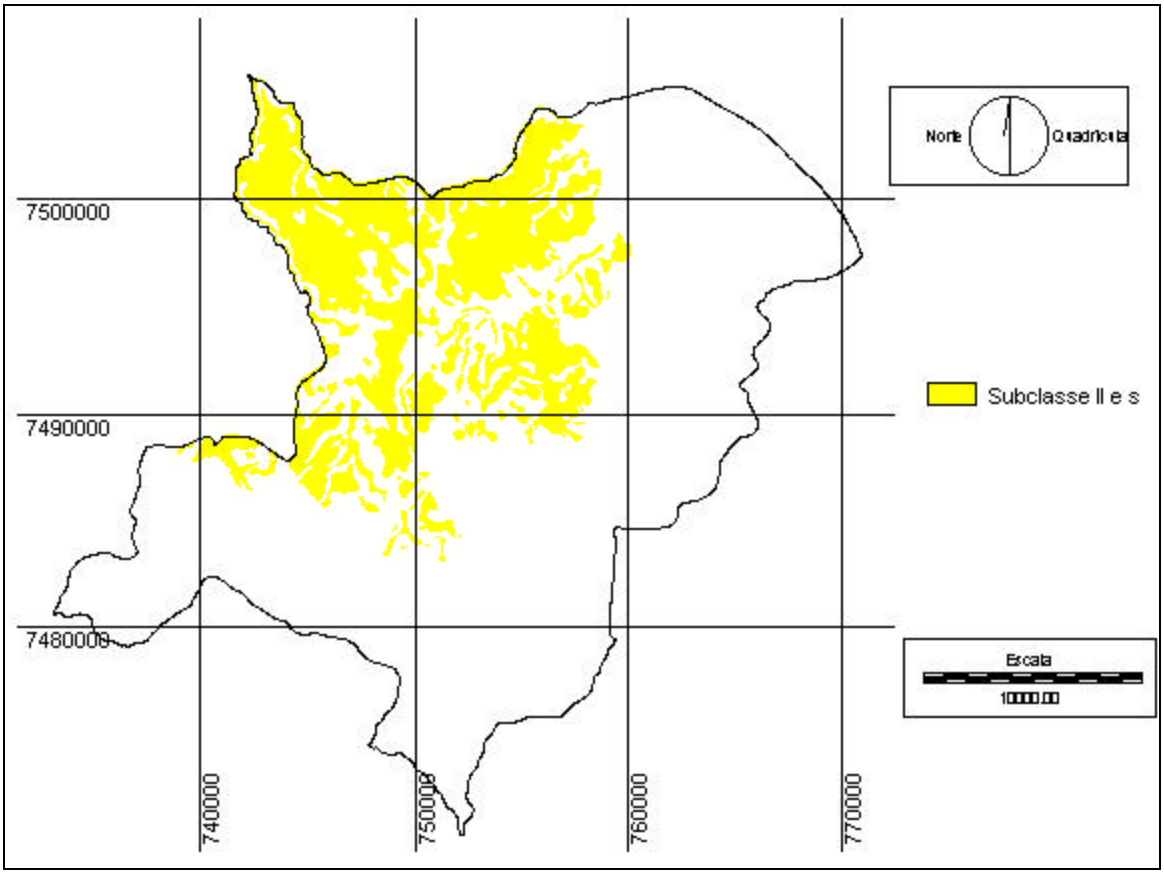


Figura 9. Subclasse IIe,s de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP.

6.5.2 Subclasse IIIe

A subclasse IIIe representa pouco mais de 8% das terras do Município (5.256 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. Requerem medidas intensas e complexas de conservação do solo, a fim de poderem ser cultivadas 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;

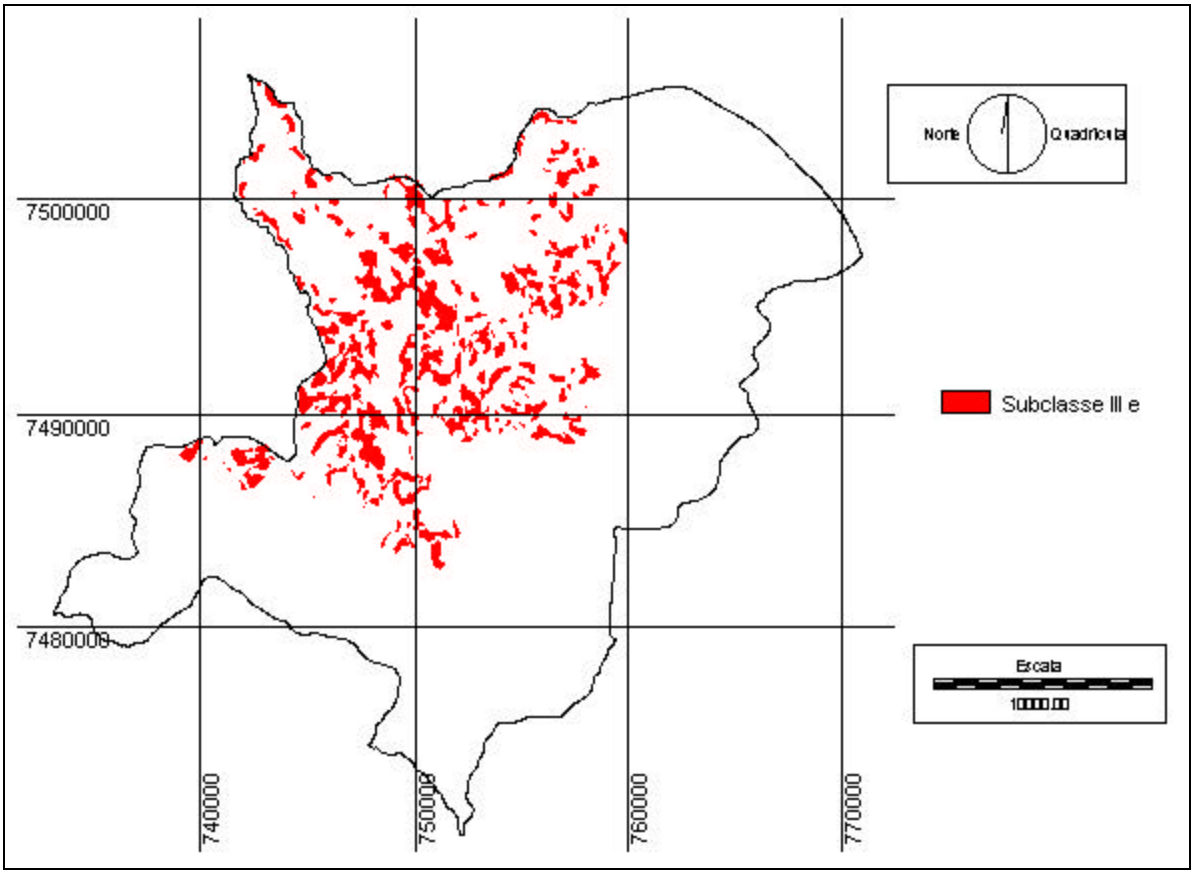


Figura 10. Subclasse IIIe de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP

6.5.3 Subclasse IIIe,s

Essa subclasse, com 9.652 ha equivalentes a 15,83% das terras do Município, compreende 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 cultivadas 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 à erosão quando o solo está descoberto de vegetação, podendo apresentar erosão laminar moderada e/ou sulcos superficiais e rasos freqüentes; apresentando principal limitação quanto à baixa disponibilidade de nutrientes nos solos distróficos e à toxidade por Al $^{3+}$ quando álicos (fertilidade muito baixa).

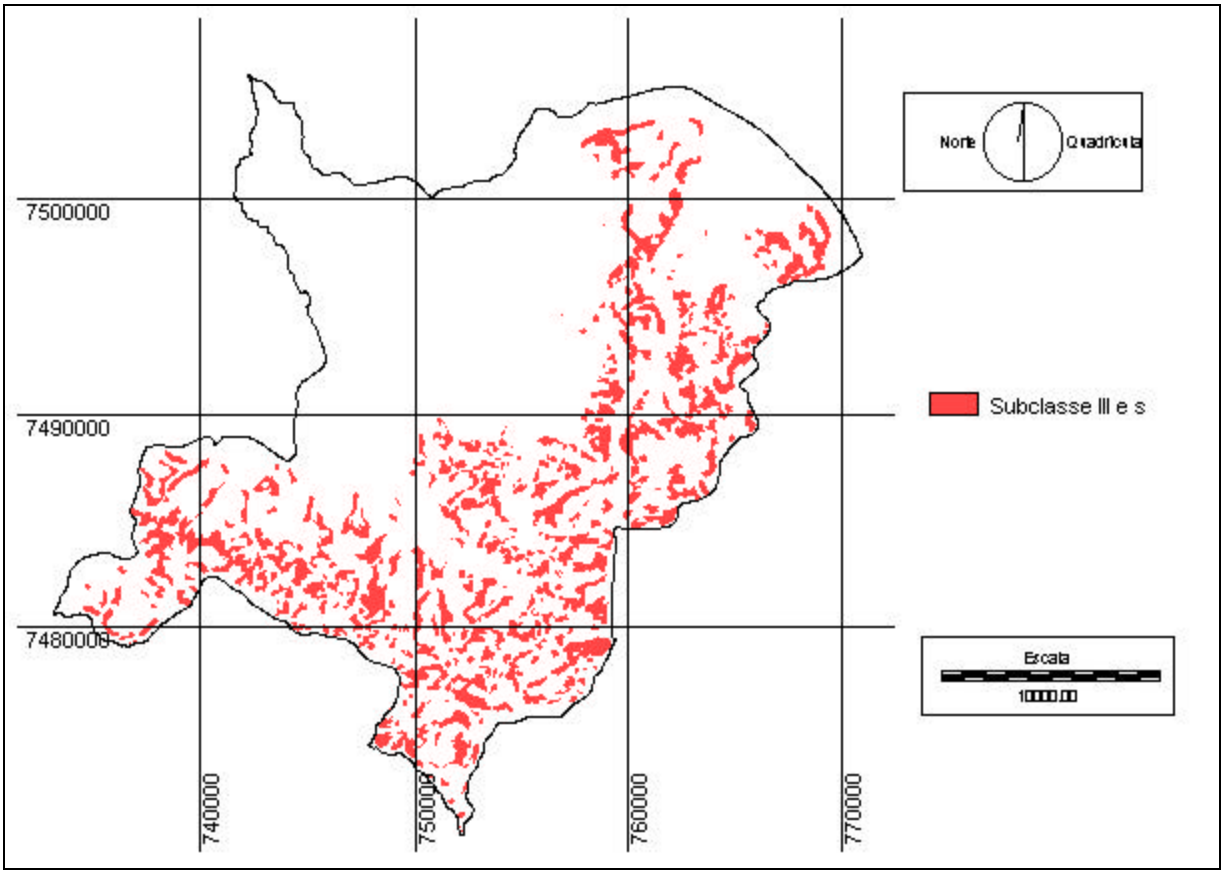


Figura 11. Subclasse IIIe,s de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP

6.5.4 Subclasse IIIs

Na subclasse IIIs com 18.278 ha, representando 29,97% da área do Município, 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 cultivadas segura e permanente, com produção média a elevadas, de culturas anuais adaptada; apresentam principal limitação quanto à baixa disponibilidade de nutrientes nos solos distróficos e à toxidade por Al^{3+} quando álicos (fertilidade muito baixa).

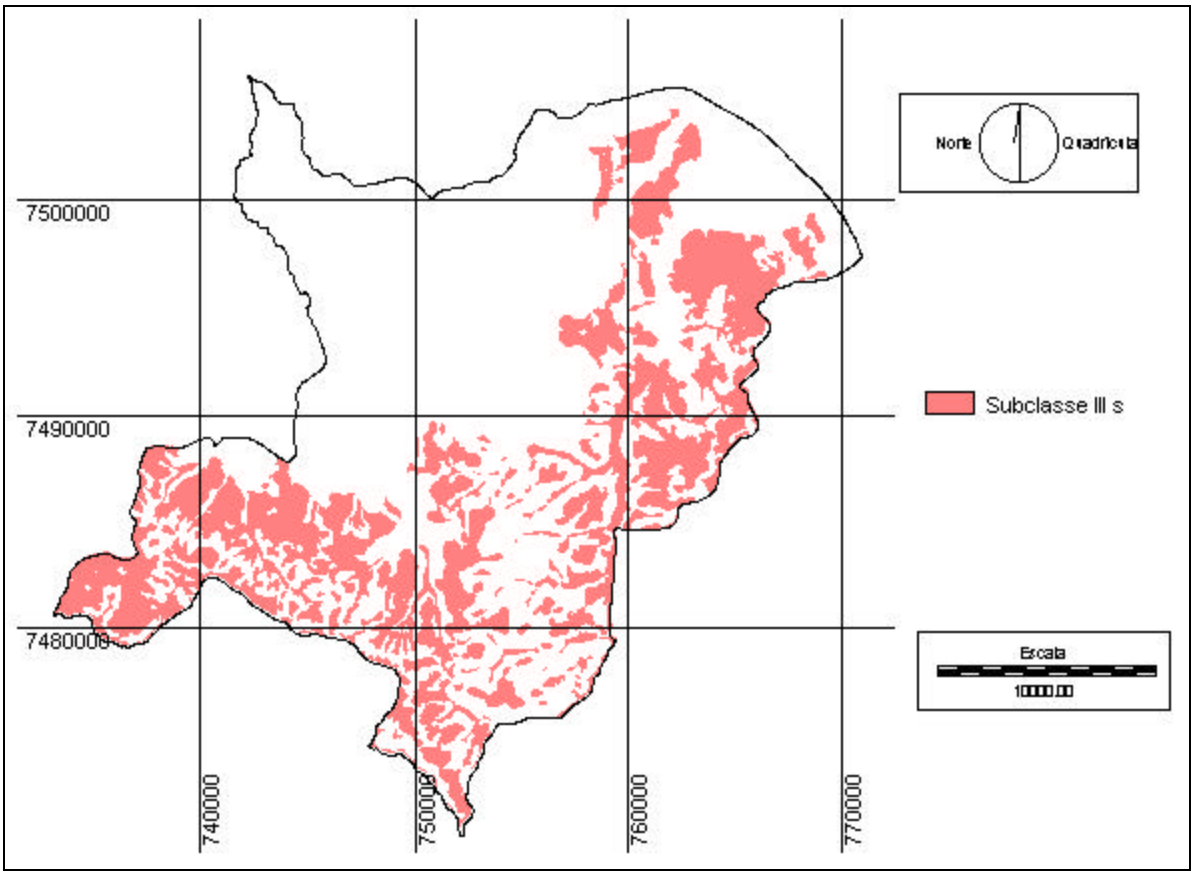


Figura 12. Subclasse IIIs de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP

6.5.5 Subclasse IVe

Nesta categoria estão as terras que apresentam riscos ou limitações permanentes muito severas quando usadas para culturas anuais. Os solos podem ter fertilidade natural boa ou razoável, mas não são adequados para cultivos intensivos e contínuos. Usualmente, devem ser mantidas com pastagens, mas podem ser suficientemente boas para certos cultivos ocasionais (na proporção de um ano de cultivo para cada quatro a seis de

pastagem) ou para algumas culturas anuais, porém com cuidados muito especiais. São terras severamente limitadas por risco de erosão para cultivos intensivos, geralmente com declividades acentuadas, com deflúvio muito rápido, podendo apresentar erosão em sulcos superficiais muito freqüentes, em sulcos rasos freqüentes, ou em sulcos profundos ocasionais. Essa subclasse representa 10,82% das terras do Município, ou seja, 6.597 ha.

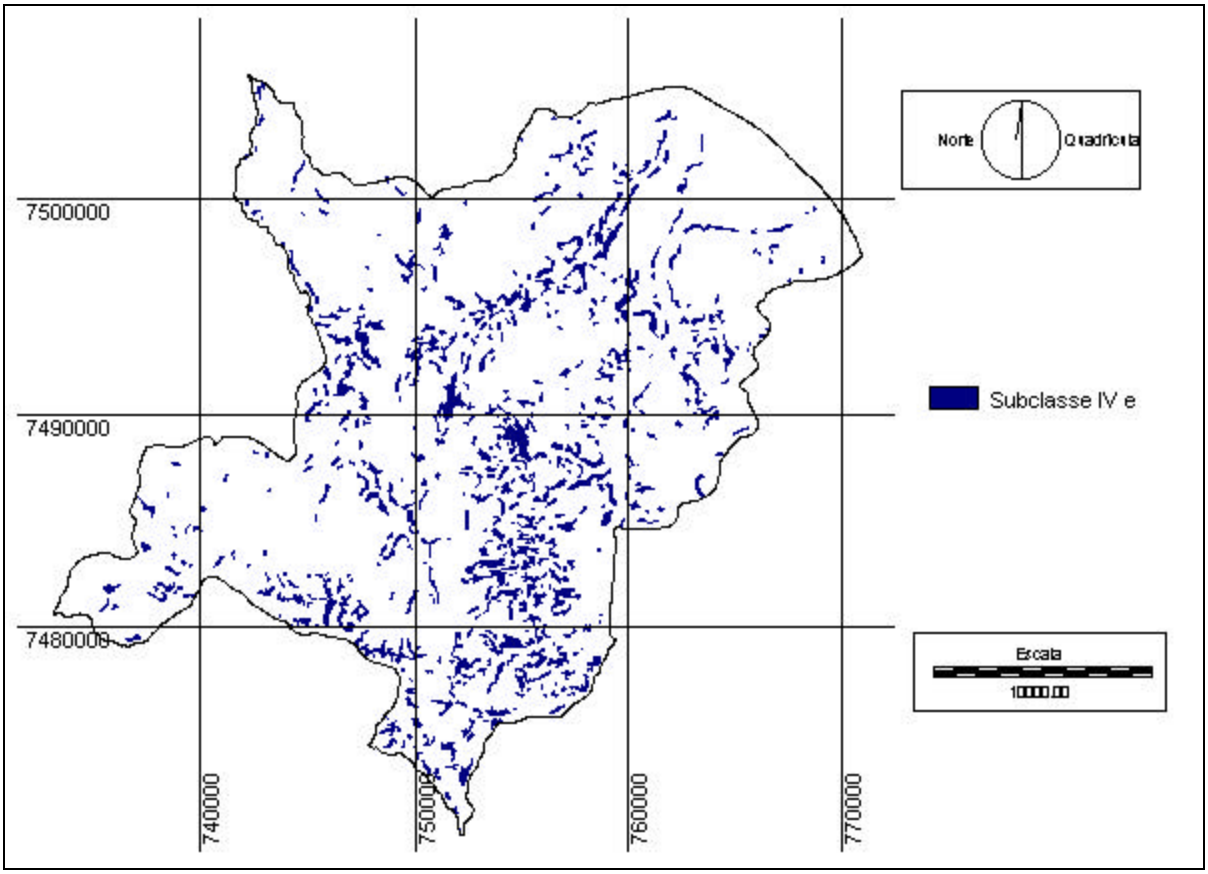


Figura 13. Subclasse IVe de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP

6.5.6 Subclasse VIe

A subclasse com 2.410 ha (3,95%) compreende terras impróprias para culturas anuais, mas que podem ser usadas para produção de certos cultivos permanentes úteis, como pastagens, florestas artificiais e, em alguns casos, mesmo para algumas culturas permanentes protetoras do solo, como seringueira e cacau, desde que adequadamente manejadas. O uso com pastagens ou culturas permanentes protetoras deve ser feito com

restrições moderadas, com práticas especiais de conservação do solo, uma vez que, mesmo sob esse tipo de vegetação, são medianamente suscetíveis de danificação pelos fatores de depauperamento do solo. Apresentam relevo forte ondulado e declividades acentuadas, propiciando deflúvio moderado a severo com dificuldades severas de motomecanização, 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.

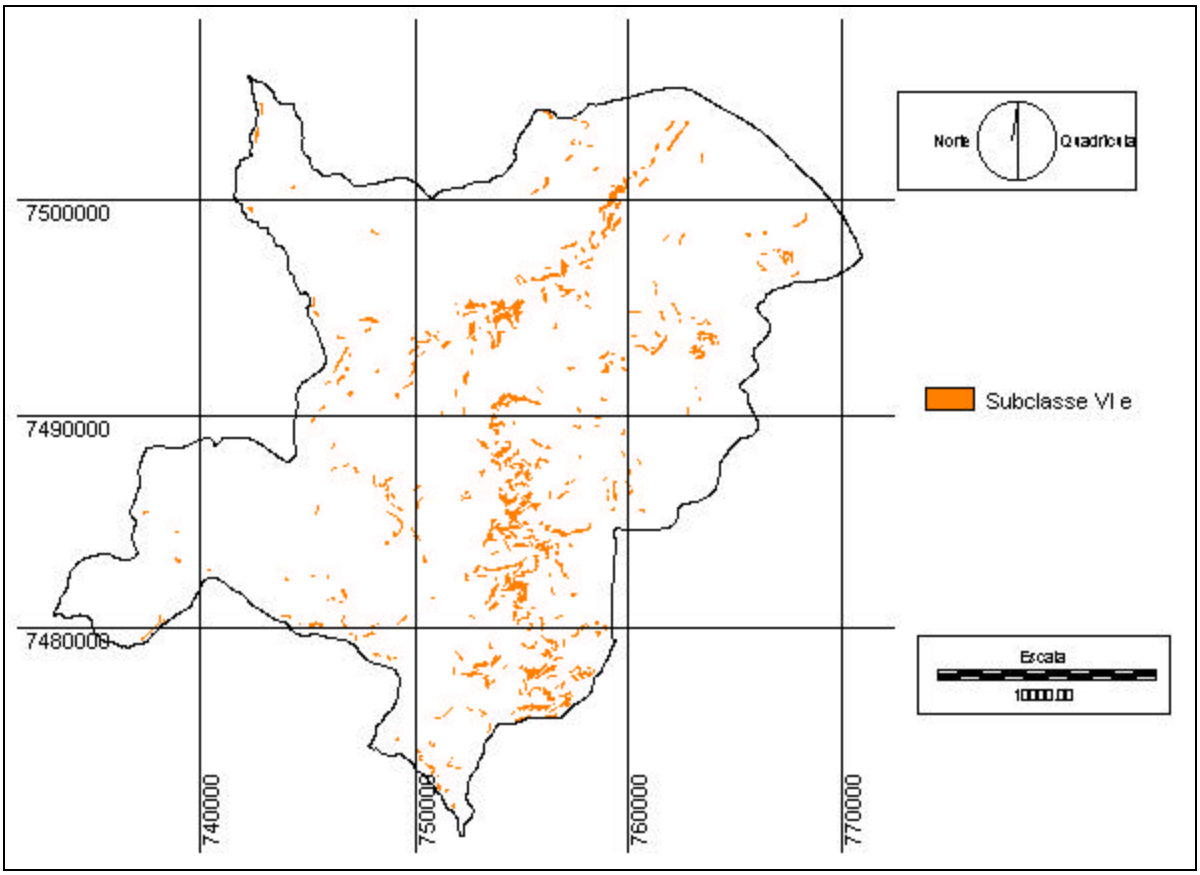


Figura 14. Subclasse VIe de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP

6.5.7 Subclasse VIIe

A subclasse VIIe representa apenas 0,56% das terras do Município (587 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. 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.

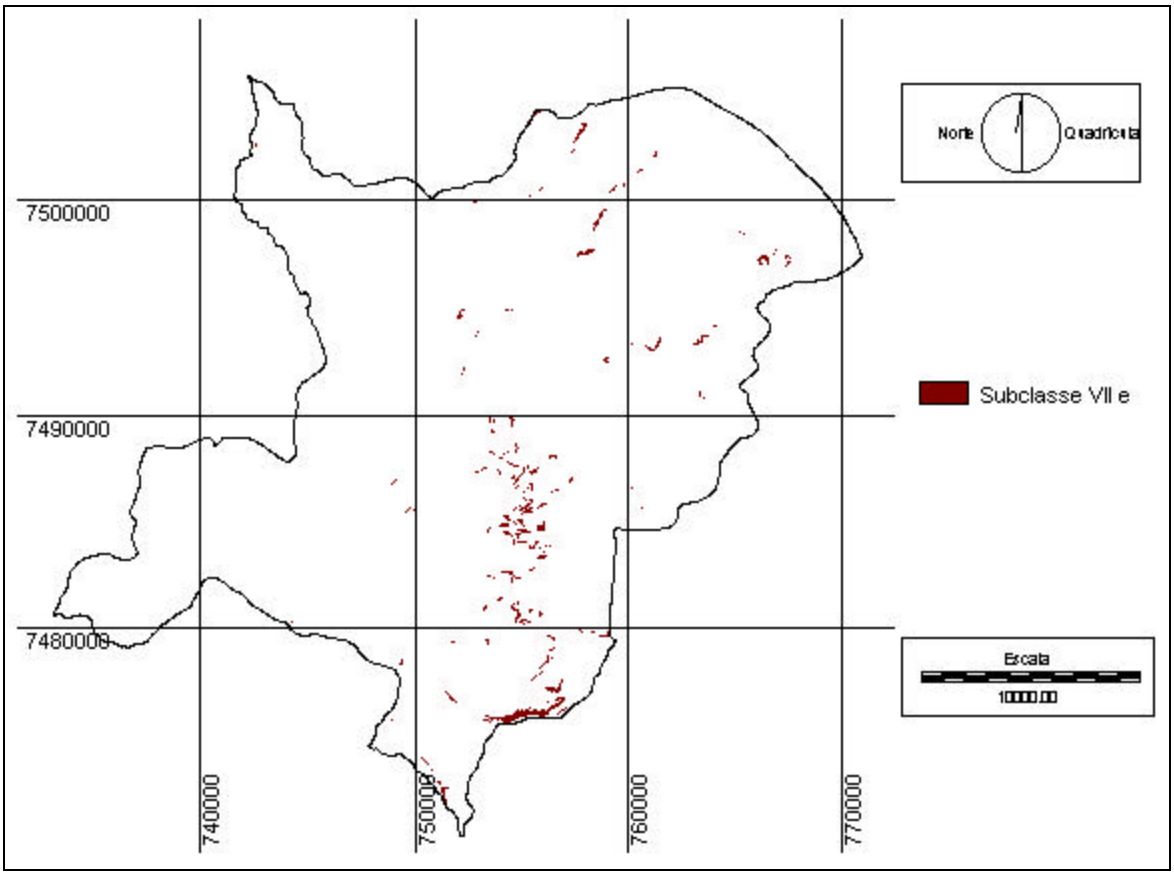


Figura 15. Subclasse VIIe de capacidade de uso da terra do Município de São Manuel-SP

7. CONCLUSÕES

Após a realização do trabalho e análise dos diferentes dados necessários para a elaboração da classificação proposta, pode-se concluir que:

⇒ A metodologia utilizada para o levantamento das classes de capacidade de uso das terras do Município de São Manuel-SP, bem como o emprego do Sistema de Informações Geográficas Idrisi, versão 32, permitiram realizar uma adequada avaliação da capacidade de uso, com significativa redução de tempo e recursos financeiros.

⇒ O Município de São Manuel-SP é formado por solos pertencentes às unidades LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos (48,94%) e LATOSSOLO VERMELHOS Eutroférricos (38,16%), apresentando texturas variando de arenosa/média a argilosa, com o predomínio de classes de declive de 0-12% e relevo plano a ondulado (77,06% da área).

⇒ A maior porcentagem das terras do Município de São Manuel-SP foram classificadas como sendo classe de capacidade de uso III. Foram encontradas as seguintes subclasses de capacidade de uso das terras: IIe,s; IIIe; IIIe,s; IIIs; IVe; VIe e VIIe, sendo que as subclasses IIIe; IIIe,s, e IIIs (54,42%) e IIe,s (22,64%) foram as mais representativas.

8. RECOMENDAÇÕES FINAIS DE USO E MANEJO EM FUNÇÃO DAS SUBCLASSES DE CAPACIDADE DE USO

Em conformidade com Ribeiro (1998) e Araujo Junior (1998), recomendam-se as seguintes práticas de manejo em função das classes e subclasses de capacidade de uso:

8.1. Subclasse IIe,s: limitação por problemas de erosão e solo

- plantio e cultivo em nível;
- culturas em faixas (rotação, retenção ou essas duas conjugadas);
- manutenção ou melhoramento das condições físicas do solo (exemplo: rotação de cultura com culturas de raízes profundas ou com grande quantidade de matéria residual);
- terraço de base larga, de preferência em nível (em caso de declives longos);

- canais de divergência (desvio de águas de áreas situadas imediatamente a montante);
- manutenção dos canais de divergência e terraços;
- aplicação de fertilizantes e corretivos;
- plantio direto (sem aração).

8.2. Subclasse IIIe: limitação por problemas de erosão

- plantio e cultivo em nível aliado a culturas em faixas e/ou terraceamento;
- culturas em faixas;
- aumento da proporção de culturas densas nos planos de rotação;
- terraceamento;
- canais de divergência;
- manutenção dos terraços e canais de divergência;
- plantio direto.

8.3. Subclasse IIIe,s: limitação por problemas de erosão e solo

- plantio e cultivo em nível aliado a culturas em faixas e/ou aumento da proporção de culturas densas nos planos de rotação;
- culturas em faixas;
- rotação de culturas;
- aumento da proporção de culturas densas nos planos de rotação;

- terraceamento;
- canais de divergência;
- plantio direto;
- alternância de capinas;
- rompimento de camadas compactadas no solo superficial e no subsolo, através de escarificação e subsolagem;
- melhoramento das condições físicas do solo através da incorporação de matéria orgânica, rotação com culturas de raízes profundas e com grande quantidade de resíduos vegetais;
- adubação e calagem
- cultivo mínimo do solo (arações, gradagens, etc...).

8.4. Subclasse IIIs: limitação por problemas quanto ao solo

- rotação de culturas;
- aumento da proporção de culturas densas nos planos de rotação;
- terraceamento;
- canais de divergência;
- plantio direto;
- alternância de capinas;
- rompimento de camadas compactadas no solo superficial e no subsolo, através de escarificação e subsolagem;

- melhoramento das condições físicas do solo através da incorporação de matéria orgânica, rotação com culturas de raízes profundas e com grande quantidade de resíduos vegetais;
- adubação e calagem

8.5. Subclasse IVe: limitação por problemas de erosão

- rompimento de camadas compactadas para aumentar a profundidade efetiva do solo, com escarificação e subsolagem;
- melhoramento das condições físicas do solo, com rotação de culturas e incorporação de matéria orgânica;
- correção da alcalinidade e/ou salinidade;
- adubação e calagem;
- conservação da umidade.

8.6. Subclasse VIe: limitação por problemas de erosão

8.6.1 Pastagens

- cuidados especiais no preparo do solo;
- plantio de forrageiras de vegetação densa;
- controle de sulcos e de pequenas a médias voçorocas;
- sulcos em nível;

- controle do pisoteio e do pastoreio;

8.6.2 Florestas

- interdição do gado;
- proteção contra o fogo;
- desbaste 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.

8.7. Subclasse VIIe: limitação por problemas de erosão

8.7.1 Pastagens

- cuidados especiais no preparo do solo;
- plantio de forrageiras de vegetação densa;
- controle de sulcos e de pequenas a médias voçorocas;
- sulcos em nível;
- controle do pisoteio e do pastoreio.

8.7.2 Floresta (mata)

- interdição do gado;

- proteção contra o fogo;
- desbaste 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.

8.7.3 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 o fogo;
- tratos culturais;
- abertura de carreadores e estradas de acesso;
- corte sistemático;
- métodos de regeneração.

9. 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. de. **Capacidade de uso das terras da Bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP)**. Botucatu, 1998. 97 p. Dissertação (mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

ARAÚJO, M., ITO, H.K. Capacidade de uso das terras da bacia superior do Rio Araquã (SP). In: SIMPÓSIO DE USUÁRIOS IDRISI, l, 1998, Campinas. **Resumos**... Campinas, 1998.

ASSAD, M.L.L. Uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola de terras. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Campinas, v.19, p.133-39, 1995.

ASSAD, M.L.L., HAMADA, E., CAVALIERI, A. Sistema de informações geográficas na

* UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agronômicas. Normas para a elaboração de dissertações e teses. Botucatu, 2002. 25p.

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.

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 Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

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

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 Idris**i. Botucatu, 1996. 124p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, 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.

CHIARINI, J.V., DONZELI, P.L. Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. **Boletim Instituto Agronômico de Campinas**, n.3, p.1-20, 1973.

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 Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

DAINESE, R.C., CAMPOS, S., JOSÉ, E.M., BARROS, Z.X., CARDOSO, L.G., VASCONCELOS, V.J. Uso adequado das terras da bacia do Rio Araquazinho (São Manuel-SP). In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas-RS. **Anais** em CD ROM... Pelotas-RS, 1999.

DE BIASI, M. Carta de declividade de vertentes: confecção e utilização. **Instituto de Geografia - USP**, São Paulo, 1970. p.8-19.

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 Agronômicas, 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.

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, 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 Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

FORMAGGIO, A.R., ALVES, D.S., EPIPHANIO, J.C.N. Sistema de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxas de adequação de uso das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.249-56, 1992.

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.

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.

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.

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.

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 EROSÃO, 1980, Curitiba. **Anais**... Curitiba: 1980. p5-30.

KLINGEBIEL, A.A & MONTGOMERY, P.H. **Land capability classification**. Washington, USDA, 1961. 21p. (Agriculture Handbook, 210).

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.

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. **Manual Brasileiro para levantamento de capacidade de uso da terra**. Rio de Janeiro: Escritório Técnico Brasil-Estados Unidos, 1971. 433p.

MEDEIROS, C.B, BOTELHO, M.A. Tratamento do tempo em SIG. In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 2, 1998, Curitiba. **Anais**... Curitiba: Editora Sagres, 1996. P.534-44

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 Agronômicas, 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.

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. **Solos do Estado de São Paulo**: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: IAC, 1999. 108p. (boletim científico nº 45).

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, E.A. **Mapeamento do uso e manejo do solo nas sub-bacias dos córregos São José e Água do Ventura, Bauru (SP)**. Botucatu, 2002. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

PEREIRA, M. N., KURKDJIAN, M.L.N de, FORESTI, C. **Cobertura e uso as terra através de sensoriamento remoto**. São José dos Campos, Instituto de Pesquisas Espaciais. 1989. 118p.

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.

PINTO, S.A.F., VALÉRIO FILHO, M., GARCIA, G.J**.** Utilização de imagens TM/Landsat na análise comparativa entre dados de uso da terra e de aptidão agrícola. **Ciência do Solo**, n. 13, p. 101-10, 1989.

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.

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)

POLITANO, W., ATHAYDE, M.L.F., CORSINI, P.C., LOPES, L.R. Avaliação mediante o emprego de imagens aéreas das condições ligadas ao uso da terra e erosão acelerada de uma área com solos arenosos provenientes da formação Bauru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17, 1988, Iperó. **Resumos**... Iperó: Centro Nacional de Energia na Agricultura, 1988. p.48

QUINTANILHA, J.A. Entrada e conversão de dados: Processos de construção de bases digitais de dados especiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1995, São Paulo. **Anais**... São Paulo: Escola Politécnica/USP, 1995. P.29-58.

RESENDE, M. **Pedologia.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1982. p.64-87.

RIBEIRO, F.L. **Sistemas de informações geográficas aplicadas 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 Agronômicas, 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 (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. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas aplicado**. Santa Maria, Departamento de Engenharia Agrícola e Florestal. UFSM, 1991.

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.

ROSA, R. Levantamento do meio físico do município de Araguari - MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, São José dos Campos. **Anais**...São José dos Campos: INPE, 1993.p.239-47.

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.

SILVA, M.S., PIEDADE, G.C.R. Análise do relevo de uma bacia hidrográfica através da curva de distribuição percentual da superfície em função de suas declividades parciais. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Anais**... Ilhéus: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, 1993. p.362-84.

SILVA, J., X.da. **Sensoriamento remoto.** Curso de Especialização em Geoprocessamento. UFRJ, IGEO, Dep. Geografia, LAGEOP, Rio de Janeiro, 1999, v.2, Mídia CD.

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, 1998.

TEIXEIRA, A.L.A., MORETTI, E., CHRISTOFOLETTI, 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).