

Sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas no estudo da adequação do uso das terras nos municípios de Hortolândia e Sumaré (SP)

Gabriela Ippoliti¹

Magaly O. Mortara¹

Ana Carolina Rezende¹

Maurício S. Simões¹

Mario Valerio Filho²

¹INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Caixa Postal 515, 12201-097 São José dos Campos, SP, Brasil

{gabriela,magaly,anac,simoes}@ltid.inpe.br

²IP&D Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – UNIVAP

Caixa Postal 8088, 12244-000

mvalerio@univap.br

Abstract. Information about land use and land capability are important tools for agricultural planning issues. This paper presents an approach using Remote Sensing and GIS for land use/ land cover classification and suitability analysis. The study area covers both Sumaré and Hortolândia municipalities of São Paulo State.

Key words: remote sensing, Geographic Information Systems, land suitability

1. Introdução

O planejamento do uso da terra, constitui um processo essencial que permite mitigar os problemas decorrentes do mau uso dos recursos naturais, procurando a sua conservação (Oliveira e Berg, 1985). O estudo da adequação do uso do solo faz parte deste planejamento e a determinação das discrepâncias entre os usos atuais e os potenciais constitui a base para ordenamento territorial, que permite direcionar a localização das atividades agropecuárias. No Brasil, vários trabalhos implementaram procedimentos tentando alcançar esses objetivos. Assunção et al. (1989) e Formaggio et al. (1992) produziram mapas de aptidão agrícola e de adequação do uso do solo, a partir da integração da informação de uso da terra obtida de imagens do sensor TM/Landsat com as cartas de solos e declividade num SIG (Sistema de Informações Geográficas). Esses autores encontraram que o mapeamento do uso da terra através das imagens multiespectrais permitiu fazer uma boa caracterização das categorias temáticas selecionadas.

Moreira e Sobrinho (1993) utilizaram também imagens do sensor TM/ Landsat, como apoio à avaliação da aptidão agrícola de um município do Mato Grosso. Acharam que os dados de sensoriamento remoto permitiram reduzir a densidade de amostragem dos solos no campo e consequentemente reduziram os custos de mapeamento, constatando a eficiência e importância da classificação de áreas com base em dados multivariados. Pereira et al. (1994) combinaram a utilização das imagens TM/Landsat e HRV/SPOT para o levantamento do uso da terra e a avaliação das discrepâncias na ocupação dessas terras.

Nos trabalhos citados, é possível observar a grande importância que os autores atribuíram às técnicas digitais de processamento da informação geográfica. A utilização de SIG's permitiu a geração de bases de dados codificados espacialmente que facilitaram a manipulação de dados e a automatização da análise. A geração de mapas temáticos de uso e cobertura do solo a partir de dados de sensoriamento remoto e a sua integração no SIG facilitou e agilizou em todos os casos a determinação das discrepâncias entre o uso potencial e o uso atual da terra.

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação da adequação do uso das terras em relação a sua potencialidade nos municípios de Sumaré e Hortolândia (SP-Brasil). Para tal fim foi estabelecida a comparação entre o uso atual das terras extraído da interpretação visual de uma imagem TM/Landsat -5 do mês de junho de 1997 e o seu uso potencial determinado a partir das informações de solos e relevo. Esta comparação foi realizada através da implementação de uma base de dados espacial e análise desses dados num SIG.

2. Área de estudo

A região de estudo corresponde aos municípios de Sumaré e Hortolândia, localizados no centro-leste do Estado de São Paulo (**Figura 1**) e totaliza uma área de 20.800 ha. As coordenadas geográficas (latitude, longitude) mínimas e máximas do retângulo envolvente dos municípios são 22°30' S, 47°00' O e 23°00' S, 47°30' O respectivamente. Na carta topográfica editada pelo IBGE em escala 1:50.000, os municípios encontram-se mapeados nas folhas Campinas e Americana.

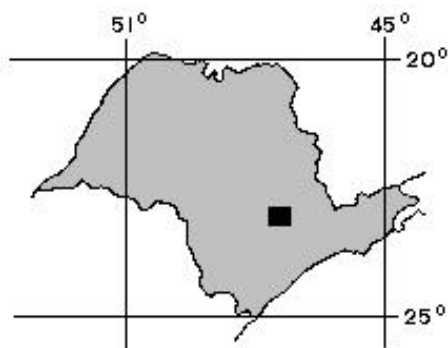


Figura 1. Esquema de localização dos municípios de Sumaré e Hortolândia no Estado de São Paulo.

A topografia da região é suavemente ondulada, apresentando poucas áreas de várzea. A atividade é predominantemente agrícola baseada nas culturas de cana-de-açúcar, tomate, batata e milho, e se apresenta fundamentalmente nas encostas e topos de colinas. As áreas de baixada são utilizadas para pastagens naturais de pequeno porte.

Os solos da área encontram-se mapeados na escala 1:100.000 na folha Campinas (Oliveira et al., 1977) correspondendo predominantemente as classes: Latossolo vermelho-amarelo (LV), Latossolo vermelho escuro (LE), Latossolo roxo (LR) e Podzólico vermelho-amarelo (PV).

3. Desenvolvimento

Para a realização do trabalho foi utilizado o equipamento disponível no LTID (Laboratório de Tratamento Imagens Digitais) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que consistiu em uma estação de trabalho *Sun SPARC Station 10* e uma mesa digitalizadora *A0Digigraf*.

O SIG utilizado no trabalho foi ARC/INFO v. 7.0.2 (ESRI, 1994) através dos seguintes módulos: ARC (conversão de formatos, criação de topologia, análises espaciais em dados vetoriais); ARCEDIT (digitalização e edição de dados espaciais e inserção de atributos); ARCPLOT (visualização dos dados espaciais e atributos para um ou mais planos de informação, consulta e seleção espacial de atributos); TABLES (armazenamento, edição e consulta dos dados tabulares); TIN (criação de Modelo Numérico do Terreno, baseado em estrutura de grade triangular e geração de mapas de declividade) e GRID (manipulação e análise dos dados geográficos no formato matricial).

A imagem do sensor TM/Landsat utilizada para a interpretação do uso atual das terras se correspondeu à órbita-ponto 220-076 quadrante E do dia 8 de junho de 1997. A imagem foi retificada geometricamente e recortada segundo o limite dos municípios, no Software ERDAS IMAGINE v. 8.3 (ESRI, 1997).

3.1. Classificação da capacidade de uso das terras

Para a classificação das terras segundo a sua capacidade de uso foi utilizado o sistema elaborado pelo serviço de conservação de solos dos Estados Unidos (Klingebiel e Montgomery, 1961) o qual foi estruturado com o objetivo de agrupar os solos segundo sua potencialidade de uso, visando estabelecer bases para seu melhor aproveitamento. A capacidade de uso indica o grau de intensidade de cultivo que se pode aplicar a determinada área agrícola, sem que haja diminuição da produtividade com o passar dos anos. Esta classificação envolve 8 classes, distribuídas em 3 grupos de capacidade de uso, que indicam a intensidade de uso das terras, e subclasses de capacidade de uso, que indicam a natureza da limitação de uso. Os grupos de capacidade de uso abrangem as seguintes classes, de acordo com o grau de limitação dos solos:

- grupo A => terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens, reflorestamento ou vida silvestre. Classes I, II, III e IV;
- grupo B => terras impróprias para cultivos intensivos mas ainda aptos para reflorestamento, pastagens e vida silvestre. Classes V, VI e VII;
- grupo C => terras apropriadas exclusivamente a proteção da flora e fauna da área. Classe VIII.

As limitações que caracterizam as subclasses de capacidade de uso são as seguintes:

- e => limitações devidas à erosão;
- s => limitações relativas ao solo;
- a => limitações devidas ao excesso de água;
- c => limitações climáticas.

3.2. Mapa de uso e cobertura atual das terras

A interpretação do uso atual das terras, foi realizada em forma visual na tela do computador a partir da informação de uma composição colorida 5-4-3 (vermelho, verde e azul, RGB). Utilizou-se também informação de campo obtida no mês da passagem do satélite.

A partir da interpretação realizada, foi gerado um mapa temático do uso e cobertura atual das terras para os municípios na data de aquisição da imagem, o qual apresentou uma legenda com seis classes segundo a intensidade de uso, que foram: Área urbana, Água, Agricultura, Pastos e Floresta Natural–Reflorestamento. A **Figura 2** apresenta o mapa de uso atual das terras elaborado segundo esses critérios.

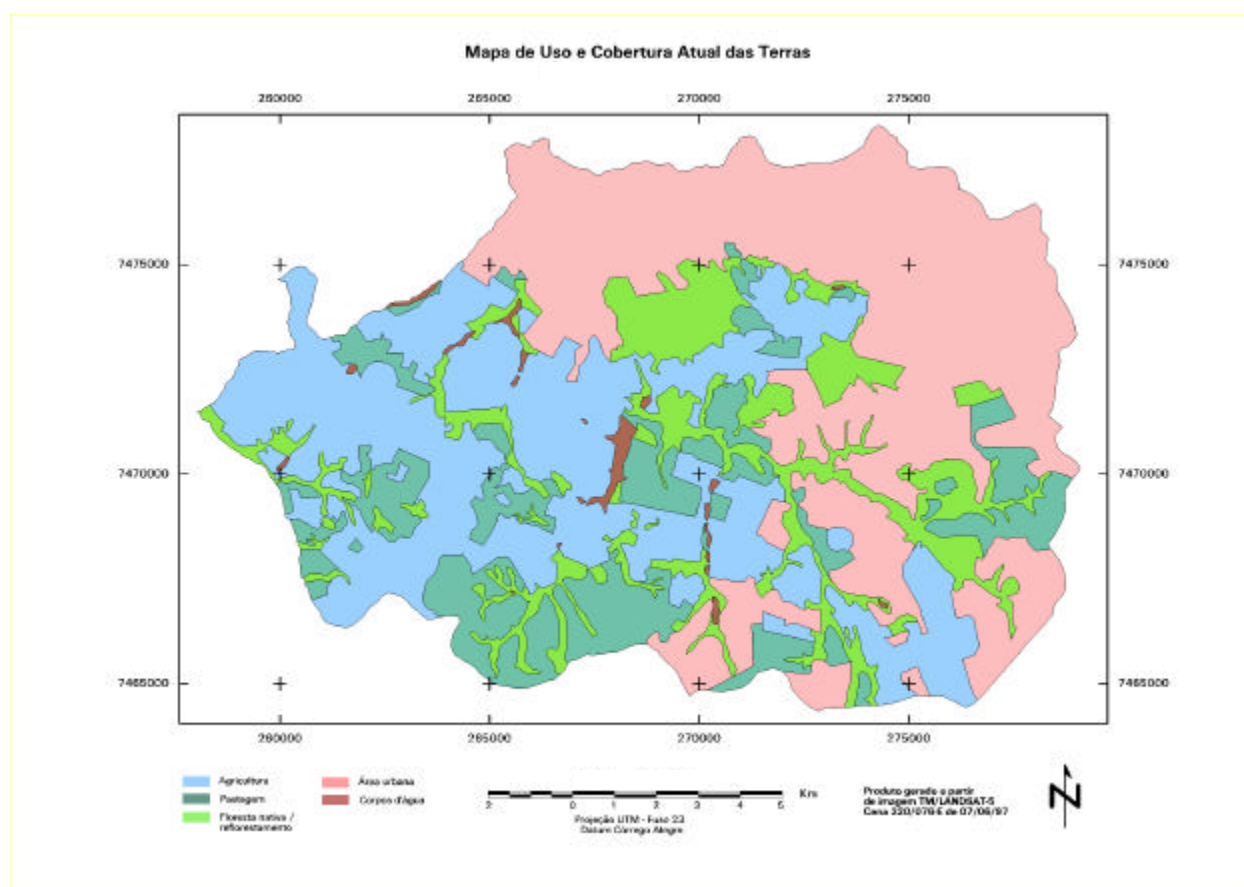


Figura 2. Mapa de uso atual das terras (junho de 1997) dos municípios de Sumaré e Hortolândia.

3.3. Base de dados espaciais

A partir dos dados das folhas topográficas 1:50.000, do mapa de solos 1:100.000 e da interpretação do uso atual da área, foram gerados os seguintes planos de informação geográfica: limites municipais, altimetria (curvas de nível e pontos cotados), drenagem (rios, córregos e represas), zonas urbanas, sistema viário (rodovias), solos e uso atual do solo (junho de 1997).

A partir dos planos de informação contendo curvas de nível e pontos cotados, foi gerado o modelo de rede triangular irregular (*Triangular Irregular Network-TIN*). No processo de geração do Modelo Numérico do Terreno (MNT) podem ser incorporadas restrições tais como linhas de

crista e drenagem (Burrough, 1986); neste trabalho, a drenagem foi incorporada como restrição.

A partir do MNT, gerou-se o mapa de declividade em percentagens, sendo consideradas as seguintes classes:

- Classe 1 : declividade = 0 - 3%
- Classe 2 : declividade = 3 -6%
- Classe 3 : declividade = 6 - 12%
- Classe 4 : declividade = 12 - 20%
- Classe 5 : declividade > 20%

3.4. Análises espaciais

Para as análises espaciais foram utilizadas as ferramentas do SIG, as quais permitiram realizar as operações apresentadas na **Figura 3** e descritas a seguir. As operações foram realizadas sobre elementos no formato de grade (matricial)baseando-se nos valores de cada uma das células.

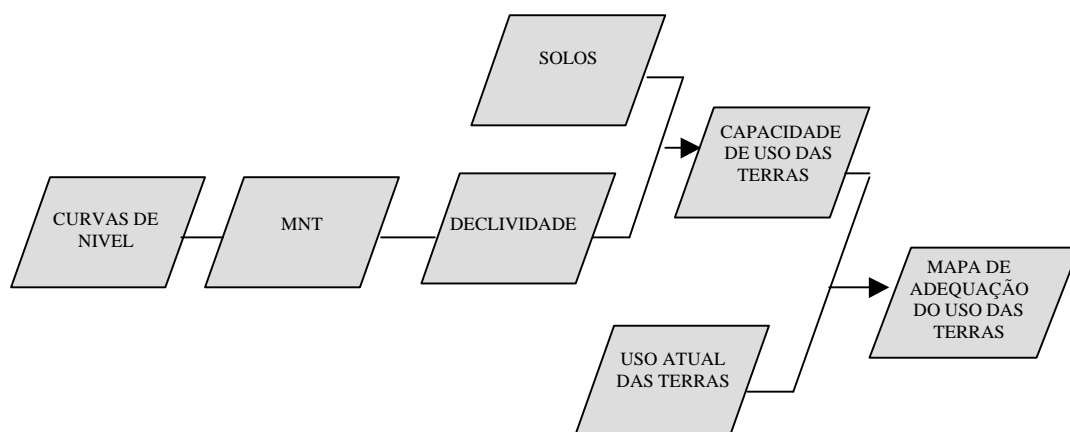


Figura 3. Esquema sequencial das análises realizadas

4. Resultados e Discussão

4.1. Mapa de classes de capacidade de uso das terras

Na **Tabela 1** apresentam-se os critérios para discriminação das classes de capacidade de uso dos solos obtidas para a área de estudo, em função da metodologia descrita no item 3.1 e implementada segundo mostra o esquema de análises da **Figura 3**. Para a sua determinação, foram levadas em consideração as características específicas dos solos e as classes de declividade existentes na área. Os mapas de declividade e de solos em formato matricial foram cruzados e para cada nova classe resultante, foi atribuída uma classe e subclasse de capacidade de uso segundo a **Tabela 1**.

Tabela 1. Classes/subclasses de capacidade de uso atribuídas às áreas resultantes do cruzamento entre os mapas de declividade e solos da área em estudo.

Tipo de solo	Percentagem de Declividade				
	0 - 3 %	3 - 6 %	6 -12 %	12-20 %	>20 %
Areia quartzosa	IV _s	IV _{es}	VI _{es}	VII _{es}	VII _{es}
Cambissolo	IV _{es}	IV _{es}	IV _{es}	VII _{es}	VII _{es}
Solos Hidromórficos	V	V	V	-----	-----
Latossolo Vermelho Escuro	III _s	III _s	III _{es}	III _{es}	IV _{es}
Latossolo Roxo distrófico	II _s	II _s	III _{es}	III _{es}	-----
Latossolo Húmico	III _s	III _{es}	IV _{es}	IV _{es}	VI _{es}
Latossolo. Vermelho Amarelo	III _s	III _s	III _{es}	IV _{es}	IV _{es}
Podzólico. Vermelho Amarelo	III _s	IV _{es}	VI _{es}	VII _{es}	-----

A área ocupada por cada classe/subclasse de capacidade de uso é apresentada na **Tabela 2**.

Tabela 2. Área ocupada por terras com diferente capacidade de uso nos municípios de Sumaré e Hortolândia..

Classe de capacidade	Área (ha)
II _s	1361
III _s	9521
III _{es}	2561
IV _s	307
IV _{es}	3383
V	90
VI _{es}	2549
VII _{es}	977

4.2. Mapa de classes de adequação de uso das terras

Na **Tabela 3**, apresentam-se os critérios para a determinação das classes de adequação de uso da terra, que foram obtidas através do cruzamento no SIG dos mapas de capacidade de uso (classes de capacidade de uso) e o mapa de uso e cobertura atual dos solos (classes de uso atual) da área de estudo. O mapa que mostra a localização das diferentes classes de adequação de uso das terras resultante da análise proposta é apresentado na **Figura 4**.

Tabela 3. Classes de adequação de uso das terras nos municípios de Sumaré e Hortolândia.

Classes de uso atual*	Classes de capacidade de uso							
	IIs	IIIs	IIIes	Ivs	IVes	V	VIes	VIIes
Agricultura	A**	A	A	S**	S	S	S	S
Pasto	s**	s	S	S	A	A	A	S
Mata natural- Reflorestamento	s	s	S	S	s	A	A	A

* As classes 'Área urbana' e 'Água' não foram consideradas, devido ao propósito agrícola classificação. ** A-uso adequado; S-terras sobre-utilizadas; s-terras sub-utilizadas.

A área ocupada por cada classe de adequação de uso é apresentada na **Tabela 4**. Pode ser observado que, depois da classe “Não considerado”, a classe de interesse que ocupa maior extensão é “A” (uso adequado), com abrangência de 33% da área total estudada. A segunda maior ocorrência é de sub-utilização das terras, com 20% de abrangência da área total. A ocorrência de sobre-utilização das terras é relativamente mais baixa (9% da área total)

Tabela 4. Área ocupada pelas distintas classes de adequação de uso das terras nos municípios de Sumaré e Hortolândia.

Classe de Adequação	Área (ha)	Porcentagem em relação ao total
A - uso adequado	6787	33%
S - sobre-utilizado	1995	9%
s - sub-utilizado	4003	20%
Não considerado*	7964	38%

* “Não considerado” engloba as áreas das classe 'Água' e 'Área Urbana'.

É importante considerar que apesar do uso adequado apresentar a maior ocorrência entre as classes de adequação de interesse para a agricultura, deve-se investigar, monitorar e procurar sanar as ocorrências de sub-utilização e sobre-utilização detectadas, buscando a melhor adequação do uso das terras à seu potencial. Desta maneira, se poderão iniciar ações que tentem evitar o uso inadequado das terras que resulta em perda da sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

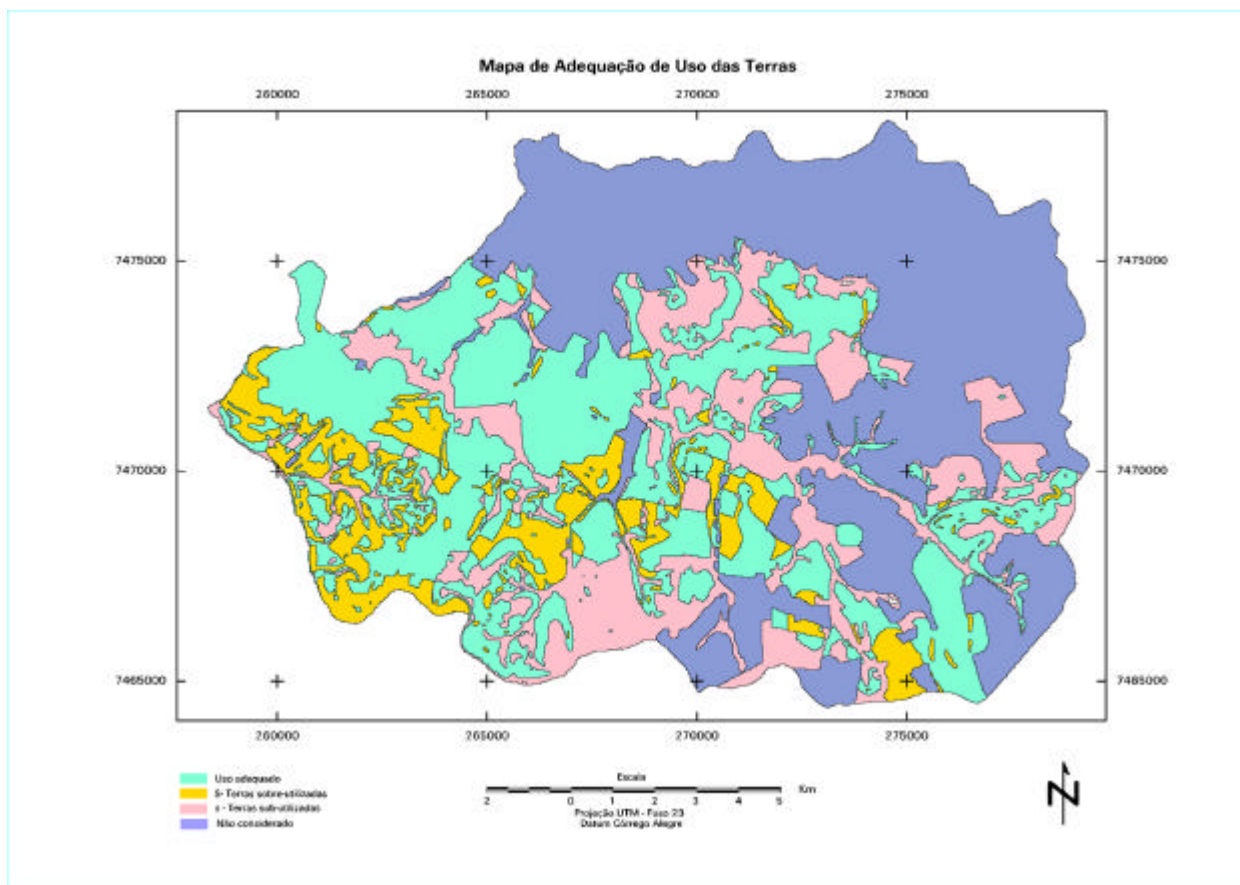


Figura 4. Mapa de adequação de uso das terras dos municípios de Sumaré e Hortolândia

5. Conclusões e recomendações

Este trabalho teve por objetivo avaliação das discrepâncias entre o uso atual e o uso potencial das terras nos municípios de Sumaré e Hortolândia (SP-Brasil), através da implementação de uma base de dados espacial e análise desses dados num Sistema de Informações Geográficas. Por meio do cruzamento da informação do mapa de declividade e do mapa de solos, segundo os critérios da classificação de capacidade de uso elaborada pelo serviço de conservação de solos dos Estados Unidos (Klingebiel e Montgomery, 1961), foi gerado o mapa de capacidade de uso das terras. A partir do cruzamento deste último mapa com o mapa de uso e cobertura atual (junho 1997), segundo os critérios apresentados na **Tabela 3**, foi obtido o mapa de adequação do uso das terras, onde podem ser localizadas espacialmente as áreas que apresentam discrepâncias no uso (sub-utilização ou sobre-utilização).

Excluindo-se a classe “não considerado” (correspondente às áreas urbanas e água), nos resultados foi observado que a classe de adequação A (uso adequado das terras) foi a de maior ocorrência em relação às classes de sub-utilização (s) e sobre-utilização (S).

Considera-se que este tipo de trabalho deveria ser realizado de forma mais freqüente e deve ser estendido a todas as áreas onde é praticada a agricultura. Isto porque os resultados alcançados

permitem monitorar, controlar e direcionar as práticas de ocupação do solo, tendentes à sua conservação.

O presente trabalho, demonstrou que o tempo e os custos necessários para o desenvolvimento do estudo não foram fatores limitantes. Os resultados obtidos, provaram uma vez mais a eficiência da utilização dos dados de sensoriamento remoto junto a bases de dados georreferenciadas para a detecção e monitoramento de problemas territoriais reais.

Como suporte para trabalhos posteriores, sugere-se a utilização de mais de uma imagem do sensor Landsat-5 TM, como maneira de poder obter informações da variabilidade temporal dos alvos na região de estudo. Esta informação adicional, permitirá fundamentalmente a discriminação entre áreas de culturas temporárias e perenes, o que se considera de importância aos efeitos dos estudos da adequação de uso das terras.

Referências Bibliográficas

- Assunção, O. G. V.; Formaggio, A. R.; Alves D.S. **Mapa de aptidão agrícola das terras: uma abordagem usando SGI e imagem de satélite**. São José dos Campos: INPE, 1989. (INPE 4627-RPE/1458).
- Burrough, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1986. 196p.
- ESRI Inc. **ARC/INFO 7.02 Help on line**. Redlands, California. Environmental Systems Research Institute. 1994.
- **Field guide ERDAS v.8.3**. Atlanta: ERDAS, 1997. 656 p.
- Formaggio, A. R.; Alves, D. S.; Epiphany, J. C. N.; Sistema de informações geográficas na obtenção de aptidão agrícola e de taxas de adequação de uso das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, n. 2, p.249-256, 1992.
- Klingebiel, A. A.; Montgomery, P. H. **Land capability classification**. Washington, D.C. USDA 1961. (Agriculture Handbook, 210).
- Moreira, M. L. C.; Leite Sobrinho, J. B. P. Levantamento de reconhecimento de alta densidade dos solos e avaliação da aptidão agrícolas das terras do município de Jauru-MT área piloto para teste de metodologia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, 1993. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1993, v.3, p.306-313.
- Oliveira, J. B.; Berg, M. V. D. **Aptidão agrícola das terras do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1985. 60p.(Boletim técnico)
- Oliveira, J. B., Merk, I. R. F., Rotta, C.L. **Levantamento pedológico semi-detalhado dos solos do Estado de São Paulo: Quadrícula de Campinas**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 172p.
- Pereira, N. M.; Kurkdjian, M. L. N.; Pinto, S.A.F. **Técnicas de sensoriamento e de geoprocessamento para mapeamento e análise do uso da terra**. São José dos Campos: INPE, 1994. 19p. (INPE 5566-RPQ/ 666).