

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

**AVALIAÇÃO DA CITRICULTURA NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU (SP), POR
MEIO DE DIFERENTES BASES CARTOGRÁFICAS E APLICATIVOS**

FLÁVIA MEINICKE NASCIMENTO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor - Energia na
Agricultura

BOTUCATU – SP

Outubro/2010

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

**AVALIAÇÃO DA CITRICULTURA NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU (SP), POR
MEIO DE DIFERENTES BASES CARTOGRÁFICAS E APLICATIVOS**

FLÁVIA MEINICKE NASCIMENTO

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Campos

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor - Energia na
Agricultura

BOTUCATU – SP

Outubro/2010

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

N244a Nascimento, Flávia Meinicke, 1980-
Avaliação da citricultura no município de Botucatu (SP), por meio de diferentes bases cartográficas e aplicativos / Flávia Meinicke Nascimento. - Botucatu : [s.n.], 2010
xii, 58 f. : il. color., gráfs., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2010
Orientador: Sérgio Campos
Inclui bibliografia.

1. Citricultura. 2. Fotografias aéreas. 3. Fotointerpretação. 4. Imagens de satélite. 5. Geoprocessamento. I. Campos, Sérgio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

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

TÍTULO: "AVALIAÇÃO DA CITRICULTURA NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU (SP),
POR MEIO DE DIFERENTES BASES CARTOGRÁFICAS E APLICATIVOS"

ALUNA: FLÁVIA MEINICKE NASCIMENTO

ORIENTADOR: PROF. DR. SERGIO CAMPOS

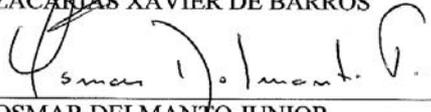
Aprovado pela Comissão Examinadora



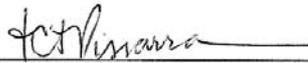
PROF. DR. SERGIO CAMPOS



PROF. DR. ZACARIAS XAVIER DE BARROS



PROF. DR. OSMAR DELMANTO JUNIOR



PROFA. DRA. TERESA CRISTINA T. PISSARRA



PROF. DR. SERGIO PASCHOAL DE CAMPOS

Data da Realização: 13 de outubro de 2010.

SERMÃO DO MONTE

“Bem-aventurados os humildes de espírito, porque deles é o reino dos céus.”

“Bem-aventurados os que choram, porque serão consolados.”

“Bem-aventurados os mansos, porque herdarão a terra.”

“Bem-aventurados os que têm fome e sede de justiça, porque serão fartos.”

“Bem-aventurados os misericordiosos, porque alcançarão misericórdia.”

“Bem-aventurados os limpos de coração, porque verão a Deus.”

“Bem-aventurados os pacificadores, porque serão chamados filhos de Deus.”

“Bem-aventurados os perseguidos por causa da justiça, porque deles é o reino dos céus.”

“Bem-aventurados sois quando, por minha causa, vos injuriarem, e vos perseguirem, e, mentindo, disserem todo mal contra vós.”

Mt 5: 3-11

*A Deus, por ter me dado a vida e tudo que nela possuo
e a oportunidade de poder ter realizado esta Tese.*

DEDICO

*Ao meu pai Hil José de Ávila Nascimento
e à minha mãe Edelweiss Meinicke Nascimento,
pelo amor, incentivo, carinho, compreensão
e paciência em todos os momentos de minha vida.*

OFEREÇO

Aos meus irmãos Mônica, Érika e Luís Edmundo,
aos meus sobrinhos Nathália e Edgard
e também a todos os meus familiares.

AGRADEÇO

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao **Prof. Dr. Zacarias Xavier de Barros**, pela orientação no presente trabalho, ajuda em todas as etapas de desenvolvimento, incentivo permanente, confiança no meu sucesso, ensinamentos, apoio e amizade.

Ao **Prof. Dr. Sílvio José Bicudo**, pela orientação no meu curso de graduação e mestrado, oportunidade, valiosa contribuição em minha vida acadêmica, amizade e compreensão durante toda a minha permanência na Faculdade de Ciências Agronômicas.

Minha enorme gratidão

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Sérgio Campos pela orientação.

Ao amigo José Guilherme Lança Rodrigues, pela convivência, ajuda e apoio durante o curso de Mestrado e Doutorado.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural em especial Pedro Alves, Maury Torres da Silva e Silvio Sabatini Simonetti Scolastici, pela ajuda e amizade.

Aos secretários do Departamento de Engenharia Rural, Rita de Cássia e Djair, pelo atendimento gentil todas as vezes que os solicitei.

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

Ao Programa de Pós - Graduação em Agronomia - Energia na Agricultura da FCA -UNESP.

E a todos aqueles que de uma forma ou de outra colaboraram na execução deste trabalho e em todas as atividades que já realizei nesta Universidade.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	2
3 INTRODUÇÃO	3
4 REVISÃO DE LITERATURA	6
4.1 Importância e histórico da Citricultura.....	6
4.1.1 Clima e solo.....	8
4.2 Sensoriamento remoto.....	9
4.3 Fotografias aéreas, fotogrametria e fotointerpretação.....	13
4.4 Cartas, mapas e plantas.....	15
4.5 Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	16
4.6 Sistema de Informações Geográficas – IDRISI.....	19
4.7 Sistema Landsat	20
4.8 Análise temporal.....	22
5 MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1 Material.....	24
5.1.1 Caracterização geral da área em estudo.....	24
5.1.2 Bases cartográficas.....	25
5.1.3 Equipamentos utilizados.....	26
5.1.4 Aplicativos.....	26
5.2 Métodos.....	26
5.2.1 Delimitação da área do município.....	26
5.2.2 Obtenção do mapa da área citrícola de Botucatu (SP) por meio de fotografias aéreas pancromáticas e coloridas.....	27
5.2.3 Obtenção do mapa das áreas citrícolas de Botucatu (SP) por meio de imagens de satélite.....	27
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29

6.1 Expansão da citricultura no município de Botucatu.....	29
6.1.1 Análise dos resultados para ocupação do solo pela citricultura, referente aos anos de 1962, 1972 e 1977.....	29
6.1.2 Análise dos resultados para ocupação do solo pela citricultura, referente ao ano de 2000, por meio de fotografias aéreas.....	32
6.1.3 Análise dos resultados para ocupação do solo pela citricultura, referente ao ano de 2005, por meio de fotografias aéreas.....	34
6.1.4 Análise dos resultados para ocupação do solo pela citricultura, referente ao ano de 2000, por meio de imagens de satélite.....	36
6.1.5 Análise dos resultados para ocupação do solo pela citricultura, referente ao ano de 2005, por meio de imagens de satélite.....	38
6.1.6 Expansão da área citrícola no Município de Botucatu, no período de 2000 a 2005, por meio de fotografias aéreas.....	39
6.1.7 Expansão da área citrícola no Município de Botucatu, no período de 2000 a 2005, por meio de imagens de satélite.....	41
6.1.8 Comparação entre fotografias aéreas e imagens de satélite na determinação de áreas e perímetros obtidos pelo Carta Linx.....	42
6.1.9 Comparação entre fotografias aéreas e imagens de satélite na determinação de áreas e perímetros pelo SIG-Idrisi.....	44
6.1.10 Comparação entre fotografias aéreas e imagens de satélite na determinação de áreas e perímetros pelo SIG-Idrisi e Carta Linx.....	47
7 CONCLUSÕES.....	50
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas de 1962 -1972 -1977.....	30
Tabela 2. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo Carta Linx e SPLAN, por meio de fotografias aéreas de 1962 -1972 -1977.....	30
Tabela 3. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e SPLAN, por meio de fotografias aéreas de 1962 -1972 -1977.....	30
Tabela 4. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas de 2000.....	34
Tabela 5. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo Carta Linx e SPLAN, por meio de fotografias aéreas de 2000.....	34
Tabela 6. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e SPLAN, por meio de fotografias aéreas de 2000.....	34
Tabela 7. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas de 2005.....	36
Tabela 8. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo Carta Linx e SPLAN, por meio de fotografias aéreas de 2005.....	36
Tabela 9. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e SPLAN, por meio de fotografias aéreas de 2005.....	36
Tabela 10. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de imagens de satélite de 2000.....	37
Tabela 11. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de imagens de satélite de 2005.....	39
Tabela 12. Expansão da citricultura no município de Botucatu-SP, obtidas pelo SIG-Idrisi, Carta Linx e SPLAN, no período de 2000 a 2005, por meio de fotografias aéreas.....	40
Tabela 13. Expansão da citricultura no município de Botucatu-SP, de 2000 a 2005 , obtidas pelo SIG-Idrisi, Carta Linx e SPLAN, por meio fotografias aéreas.....	40

Tabela 14. Expansão da citricultura no município de Botucatu-SP, obtida pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, no período de 2000 a 2005, por meio de imagens de satélite.....	41
Tabela 15. Expansão da citricultura no município de Botucatu-SP, de 2000 a 2005, obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de imagens de satélite.....	42
Tabela 16. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000.....	42
Tabela 17. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2005.....	43
Tabela 18. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000.....	45
Tabela 19. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2005.....	45
Tabela 20. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000.....	48
Tabela 21. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2005.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Localização do município de Botucatu – SP.....	25
Figura 2. Áreas citrícolas (ha), Botucatu-SP, obtidas pelo SIG-Idrisi, Carta Linx, e SPLAN, por meio de fotografias aéreas, em um período de 43 anos.....	31
Figura 3. Perímetro das áreas citrícolas (km), Botucatu-SP, obtidos pelo SIG-Idrisi, Carta Linx, e SPLAN, por meio de fotografias aéreas, em um período de 43 anos.....	32
Figura 4. Áreas citrícolas, Botucatu-SP, 2000.....	33
Figura 5. Áreas citrícolas, Botucatu-SP, 2005.....	35
Figura 6. Áreas citrícolas (ha), Botucatu-SP, obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de imagens de satélite de 2000 e 2005.....	37
Figura 7. Perímetro das áreas citrícolas (km), Botucatu-SP, obtidos pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de imagens de satélite de 2000 e 2005.....	38
Figura 8. Áreas citrícolas, Botucatu-SP, obtidas pelo Carta Linx por meio de fotografias aéreas de 2000.....	40
Figura 9. Áreas citrícolas, Botucatu-SP, obtidas pelo Carta Linx por meio de fotografias aéreas de 2005.....	41
Figura 10. Áreas citrícolas (ha), Botucatu-SP, obtidas pelo Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite dos anos de 2000 e 2005.....	43
Figura 11. Perímetro das áreas citrícolas (km), Botucatu-SP, obtidos pelo Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005.....	44
Figura 12. Áreas citrícolas (ha), Botucatu-SP, obtidas pelo SIG-Idrisi, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005.....	45
Figura 13. Perímetro das áreas citrícolas (km), Botucatu-SP, obtidos pelo SIG-Idrisi, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005.....	46
Figura 14 a. Área bem definida na fotografia aérea colorida de 2005.....	46
Figura 14 b. Área homóloga na imagem de satélite LANDSAT-5 TM de 2005.....	47

Figura 15. Áreas citrícolas (ha), Botucatu-SP, obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005.....	48
Figura 16. Perímetro das áreas citrícolas (km), Botucatu-SP, obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005.....	49

1 RESUMO

A grande importância da citricultura no Estado de São Paulo, particularmente no Município de Botucatu, e sua grande expansão em área nos últimos anos e o avanço das técnicas de monitoramento ambiental, como o sensoriamento remoto motivou a presente pesquisa. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações espaço-temporal da citricultura no Município de Botucatu-SP, no período de 1962 a 2005, utilizando-se de: fotografias aéreas pancromáticas de 1962, 1972 e 1977 e coloridas de 2000 e 2005, imagens de satélite Landsat 2000 e 2005; juntamente com técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas, visando avaliar as diferenças na determinação de áreas e perímetros, por meio dos aplicativos: CartaLinx, SIG-Idrisi e SPLAN. Os resultados obtidos permitem concluir que: a área ocupada pela citricultura no Município de Botucatu-SP em 2000 representava 5,22% da área total do Município; passando a ocupar 8,63 % no ano de 2005, representando um incremento de 3,41% na área total estudada e uma expansão de 65,27% da área citrícola no período de cinco anos; sendo que, no período de 43 anos (1962 a 2005), houve um incremento de 12722,56 ha desta área. As áreas obtidas por meio de fotografias aéreas e avaliadas pelo Carta Linx apresentam valores mais próximos da verdade terrestre para a determinação de áreas e perímetros. A falta de nitidez das imagens de satélite dificulta a identificação de pequenas áreas de cobertura vegetal; o SIG-Idrisi apresentou discrepâncias para a determinação de perímetros, em função de trabalhar de forma matricial e que o SPLAN, é próximo do Carta Linx, para a determinação de áreas e perímetros, devido ao fato de ambos trabalharem de forma vetorial.

Palavras-chave: citricultura, fotografias aéreas, fotointerpretação, imagens de satélite, geoprocessamento

EVALUATION OF CITRUS CROPS IN BOTUCATU (SP) THROUGH DIFFERENT CARTOGRAPHIC BASES AND SOTWARES. Botucatu, 2010. 58 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FLÁVIA MEINICKE NASCIMENTO

Adviser: SERGIO CAMPOS

2 SUMMARY

The great importance of citrus in São Paulo, particularly in Botucatu, its major expansion in area in recent years and the advanced techniques for environmental monitoring, such as remote sensing, are all factors that have motivated the present research. The aim of this study was to evaluate the spatial and temporal changes of citrus in Botucatu-SP from 1962 to 2005. For this, was used, panchromatic aerial photographs from 1962, 1972 and 1977, color ones from 2000 and 2005, Landsat satellite images from 2000 and 2005. Along with those, Remote Sensing and Geographic Information Systems were also used in order to evaluate the differences in determining areas and perimeters, by using software such as CartaLinx, GIS-Idrisi and SPLAN. The results showed that the area occupied by citrus in Botucatu-SP was 5.22% of the total area of the county in 2000. In 2005, it represented 8.63%, showing a 3.41% increase of the total area and an expansion of 65.27% of the citrus area within five years, being that during the period of 43 years (1962-2005), there was an increase of 12722.56 ha of this area. The areas obtained from aerial photographs and evaluated with CartaLinx present values closer to ground truth for the determination of areas and perimeters. The lack of accuracy in the satellite images makes it difficult to identify small areas of vegetation. GIS-Idrisi showed discrepancies in perimeter determination, as it works with matrixes. SPLAN is similar to CartaLinx for the determination of areas and perimeters, due to the fact that both work with vectors.

Keywords: citrus crops, aerial photographs, photointerpretation, satellite images, geoprocessing.

3 INTRODUÇÃO

A citricultura há muito se tornou uma atividade importante no Agronegócio nacional, principalmente do Estado de São Paulo. O município de Botucatu já apresenta grande participação neste setor uma vez que suas terras estão ainda livres das principais doenças ocorrentes nesta cultura.

Entre todas as frutas, a laranja é uma das mais conhecidas e cultivadas em todo o mundo, sendo o Brasil o maior produtor mundial da fruta e do suco de laranja concentrado, com participação variando cerca de 27,0% a 30,0% da produção mundial da fruta e de 50,0% a 53,0% da produção mundial do suco, no período de 2002 a 2004, posicionando-se à frente dos Estados Unidos, segundo maior produtor.

No Estado de São Paulo em 2007, a área cultivada com laranjais apresentava 668 mil hectares, sendo que nos últimos 10 anos houve um aumento de 300% no número de novas plantas principalmente na região sudoeste de SP e uma redução de 55% no norte do Estado, antes tradicional região citrícola.

O planejamento adequado de utilização das terras para fins agropastoris, necessita de manifestação de informações básicas que, são fundamentais para manutenção da capacidade produtiva dos solos, principalmente, em regiões com limitações severas quanto à utilização de seus recursos naturais.

Em termos específicos do uso da terra, destacam-se, especialmente, os problemas que afetam a agricultura, que tem sido objeto de interesse de instituições e órgãos

governamentais voltados ao planejamento e à adoção de políticas agrícolas. Desses problemas destacam-se a ocupação inadequada das terras e a erosão do solo, acelerada pela ação antrópica, que resulta na rápida depauperação dos solos agricultáveis, face às características geo-ambientais das unidades ocorrentes.

O levantamento do uso e ocupação da terra sempre foi uma importante ajuda para o conhecimento dos diversos tipos de uso existentes, objetivando preservar e conservar os recursos naturais de uma determinada região.

Os diversos tipos de uso ou alvos são facilmente identificados com a utilização de dados de sensoriamento remoto e os comportamentos espectrais dos alvos ou objetos detectados são feitos com o auxílio dos sensores remotos.

O desenvolvimento e aplicação de ferramentas adequadas à gestão ambiental tem, por isso, sido alvo de inúmeros estudos e pesquisas, com destaque para aplicação do geoprocessamento, que inclui Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sensoriamento Remoto, entre outros.

Dentre as diversas técnicas para avaliar e monitorar a ocupação do solo, o uso de fotografias aéreas dentro do sensoriamento remoto, representa fonte de informações quantitativas, com rico e importante potencial de dados mensuráveis dos aspectos superficiais do terreno. A ampliação do uso de tecnologias de informação espacial moderna, como o SIG tem possibilitado novas perspectivas para o estudo da ocupação do solo.

No manejo eficiente dos recursos agrícolas, as informações e o conhecimento de sua distribuição espacial são essenciais, entretanto, na maioria dos casos, são obtidas por métodos convencionais de levantamentos que requerem maior tempo, demandam pessoas qualificadas e um alto custo. O uso de sistemas de sensoriamento remoto tem permitido o acesso a essas informações de forma rápida e confiável.

Para que se possa planejar sobre determinada área ou região, há a necessidade de se obter informações seguras e atualizadas referentes ao uso da terra e sua ocupação, justificando a importância de se efetuar levantamentos periódicos desse uso com a finalidade de se obter registros dos fatos ocorridos, bem como analisar as tradições e tendências históricas da ocupação antrópica.

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as alterações espaço-temporal da citricultura no Município de Botucatu-SP, sua expansão no período de

1962 a 2005, utilizando-se de: fotografias aéreas pancromáticas de 1962, 1972 e 1977 e coloridas de 2000 e 2005, imagens de satélite Landsat 2000 e 2005, técnicas de Sensoriamento Remoto e de Sistemas de Informações Geográficas e também verificar as diferenças na determinação de áreas e perímetros, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite utilizando-se os softwares: CartaLinx, Idrisi e SPLAN.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Importância e histórico da Citricultura

Conforme Campos (1976), os citrus, já eram cultivados na Ásia mesmo antes da Era Cristã. São originários das regiões tropicais e subtropicais da Ásia e do Arquipélago Malaio e sua disseminação pelo mundo está ligada aos grandes acontecimentos históricos, tais como as conquistas de Alexandre Magno, as viagens dos navegantes portugueses e espanhóis, etc. As plantas do gênero Citrus, representadas principalmente pelas laranjeiras, limoeiros e tangerineiras, foram introduzidas no Brasil logo após seu descobrimento, pelas primeiras expedições colonizadoras.

Segundo Salibe (1974), embora as plantas cítricas tenham sido introduzidas no Brasil logo após a sua descoberta, a cultura do citrus em escala comercial data somente do início do século XIX. Marcaram a primeira fase expansionista a exportação de laranjas para a Argentina iniciada em 1916 e para a Europa dez anos mais tarde. A exportação de laranjas cresceu até alcançar 5,5 e 5,6 milhões de caixas nos anos de 1938 e 1939, respectivamente. Durante os anos da segunda guerra mundial as exportações caíram severamente e o recorde de 1939 não foi mais superado nesse período. A partir de 1963 o Brasil entrou na fase de industrialização da laranja, com a construção de uma moderna usina em Araraquara. Em seu primeiro ano de operação essa usina industrializou mais de um milhão de caixas de laranjas, sendo exportado para a América do Norte e Europa. A seguir outras

indústrias foram construídas, alcançando 60 milhões de caixas em 1972, sendo que menos de 5% do suco ficou no Brasil, sendo o seu volume exportado quase que totalmente. Tal fato causou, especialmente no Estado de São Paulo, uma verdadeira corrida para a cultura dessa frutífera.

De acordo com Koller (1994), a produção paulista está alicerçada numa forte estrutura de comercialização nacional e internacional de frutas, e principalmente na produção e exportação de suco concentrado congelado, dentre as quais a Cutrale, a Citrosuco e a Cargill dominam 70% do mercado, segundo o qual deve - se considerar não só a conquista de divisas, mas também o grande consumo interno de frutas cítricas, que contribui para o melhor nível de nutrição e saúde da população brasileira. Além disso, um elevado número de famílias obtém sustento diretamente, ou seja, no pomar ou indiretamente na comercialização e industrialização.

Em 1957, São Paulo já era o maior produtor de laranja no país, sendo seu dinamismo explicado não apenas por condições favoráveis de clima e solo, mas, sobretudo, pela postura empresarial adotada pelos citricultores paulistas na administração de seus negócios (ARANTES FILHO, 1989).

O Brasil, desde a década de 80, tornou-se o maior produtor mundial de laranjas, tendo no Estado de São Paulo, sua maior produção com cerca de 70% das caixas de laranjas produzidas e 98% da produção de suco (HASSE, 1987). É a segunda atividade em termos de importância agro-econômica do Estado de São Paulo movimentando 5 bilhões de reais por ano, segundo dados do FUNDECITRUS. Além de gerar 400 mil empregos diretos, movimenta a economia de 316 municípios paulistas e cerca de 15 municípios mineiros, sendo para estes a base da economia local.

Silva et al. (2000), argumentam que segundo dados da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, a laranja ocupava nesta época uma área de 737 mil hectares, inferior apenas à cana e às pastagens. Eram 207 milhões de árvores, 15% em fase de formação, indicando que o crescimento da produção deveria persistir nos próximos anos. Estima-se que o setor gere mais de 1 bilhão de dólares de exportações e uma arrecadação para o Estado de São Paulo de US\$ 350 milhões por ano de ICMS.

De acordo com Martinelli Junior (1999), a cultura do citrus penetrou no Estado de São Paulo inicialmente no Vale do Paraíba, nas regiões de Limeira, Sorocaba e

Campinas. O surgimento da cultura de Citrus nestas regiões pode ser atribuído a questões de ordem econômica, climática e geológica. Economicamente a cultura da laranja foi substituindo a cultura do café, usufruindo de sua infra-estrutura operacional e financeira, além disso, por ser uma cultura tipicamente de consumo urbano, sua demanda aumentava cada vez mais, resultado do processo crescente de urbanização do Brasil a partir dos anos de 1930.

Segundo Moreira e Moreira (1991), o início do processo para que o Brasil detivesse atualmente o primeiro lugar como produtor e exportador de suco concentrado ocorreu em 1962/63 com a ocorrência de uma forte geada na Flórida (Estados Unidos da América), desta forma, abriu-se a oportunidade para a exportação brasileira do suco concentrado congelado de laranja (FCOJ - *Frozen Concentrated Orange Juice*), ocasionando um aumento das áreas plantadas principalmente no estado São Paulo. A expansão que vinha sendo rápida até 1965, passou a ser “febril”.

Segundo Spreen et al. (2007), São Paulo e a Flórida, juntos, são responsáveis por mais de 80% da produção mundial de suco de laranja e que outras regiões produtoras, como Espanha, Itália, Cuba, Argentina, México e Califórnia, não possuem individualmente mais que 5% da cota da produção mundial

Comparativamente a outras culturas também se verifica a importância econômica da laranja no estado. Segundo Tsunehiro et al. (2005), na safra 03/04 a laranja para indústria ocupou o 3º lugar no valor da produção entre os principais produtos da agropecuária paulista, sendo superada pela cana-de-açúcar (1º) e pela carne bovina (2º), ficando à frente da carne de frango (4º), do milho (5º), da soja (6º) e da laranja de mesa (7º) no total da renda da agricultura paulista.

4.1.1 Clima e solo

O clima e solo são aspectos de importância fundamental na escolha de um local ou de uma região para implantação de uma produção comercial de frutas cítricas. Segundo Montenegro (1991), os fatores climáticos são mais importantes que o solo, pois estes podem ser facilmente corrigidos ou menos limitantes que os problemas climáticos, dentre os quais a temperatura seria o fator preponderante, onde podemos observar que latitudes superiores a 40º norte ou sul e temperaturas abaixo de -5º C são geralmente limitantes ao

plântio. As principais regiões cítrícolas do mundo situam-se entre os paralelos 20° e 40°, devido, principalmente, aos efeitos favoráveis da temperatura sobre a produtividade das plantas e sobre a qualidade dos frutos. O mesmo autor relata que os citrus têm extraordinárias possibilidades de adaptação aos mais variados tipos de solos. Há laranjeiras em solos argilo-silicosos, sílico-argilosos, arenosos e até mesmo nos argilosos, em solos profundos e em solos de somente 50-70 cm de profundidade. Também são pouco exigentes quanto à fertilidade do solo, porém é bom evitá-los. Os solos preferíveis são os sílicos argilosos suficientemente providos de húmus, férteis, bem drenados e profundos.

De acordo com Koller (1994), costuma-se afirmar que uma precipitação anual de 1000 a 2000 mm é satisfatória para atender as necessidades da planta, porém o mais importante é observar a distribuição das chuvas durante os meses e dias do ano. Segundo o mesmo autor, uma distribuição de chuvas ideal seria aquela em que a precipitação fosse alta nos meses quentes e que a precipitação fosse baixa nos meses mais frios, de dias curtos, nos quais a evapotranspiração é menor. Nesse contexto, o clima do estado de São Paulo se assemelha a tal situação.

4.2 Sensoriamento remoto

O termo em inglês “*Remote Sensing*” apareceu na comunidade científica internacional apenas em 1960 (BARRET e CURTIS, 1992). A rigor, entretanto, o homem se utiliza do sensoriamento remoto desde os primórdios da espécie, pois os olhos podem ser considerados, dentro das definições acima, como sensores remotos atuando nas faixas de comprimento de onda do visível. As técnicas de representar o observado evoluíram desde os toscos desenhos rupestres a detalhados e fiéis desenhos a bico de pena. Mas com o desenvolvimento da teoria da luz por Isaac Newton e com a invenção da fotografia, em 1839, pelos franceses N. Niepce, W. Talbot e L. Daguerre, o sensoriamento remoto vai perdendo, por um lado, o subjetivismo inerente aos desenhos, e por outro, o desconhecimento básico dos processos que utiliza.

O sensoriamento remoto é a ciência e a arte de se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, através da análise de dados coletados por aparelhos denominados sensores, que não entram em contato direto com os alvos em estudo

(VETTORAZZI, 1992). De acordo com o mesmo autor, os sensores podem ser classificados, de uma forma geral, em passivos e ativos. Passivos são aqueles que necessitam de uma fonte externa de REM (energia eletromagnética) para poderem operar, ou seja, utilizam a energia emitida ou proveniente de outras fontes (das quais a mais comum é o sol) que é refletida ou emitida pelo alvo. Sensores ativos são aqueles que possuem a sua própria fonte de radiação eletromagnética que é projetada sobre uma área e em seguida, estes sensores registram a energia emitida e/ou refletida pelos alvos de ocupação da área imageada.

As imagens de satélites possuem algumas características que as diferenciam de outras imagens digitais. Estas características são importantes para se entender a essência do processamento digital e, são representadas, basicamente, pela resolução e pela estrutura da imagem de satélite.

A resolução é uma medida da habilidade que um sistema sensor possui de distinguir entre respostas que são semelhantes espectralmente ou próximas espacialmente (NOVO, 1992).

O sensoriamento remoto pode ser entendido, segundo Steffen et al. (1996), como o conjunto de técnicas relacionadas com a aquisição e a análise de dados obtidos por sensores remotos. Em geral, estes sensores são sistemas óptico-eletrônicos capazes de detectar e registrar, sob a forma de imagens, o fluxo de energia radiante que é refletido ou emitido por objetos da superfície terrestre.

Segundo Freitas e Shimabukuro (2007), o sensoriamento remoto é uma ferramenta usada para identificar e quantificar a distribuição de regiões/áreas/objetos desde uma escala global até a local, sendo também utilizada para monitorar a cobertura de florestas na superfície terrestre.

Para Sabins (2000), o sensoriamento remoto pode ser definido como a técnica baseada na obtenção de dados sobre um objeto sem que haja contato físico entre o sensor e o alvo. Para que tal fenômeno ocorra é necessário que a energia seja transmitida sob a forma de radiação eletromagnética (REM).

Estes sensores decompõem a radiação incidente em diferentes comprimentos de onda (os espectrorradiômetros diferem dos radiômetros por operarem em faixas espectrais estreitas) sendo que a intensidade relativa de energia refletida pelo objeto pode ser medida de uma maneira contínua ao longo do espectro eletromagnético fornecendo

um conjunto de dados numéricos ou gráficos conhecidos como curvas ou assinaturas espectrais (NOVO, 1992)

Os sistemas de sensoriamento remoto detectam e convertem a energia eletromagnética proveniente dos objetos da superfície terrestre em um comprimento de onda característico e particular. Em decorrência das condições do terreno, ocorrem variações na intensidade de radiação eletromagnética que são comumente manifestadas pela variação de brilho e luminância sobre as imagens (SABINS, 2000).

Há, segundo Crósta (1992), três diferentes e independentes parâmetros de resolução em imagens de satélite:

a) Espacial: é a capacidade do sistema sensor “enxergar” objetos na superfície terrestre, quanto menor o objeto possível de ser visto, maior é a resolução espacial. A maneira mais comum de se determinar a resolução espacial de um sensor é pelo seu campo instantâneo de visada ou IFOV (Angular Instantaneous Field Of View). Este campo é determinado pelas propriedades geométricas do sistema sensor e define a área do terreno imageada a uma dada altitude num dado momento. O IFOV é, conseqüentemente, a resolução espacial (conceito teórico) visto que existem variações na altitude da órbita dos satélites que provocam mudanças no IFOV, mas não no tamanho do *píxel*, que é fixo e determinado pelo intervalo de amostragem do sinal recebido pelo sensor.

b) Espectral: este conceito é inerente às imagens multiespectrais de sensoriamento remoto. Ela é definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda. Quanto maior o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior é a resolução espectral de um sensor.

c) Radiométrica: é dada pelo número de níveis digitais, representando níveis de cor cinza, usados para expressar os dados coletados pelo sensor. Quanto maior o número de níveis, maior é a resolução radiométrica. O número de níveis é comumente expresso em função do número de dígitos binários (*bits*) necessários para armazenar em forma digital o valor do nível máximo. O valor de *bits* é sempre uma potência de 2.

O sistema sensor do satélite LANDSAT possui resolução radiométrica variando entre 6 e 8 *bits*, o que significa variação de 64 a 256 níveis de cinza.

Crósta (1992), afirma que qualquer imagem (fotografias aéreas, mapas) pode ser transformada em imagem digital através de um processo conhecido por

digitalização. Este processo é realizado por um equipamento periférico denominado *scanner*, que transforma uma imagem analógica em uma matriz com o número de linhas e o tamanho de cada cela pré-definidos, atribuindo para cada cela um valor de nível de cinza proporcional à tonalidade da imagem original.

A utilização de dados de sensoriamento remoto nos levantamentos do uso atual das terras, segundo Freitas Filho e Medeiros (1993), viabiliza o monitoramento de grandes áreas, áreas de difícil acesso, fazer o imageamento de grandes altitudes, possibilitando uma visão sinóptica da superfície terrestre, com repetitividade.

Barros et al. (1996), afirmam que os produtos do sensoriamento remoto são de grande valia e eficiência para o estudo de grandes áreas de ocupação do solo, com economia de tempo e redução de custos, uma vez que registram as mudanças ocorrentes na superfície da terra num determinado momento.

Segundo Rosa (1993), fazer o levantamento do uso e ocupação do solo é um dos objetivos do programa de sensoriamento remoto orbital. Os sensores orbitais são uma ferramenta poderosa porque permitem a aquisição de dados de forma global, confiável, rápida e repetitiva da área de interesse.

Para Rodrigues (2000), a análise do uso e cobertura do solo, através de informações obtidas pelo sensoriamento remoto, é de grande utilidade ao planejamento e administração da ocupação ordenada e racional do meio físico, além de possibilitar avaliar e monitorar a preservação de áreas de vegetação natural. Segundo a autora, o sensoriamento remoto é uma ferramenta de grande valia para auxiliar o homem na caracterização do meio físico, biótico e de áreas submetidas ao processo de antropismo.

No sensoriamento remoto, a maioria dos sensores para quantificar a radiação eletromagnética proveniente dos alvos na superfície da Terra, utiliza como fonte a radiação do sol, exceto os sensores ativos (radares e laser) que possuem suas próprias fontes de radiação, os quais podem detectar informações sobre a superfície terrestre sob qualquer condição atmosférica.

A radiação eletromagnética é uma forma de transmissão da energia que consiste na aceleração de uma carga elétrica que provoca perturbações no campo elétrico e magnético, se propagando no vácuo (NOVO, 1992). Quando essa radiação interage com a

matéria, o resultado desta interação dependerá das propriedades elétricas e magnéticas do material.

4.3 Fotografias aéreas, fotogrametria e fotointerpretação

Derivado das palavras gregas *photos* (relativo à luz) e *gramma* (desenho ou escrita de algo) e *metron* (ato ou efeito de fazer medições), o termo fotogrametria se refere à arte, ciência e tecnologia que trata de procedimentos destinados à obtenção de informações confiáveis a partir da análise dos parâmetros de determinados objetos físicos e do ambiente que os envolve, quando retratados através de imagens fotográficas. Essas informações podem ser provenientes da aplicação de duas áreas da fotogrametria: a métrica e a interpretativa. A primeira trata especificamente da localização relativa de pontos, determinando distâncias, ângulos, áreas, volumes, elevações, tamanhos e formas dos objetos existentes na superfície. Já a segunda se refere à aplicação de procedimentos de análise para reconhecer e definir a semântica desses objetos. As duas áreas quando associadas, se encarregam de registrar, medir e interpretar as imagens e os padrões de energia eletromagnética a elas associados para, posteriormente, gerar mapas e detectar alterações nas superfícies retratadas (WOLF, 1983).

Fotointerpretação é o processo analógico pelo qual se identificam objetos em imagens fotográficas. A fotointerpretação não possui um campo de atuação exclusivo devendo ser considerada mais como uma técnica do que uma ciência. Não existe um profissional fotointérprete, o que existe são profissionais que, dentro de suas especialidades, usam a fotointerpretação com diferentes intensidades. Dentro de uma escala de complexidade crescente das técnicas fotointerpretativas, Lueder (1959) determinou três níveis distintos: a fotoidentificação, a fotoanálise e a fotointerpretação. Esta última foi dividida em seis estágios, sendo eles a detecção, o reconhecimento e identificação, a análise ou delimitação, a dedução, classificação e idealização.

Segundo Ricci e Petri (1965), o uso de fotografias aéreas como instrumento enriquecido do conhecimento humano nasceu da necessidade de mapear grandes áreas com economia de tempo e despesas. A utilização dessa técnica teve início durante a 1ª

guerra mundial, e seus princípios foram largamente desenvolvidos em decorrência de dois grandes conflitos armados que flagelaram a humanidade.

As fotografias aéreas apresentam-se como único instrumento capaz de representar as formas e o arranjo espacial das plantas, individualmente ou em associações. Tais como são, não podem ser consideradas como mapas, porém, a partir destas, através de métodos fotogramétricos, usando-se a geometria sólida e plana, pode-se fazer mapas planimétricos e topográficos (MARCHETTI e GARCIA, 1977).

O emprego de fotografias aéreas tem sido de grande valia, principalmente pela redução do tempo do trabalho de campo e custos. Para Silva et al. (2007) a fotointerpretação atingiu os resultados pretendidos, no mapeamento geotécnico da área de estudo, partindo da avaliação das propriedades mais simples e evidentes. A função principal da fotointerpretação não é substituir o levantamento de campo, mas proporcionar subsídios para identificação de fatores que facilitem o processo de mapeamento. A fotointerpretação da paisagem terrestre indica os elementos ligados à topografia e solo, os quais podem ser avaliados no âmbito da bacia hidrográfica por suas características morfométricas.

Para Garcia e Marchetti (1977), as fotografias pancromáticas apresentaram uma eficiência média no estudo da vegetação de 94,30% quando comparadas com imagem radarmétrica (65,50%) e imagem de Landsat (83,80%), porém, tem contra si o custo unitário e que as imagens de satélite por serem mais econômicas e por imagearem uma área maior, representam excelente material para o mesmo estudo, mas não oferecem a mesma precisão das fotografias aéreas convencionais.

É indiscutível a importância do uso das fotografias aéreas nos levantamentos de solos e vegetação. Rabben (1960), atribui a utilidade das fotografias a três fatores:

- a) a área expressiva coberta por uma fotografia aérea, ou seja:
- 33 km² na escala aproximada de 1:25000
 - 5,29 km² na escala aproximada de 1:10000
 - 3,39 km² na escala aproximada de 1:8000
 - 1,32 km² na escala aproximada de 1:5000

b) visão tridimensional da superfície, através da observação de pares estereoscópicos;

c) as imagens dos objetos registrados nas fotografias são permanentes e não tendenciosas, o que permite investigação detalhada e cuidadosa da área no momento que o intérprete achar conveniente.

Ainda Rabben (1960), relata que as fotografias aéreas verticais possuem algumas limitações tais como: escala utilizada, filme utilizado, época de vôo (durante o ano) e a sofisticação tecnológica. A escala determina a resolução fotográfica e o seu grau de fidelidade.

4.4 Cartas, mapas e plantas

Segundo Harley (1987), um dos teóricos que mais influenciaram o processo renovador da história da cartografia, em um dos seus ensaios seminais, mostrou como esse campo disciplinar consolidou-se ao longo do século XIX, quando se intensificou o interesse pela pesquisa dos mapas antigos, enquanto uma arena distinta da cartografia contemporânea. Segundo esse autor, o impulso principal desse movimento crescente, especialmente após 1850, decorreu da emergência e institucionalização da Geografia enquanto ciência, aliado ao crescimento dos acervos cartográficos das nações em formação e ao desenvolvimento, na Europa e nos Estados Unidos, de um mercado antiquário de mapas.

A provável origem da palavra mapa parece ser cartaginesa, com o significado de “toalha de mesa”. Essa conotação teria derivado das conversas realizadas por comerciantes que, desenhando sobre as ditas toalhas, os mapas, identificavam rotas, caminhos, localidades e outros tantos informes gráficos auxiliares aos seus negócios.

Com o passar dos tempos, diversas terminologias foram sendo agregadas para definir tais representações, cada uma com sua especificidade. Os termos cartas e plantas, além dos já citados mapas, são usados, muitas vezes, como sinônimos, o que deve ser encarado com certos cuidados. (FITZ, 2008)

Por causa de suas próprias características, a terminologia de mapa ou carta é utilizada diferentemente, de acordo com o país e o idioma correspondente. No caso do

Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) confere as seguintes definições (OLIVEIRA, 1993):

- Mapa: “representação gráfica, em geral uma superfície plana e numa determinada escala, com a representação de acidentes físicos e culturais da superfície da Terra, ou de um planeta ou satélite”
- Carta: “representação dos aspectos naturais e artificiais da Terra, destinada a fins práticos da atividade humana, permitindo a avaliação precisa de distâncias, direções e a localização plana, geralmente em média ou grande escala, de uma superfície da Terra, subdividida em folhas , de forma sistemática, obedecendo a um plano nacional ou internacional.”

O mapeamento topográfico por cartas topográficas congrega o conjunto de procedimentos que têm por finalidade a representação do espaço territorial brasileiro, de forma sistemática, por meio de séries de cartas gerais, contínuas, homogêneas e articuladas, elaboradas seletiva e progressivamente, em consonância com as prioridades conjunturais (IBGE, 2010).

O olho humano permite distinguir uma medida de aproximadamente 0,1 mm. Contudo, um ponto só será perceptível com valores em torno de 0,2 mm de diâmetro. Dessa forma, a precisão gráfica de um mapa está diretamente ligada a este valor fixo de 0,2 mm, estabelecendo-se assim, em função direta da escala, a precisão das medidas da carta (ROCHA, 2000).

4.5 Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

O geoprocessamento é a área de conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e têm influenciado, de maneira crescente, diversas áreas do conhecimento como: cartografia, análise de recursos naturais, comunicações, transportes, energia, planejamento urbano e regional (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

Segundo 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 a 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. Este conjunto possui como principal ferramenta o Geographical Information System - GIS, ou Sistema de Informação Geográfica - SIG.

Para Teixeira et al. (1992), informação geográfica é o conjunto de dados cujo significado contém associações ou relações de natureza espacial. Esses dados podem ser apresentados em forma gráfica (pontos, linhas e polígonos), numérica (catálogos numéricos) ou alfa-numérica (combinação de letras e números). Um sistema de informação geográfica (SIG) utiliza uma base de dados computadorizada que contém informação espacial (os aspectos do meio natural como relevo, solo, clima, vegetação, hidrografia 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). Baseia-se numa tecnologia de armazenamento, análise e tratamento de dados espaciais, não espaciais e temporais e na geração de informações correlatas.

Um SIG pode ser definido como um sistema provido de quatro grupos de aptidões para manusear dados georreferenciados: entrada, gerenciamento, manipulação, análise, e saída. Os dados são georreferenciados quando estes possuem basicamente duas características: dimensão física e localização espacial (ARONOFF, 1989).

Os SIG's, via de regra, possuem a eles associado um banco de dados geográficos (georreferenciado e relacional) que, além de dados convencionais, possuem também informações como a localização, tipo de entidade geométrica, valores de altimetria, entre outros. Através desses bancos de dados pode ser gerenciada uma grande quantidade de informações em meio digital. Com isso, o usuário ganha em agilidade, facilitando o acesso e manipulação a diferentes tipos de dados. A disponibilização das tecnologias de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento tem contribuído como subsídios na estruturação e

implementação de planos de gestão de uma área, bem como para a tomada de decisões por parte do poder público local (ROSSETTI, 2007).

Para Burrough (1986), os dados geográficos provindos do SIG descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes, como a cor, pH, custo, incidência de pragas, etc. e das relações topológicas existentes. Portanto, um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa de previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real.

Assad (1993), comenta que a grande contribuição dos SIG's é o fato de minimizarem a complexidade e o grau de subjetividade de estimativas feitas a partir de cruzamentos realizados de forma manual, isto porque, na avaliação da aptidão agrícola de terras, para agricultura ou para outro fim específico, é necessário considerar aspectos diversos sobre o meio ambiente (solos, clima, recursos hídricos, vegetação, infra-estrutura, ocupação humana etc.) que, quando existem, encontram-se em formatos diferentes (textos, mapas, tabelas, fotografias aéreas, imagens de satélite).

Buzai e Duran (1997) definem a tecnologia da geoinformática como todo tipo de aplicação computacional destinada à gestão e manejo de dados geográficos, que na última década converteram-se em uma importante ferramenta auxiliar para a geração de respostas e soluções às problemáticas sócio espaciais e ambientais. Os mesmos autores consideram que o tratamento integrado da informação gráfica em forma de mapas e de dados alfanuméricos associados as diferentes temáticas, tem requerido o desenvolvimento de modernas tecnologias destinadas a realizar um manejo eficaz de uma quantidade de informações inconstantemente crescente que provêm de fontes muito diversas.

Cada especialista lida com conceitos específicos de sua disciplina (exclusão social, fragmentos, distribuição mineral). Para utilizar um SIG, é preciso que cada um deles transforme os conceitos de sua disciplina em representações computacionais. Após esta tradução, torna-se viável compartilhar os dados de estudo com outros especialistas (eventualmente de disciplinas diferentes). Em outras palavras, quando falamos que o espaço é uma linguagem comum no uso do SIG, estamos nos referindo ao espaço computacionalmente representado e não aos conceitos abstratos de espaço geográfico (CÂMARA et al., 2004).

Um grande problema quanto aos usuários de ferramentas de geoprocessamento, é a não diferenciação, talvez por inexperiência, de sistemas CAD (Projeto Auxiliado por Computador) e SIG. Assim, vale caracterizar suas diferenças: CAD é uma ferramenta para captura de desenhos em formato legível através de um computador, sendo que em sua modelagem, os dados são tratados como desenhos em coordenadas de papel; um SIG, no entanto, é mais complexo em sua estrutura computacional, apresentando componentes essenciais tais como, interface com o usuário, entrada e integração de dados, consulta, análise espacial e processamento de imagens, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados (banco de dados geográficos). No SIG, todos estes componentes se inter-relacionam de forma hierárquica (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

Para as etapas de trabalhos, Assad (1995) citou os procedimentos mais adequados a serem seguidos:

1. Definição de uma escala de trabalho e unidades de medidas;
2. Entrada de dados;
3. Transformação dos dados quando necessário;
4. Obtenção de novos planos de informação, mediante reclassificação, cruzamento e cálculos sobre os dados de entrada;
5. Saída dos dados.

4.6 Sistema de Informações Geográficas - IDRISI

O Sistema de Informações Geográficas - IDRISI, desenvolvido e lançado em 1987, pela Clark University, Massachussets, é baseado na forma raster de representação de dados. 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. Outro aspecto interessante do IDRISI é o fato de permitir migração direta dos dados para outros SIG's, como por exemplo, para o ERDAS ou ArcInfo. É um sistema que se adequa às atividades de pesquisa e ensino devido a sua estrutura modular, o que permite o desenvolvimento de novos módulos com o conhecimento mínimo da estrutura interna de funcionamento. De acordo com o mesmo autor, a estrutura de representação de dados espaciais geométricos pode ser subdividida em raster e vetorial. 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 píxels.

Através do módulo *resample* do SIG-IDRISI, pode-se demonstrar que o sistema é capaz de prover eficazmente o refinamento geométrico de imagens fotográficas, requerendo para tanto, a definição de um conjunto de pontos de controle com coordenadas de carta e imagem bem identificadas. Sua funcionalidade é realçada por sua compatibilidade com sistemas baseados em microcomputadores (MENDONÇA, 1996).

Rocha et al. (1996) afirmam que as tecnologias desenvolvidas dentro das áreas de sensoriamento remoto e geoprocessamento ganharam impulso nos últimos anos e atualmente, apesar de conservarem-se como técnicas com campo de atuação diferente, tornaram-se dependentes mutuamente, estando integradas nos trabalhos sobre usos do solo e monitoramento de processos evolutivos, não se concebendo a utilização de uma sem o apoio da outra.

Conforme relata Piroli et al. (1999), o Sistema de Informação Geográfica - IDRISI permitiu determinar o uso da terra de maneira rápida, com baixo custo e boa precisão. Segundo o mesmo autor, as informações geradas serviram de subsídio para o planejamento de atividades relacionadas à ocupação agrícola regional.

Simões et al. (1999), mapeando áreas de risco potencial à erosão no alto do Rio Pardo, Pardinho, SP, através do SIG-IDRISI, constatou que na região 17,34% (935,54 ha) apresenta-se na classe de baixo risco, 67,40% (3636,89 ha) na classe de médio risco, 14,7% (793,34 ha) em risco alto e 0,56% (30,56 ha) encontra-se com alto risco de erosão. O mapa obtido permite a diagnose dos processos erosivos, levando a técnicas preventivas para mitigar ou evitar os impactos das atividades humanas.

4.7 Sistema Landsat

Segundo Campos (1996), as imagens de satélite são obtidas através de sinais enviados por sensores instalados em plataformas orbitais denominados satélites. No Brasil, os sistemas mais utilizados são o Landsat e o Spot.

Cada cena *Full Frame* produzida pelo Landsat, recobre uma área de 185 x 185 km (6167 x 6167 *pixels*) e pode ser subdividida em quadrantes de 92 x 92 km (3083 x 3083 *pixels*). O sensor TM coleta as informações na região entre 0,450 e 2,350 μm do espectro eletromagnético, ou seja, nas faixas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio, separadas em seis bandas espectrais com resolução espacial de 30 metros. Coleta também informações na região do espectro entre 10,4 e 12,5 μm , faixa do infravermelho distante ou termal, a partir de uma banda com resolução espacial de 120 metros. O Landsat - 5 armazena os dados de cada banda em 256 níveis de cinza, 8 bits por *pixel*, em arquivos de aproximadamente 37 Mb por banda (NASA, 2009).

Pinto (1991), destaca que a utilização de imagens orbitais obtidas através do Landsat, tem se intensificado na medida em que suas potencialidades em diferentes aplicações temáticas têm sido demonstradas e os resultados concretos foram alcançados, sendo os melhores resultados encontrados na discriminação de alvos que ocorrem na superfície, para mapeamentos e monitoramento ambiental, destacando-se as imagens orbitais pelas suas características espectrais e pela sua repetitividade.

O sensor TM é um sistema avançado de varredura multiespectral concebido para proporcionar resolução espacial mais fina, melhor discriminação espectral entre objetos da superfície terrestre, maior fidelidade geométrica e melhor precisão radiométrica quando comparado ao MSS. Além disso, a radiação refletida pelos alvos da superfície terrestre é coletada e decomposta por meio de filtros em 7 bandas sendo as bandas 1, 2 e 3 na faixa do visível; bandas 4, 5 e 7 no infravermelho próximo e a banda 6 na faixa do infravermelha distante-termal.

A órbita do satélite LANDSAT-5 é de aproximadamente 98° de inclinação, posicionando-se de forma hélio-síncrona e girando em órbita da Terra a uma altitude de 705 km. Passa sobre uma mesma área da superfície terrestre (resolução temporal) a cada 16 dias e cada imagem cobre uma área de 185 por 185 km (CHUVIECO e CONGALTON, 1990; FLORENZANO, 2002).

As principais aplicações das imagens dos satélites LANDSAT são: acompanhamento do uso agrícola das terras; apoio ao monitoramento de áreas de preservação; atividades energético mineradoras; cartografia e atualização de mapas; desmatamentos;

detecção de invasões em áreas indígenas; dinâmica de urbanização; estimativas de fitomassa; monitoramento da cobertura vegetal; queimadas, secas e inundações, sedimentos em suspensão nos rios e estuários (BATISTELLA et. al., 2010).

4.8 Análise temporal

Vários estudos têm sido realizados com o objetivo de monitorar a vegetação através de dados multiespectrais e temporais (RODRIGUES, 2000).

Valente (1996) mostrou a utilidade das técnicas de sensoriamento remoto e dos sistemas de informações geográficas na determinação de ocupação do solo na região metropolitana de Porto Alegre. Neste estudo, ficou evidenciada a importância do uso de dados multiespectrais e temporais para atualização dos mapas existentes de cobertura vegetal e de uso da terra.

Moraes et al. (1993), verificaram que a utilização de fotografias aéreas pancromáticas, de 1952 e 1980, permitiu fazer a identificação da cobertura do solo em diferentes épocas, quantificar as categorias interpretadas e mapeadas, realizar a análise do dinamismo da ocupação do solo e a distribuição espacial das diferentes categorias de uso da terra.

Deganutti e Barros (2001) utilizaram o SIG-Idrisi para quantificar e analisar a distribuição de áreas de diversas ocupações do solo (campo sujo, cultura, eucalipto, mata, pastagem e várzea), das fazendas Lageado e Edgardia, Botucatu-SP, nos anos de 1962, 1985 e 1998, através da utilização de fotografias aéreas e imagens do satélite LANDSAT.

Ao longo das últimas décadas os dados de sensoriamento remoto tem sido utilizados para o mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal natural de forma eficiente. Além disso tem se multiplicado os softwares para processamento digital de imagens, facilitando assim, o uso de imagens de satélite (BRITO e PRUDENTE, 2005). Uma das vantagens de se utilizar o sensoriamento remoto para interpretação do uso do solo e cobertura vegetal natural é que as informações podem ser atualizadas devido à característica de repetitividade de aquisição das imagens.

Yao Jai e Zhang Zeng-Xiang (2003) e Zhongfeng Li e Xuemei Li (2004), utilizaram os conhecimentos de sensoriamento remoto para analisar mudanças temporais na China. Estes trabalhos avaliaram séries históricas de uso e cobertura da terra mostrando sua dinâmica e permitindo a identificação e localização de áreas que sofreram sérias alterações. Além disso, puderam mostrar que áreas não utilizadas ou subutilizadas foram ocupadas durante o período estudado. A partir daí infere-se que pode ter havido um aprimoramento de técnicas de uso da terra, ou algum tipo de incentivo por parte do governo para ocupação de tais áreas.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

5.1.1 Caracterização geral da área em estudo

O município de Botucatu (Figura 1) apresenta uma área de 148300 ha, situando-se geograficamente entre as coordenadas: latitude 22° 35' à 23° 06' S e longitudes 48° 12' à 48° 52' WGr. Os solos da região descritos por Oliveira (1999) foram: LVA (Latosolos Vermelho – Amarelos), NV (Nitossolos Vermelhos), PVA (Argissolos Vermelho-Amarelos).

O clima predominante no município de Botucatu é segundo o sistema de Köpen do tipo Cfa – clima temperado chuvoso e direção do vento predominante é a sudeste (SE). A temperatura média anual na região é de 20,2°C, sendo que a temperatura média dos meses mais quentes é de 23,2°C e de 16,9°C nos meses mais frios (MARTINS, 1989). A precipitação anual média de 1447 mm, ocorrendo uma precipitação média no mês mais chuvoso de 223,4 mm e 37,8 mm no mais seco.

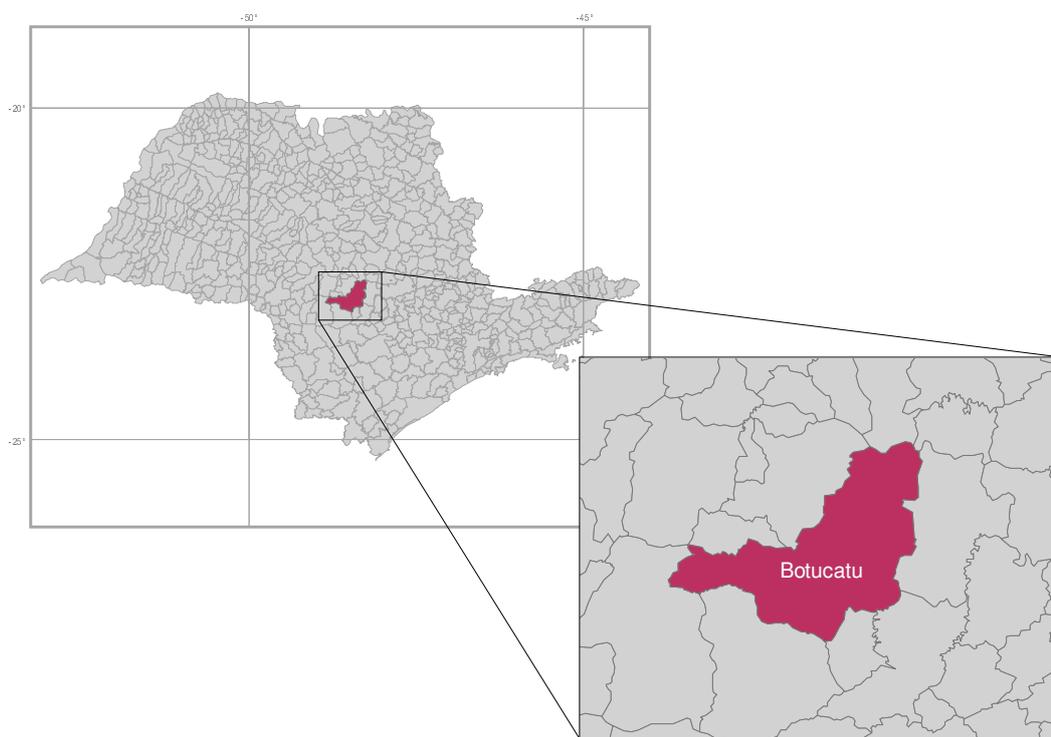


Figura 1. Localização do município de Botucatu – SP.

5.1.2 Bases cartográficas

Foram utilizadas como base cartográfica as Cartas do Brasil, em escala 1:50000, editadas em 1969, 1970, 1973 e 1974 pelo IBGE com curvas equidistantes verticalmente de 20 em 20 metros, abrangendo o município de Botucatu, folhas: Pratânia, SF-22-Z-B-V-4; Rio Palmital, SF-22-Z-B-V-3; Botucatu, SF-22-R-IV-3; Itatinga, SF-22-Z-D-II-2; Barra Bonita, SF-22-Z-B-VI-1; Santa Maria da Serra, SF-22-Z-B-VI-2; Pardinho, SF-22-X-II-I; Anhembi, SF-22-R-IV-4; São Manuel, SF-22-Z-B-V-2.

As áreas citrícolas de 1962 e 1972 foram obtidas de fotografias aéreas pancromáticas provenientes das coberturas aerofotogramétricas do Estado de São Paulo, com escala nominal aproximada de 1:25000 e de 1977 escala 1:45000, bem como fotografias aéreas coloridas de 2000 e 2005 escala 1:30000, todas com recobrimento longitudinal de aproximadamente 60% e 30% na lateral. As imagens de satélite, bandas 3, 4 e 5 do sensor “Thematic Mapper” do LANDSAT – 5, correspondente à órbita 220, ponto 76, quadrante A,

referente a data de passagem de 16 de junho de 2000 e 01 de agosto de 2005, escala 1:50000, foram utilizadas para determinação das áreas citrícolas de 2000 e 2005.

5.1.3 Equipamentos utilizados

No desenvolvimento do trabalho foi utilizado um notebook HP com processador AMD Turion™ X2 Ultra Dual Core; 3.0 GB de memória RAM; winchester de 250 GB; com sistema operacional Windows Vista.

Para entrada das informações, referentes ao limite e as áreas citrícolas do Município de Botucatu foi utilizado o scanner da impressora HP Photosmart C4480.

5.1.4 Aplicativos

O Sistema de Informações Geográficas Idrisi 15.0 Andes foi utilizado no processamento das informações georreferenciadas e na conversão dos dados vetoriais em raster.

O aplicativo CartaLinx 1.2 foi utilizado na vetorização do limite do município obtido através das cartas planialtimétricas e das áreas citrícolas obtidas de fotografias aéreas pancromáticas e coloridas e de imagens LANDSAT-5 TM.

O aplicativo SPLAN – Sistema de Planimetria Digitalizada (SILVA, 1993), da mesa digitalizadora, foi utilizado na vetorização das áreas citrícolas obtidas de fotografias aéreas pancromáticas e coloridas.

5.2 Métodos

5.2.1 Delimitação da área do município

O limite da área do Município de Botucatu (SP) foi obtido das Cartas Planialtimétricas do IBGE, sendo posteriormente vetorizado no CartaLinx e exportado para o SIG-Idrisi Andes 15.0.

5.2.2 Obtenção do mapa da área citrícola de Botucatu (SP) por meio de fotografias aéreas pancromáticas e coloridas

Foram utilizadas fotografias aéreas pancromáticas e coloridas e cartas planialtimétricas.

A observação estereoscópica dos pares de fotografias aéreas pancromáticas e coloridas foi realizada com o auxílio do estereoscópio de espelho marca Wild, modelo ST-4 e a transferência dos elementos de interesse decalcados das fotos para o mapa base foi efetuada com o auxílio do Aerosketchmaster Carl Zeiss, Yena.

Na obtenção do mapa das áreas citrícolas de 1962, 1972, 1977, 2000 e 2005 foram feitas, inicialmente, uma montagem de todo o conjunto de fotografias aéreas correspondentes à área do Município, sendo em seguida traçadas linhas de vôo e a delimitação da área útil, conforme Coelho (1972); a seguir, com o auxílio da estereoscopia foram decalcadas, em filme de poliéster Terkron D-50 microns, as áreas de citrus, objeto de estudo.

O mapa das áreas citrícolas obtido em filme poliéster Terkron D-50 microns foram scanerizados para o georreferenciamento da imagem no SIG-Idrisi. Em seguida o arquivo georreferenciado foi vetorizado no CartaLinx e exportado para o SIG-Idrisi para conversão do arquivo vetorial para raster.

5.2.3 Obtenção do mapa das áreas citrícolas de Botucatu (SP) por meio de imagens de satélite

O mapa da área citrícola de Botucatu (SP) foi obtido a partir de dados coletados pelo sensor Thematic Mapper, do Landsat-5, no formato digital, composição colorida das bandas TM3, TM4 e TM5, em escala 1:50000, referentes à órbita 220, ponto 76, quadrante A, passagem de 2000 e 2005.

O georreferenciamento da área de estudo foi realizado no SIG-Idrisi, sendo os pontos de controle obtidos de outra imagem georreferenciada do LANDSAT-5 TM de 2007. Em seguida o arquivo georreferenciado foi recortado, de modo a restringir-se a área de estudo, ou seja, o Município de Botucatu. Posteriormente foi elaborada uma composição falsa cor com a combinação das bandas 3, 4 e 5, pois esta apresenta uma boa discriminação

visual dos alvos, possibilitando a identificação dos padrões de uso da terra de maneira lógica. Esta composição apresenta os corpos d'água em tons azulados, as florestas e outras formas de vegetações em tons esverdeados e os solos expostos em tons avermelhados. Finalmente o arquivo foi vetorizado no CartaLinx e exportado para o SIG-Idrisi, onde foi convertido em raster.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Expansão da citricultura no município de Botucatu

A metodologia utilizada na presente pesquisa permitiu realizar estudos sobre a ocupação do solo pela citricultura no Município de Botucatu de acordo com as épocas consideradas, as quais permitiram uma análise temporal da expansão citrícola na região em um período de 43 anos.

Para tanto foram utilizadas metodologias tradicionais como estereoscópios de espelho e aerosketchmaster decalcando e ortorretificando as áreas de interesse das fotografias aéreas e também técnicas modernas como a utilização de imagens de satélite associados aos Sistemas de Informações Geográficas, tendo como base as cartas do IBGE.

6.1.1 Análise dos resultados para ocupação do solo pela citricultura, referente aos anos de 1962, 1972 e 1977.

A ocupação citrícola no Município de Botucatu nos anos de 1962, 1972 e 1977, analisada por meio de fotografias aéreas apresentava uma área de 78,55 ha (Tabelas 1, 2 e 3), épocas em que este tipo de cultura não era cultivada para fins comerciais e sim para consumo interno; tais áreas apresentavam-se distribuídas em várias partes do

Município de Botucatu. Tal afirmação pôde ser constatada nas fotografias aéreas de 2000 e 2005, onde estas plantas foram substituídas por pastagens. (Figuras 2 e 3).

Tabela 1. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas de 1962 -1972 -1977.

	Carta Linx	Idrisi	Diferença		
			ha	km	%
Área (ha)	78,55	78,55	0,00	-	0,00
Perímetro (km)	4,82	5,98	-	1,16	24,06

Tabela 2. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo Carta Linx e SPLAN, por meio de fotografias aéreas de 1962 -1972 -1977.

	Carta Linx	SPLAN	Diferença		
			ha	km	%
Área (ha)	78,55	77,45	-1,10	-	-1,40
Perímetro (km)	4,82	4,66	-	-0,16	-3,32

Tabela 3. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e SPLAN, por meio de fotografias aéreas de 1962 -1972 -1977.

	Idrisi	SPLAN	Diferença		
			ha	km	%
Área (ha)	78,55	77,45	-1,10	-	-1,40
Perímetro (km)	5,98	4,66	-	1,32	28,32

Pode-se ressaltar que neste período já estava sendo iniciada a expansão citrícola na região, porém não dentro do limite do Município de Botucatu; destaca-se a Fazenda Morrinhos, no Município de Itatinga, como uma das pioneiras da região, sendo que a atividade citrícola teve início por volta da década de 70.

Analisando os dados inseridos na Tabela 1, constata-se que os valores de área citrícola obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx são idênticas, porém nos perímetros apresentaram diferenças de 1,16 km, representando 24,06 %. Entretanto, nas áreas obtidas pelo Carta Linx e SPLAN (Tabela 2), constatou-se uma diferença de 1,10 ha (1,40%), e que nos perímetros a diferença foi de 0,16 km (3,32 %). Ressalta-se que o Carta Linx apresentou

dados mais próximos da verdade terrestre, ou seja, obtidos de fotografias aéreas verticais. No entanto, as áreas obtidas pelo Idrisi e SPLAN (Tabela 3), apresentaram uma diferença de 1,10 ha (1,40%), porém quando comparados os perímetros, a diferença obtida foi de 1,32 km, o que representa 28,32%. Neste caso, a determinação das áreas pelo Idrisi foi considerada mais próxima da verdade terrestre e para os perímetros o SPLAN foi o mais preciso (Figuras 2 e 3).

Segundo Silva (2009), isto se deve ao fato de os softwares gerarem matrizes (imagens) para que seja realizado o cálculo, considerando o número de pixels e o formato raster, respectivamente. Tal explicação se aplica ao SIG-Idrisi, pois o SPLAN e o Carta Linx trabalham com arquivos vetoriais, o que confere maior precisão.

Silva (2009), estudando métodos de determinação de áreas e perímetros, utilizando os SIG's ArcView e Idrisi, encontrou as mesmas discrepâncias no que se refere ao SIG-Idrisi, para a determinação de perímetros, entretanto quando foi utilizado o SIG-ArcView, este se mostrou mais próximo da verdade terrestre.

Campos et al. (2008), estudando métodos comparativos para elaboração de carta clinográfica, concluíram que o método manual (Ábaco), é o mais preciso, embora demande mais tempo na sua elaboração; e que os SIG's Idrisi e Spring, apresentaram discrepâncias em relação ao referido método.

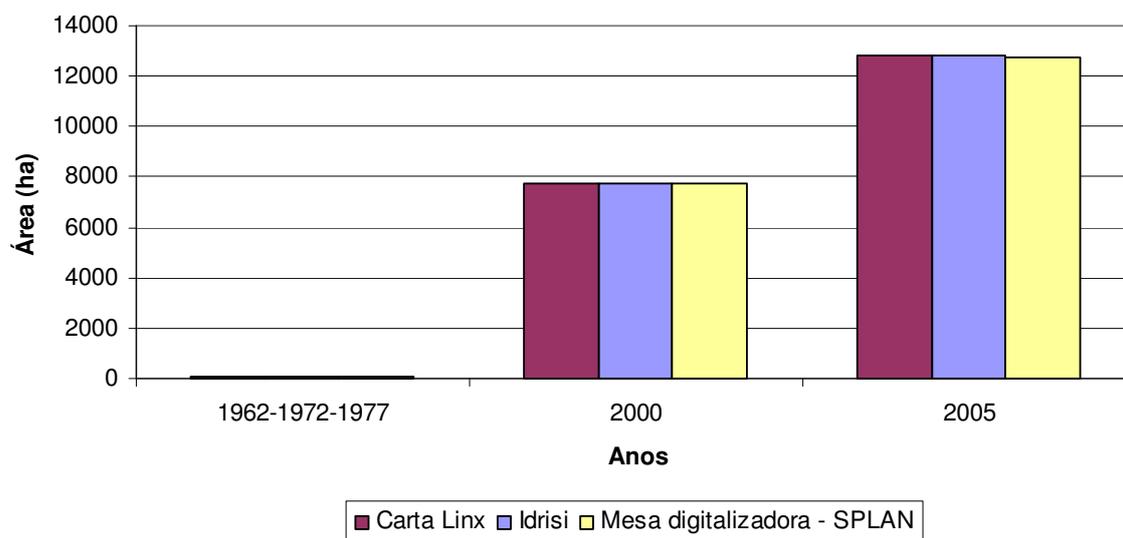


Figura 2. Áreas citrícolas (ha), Botucatu-SP, obtidas pelo SIG-Idrisi, Carta Linx, e SPLAN, por meio de fotografias aéreas, em um período de 43 anos.

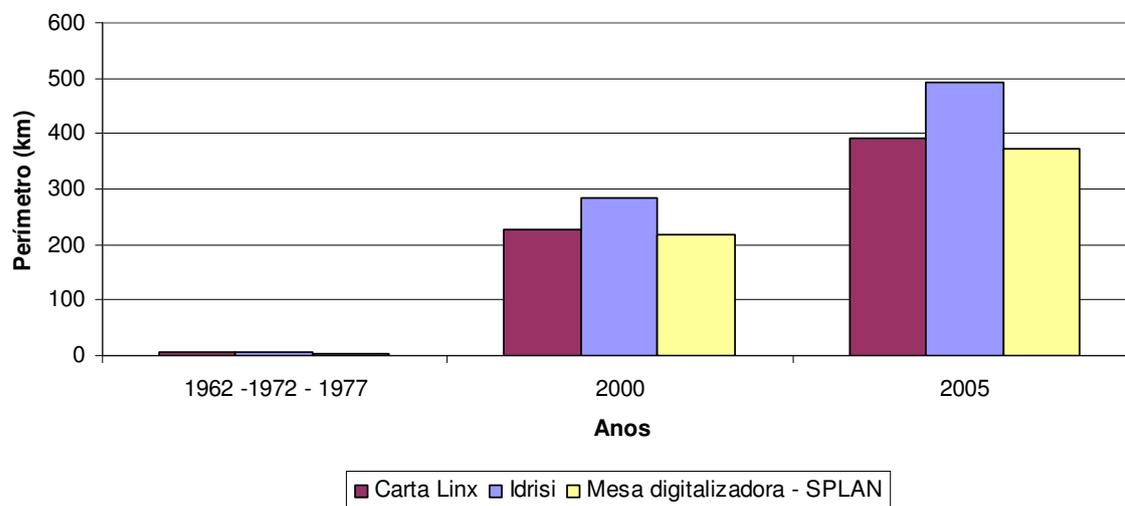


Figura 3. Perímetro das áreas citrícolas (km), Botucatu-SP, obtidos pelo SIG-Idrisi, Carta Linx, e SPLAN, por meio de fotografias aéreas, em um período de 43 anos.

6.1.2 Análise dos resultados para ocupação do solo pela citricultura, referente ao ano de 2000, por meio de fotografias aéreas.

O Município de Botucatu em 2000 (Figura 4), apresentava uma área citrícola de 7745,48 ha (Tabelas 4, 5), área esta que aumentou, conforme pode ser verificado nas fotografias aéreas de 2005. Pode-se observar que havia maior concentração das áreas citrícolas na região nordeste do Município, próxima a represa da Barra Bonita e outras áreas fragmentadas a sudoeste (Figura 4). Ressalta-se que neste ano áreas citrícolas da Fazenda Morrinhos já haviam se expandido para dentro do limite do Município de Botucatu.

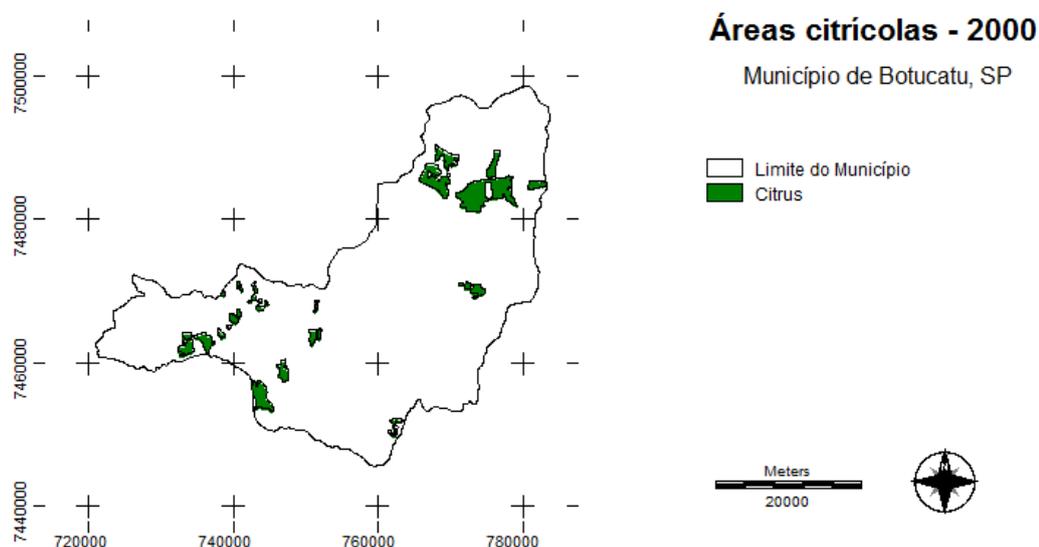


Figura 4. Áreas citrícolas, Botucatu-SP, 2000.

Pode-se observar que a área obtida no SIG-Idrisi e Carta Linx (Tabela 4), foram próximas, sendo a diferença de 0,66 ha, representando 0,01%, porém nos perímetros, as diferenças foram maiores, sendo de 55,42 km (24,24 %). No entanto, as áreas obtidas pelo Carta Linx e SPLAN (Tabela 5), apresentaram uma diferença de 1,81 ha, o que representa 0,03%, porém nos perímetros, a diferença obtida foi de 12,25 km, representando 5,25 %. Ressalta-se que o Carta Linx, foi considerado o mais próximo da verdade terrestre. No que se refere às áreas obtidas pelo SIG-Idrisi e SPLAN (Tabela 6), a diferença apresentada foi de 2,46 ha (0,03 %), e na determinação dos perímetros a diferença obtida foi de 67,66 km, representando 31,27%. Desta forma, para a determinação das áreas, o SIG-Idrisi foi considerado o mais próximo da verdade terrestre, enquanto que na determinação dos perímetros o SPLAN foi considerado o mais preciso (Figuras 2 e 3).

Tabela 4. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas de 2000.

	Carta Linx	Idrisi	Diferença		
			ha	km	%
Área	7745,48	7746,14	0,66	-	0,01
Perímetro	228,60	284,02	-	55,42	24,24

Tabela 5. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo Carta Linx e SPLAN, por meio de fotografias aéreas de 2000.

	Carta Linx	SPLAN	Diferença		
			ha	km	%
Área	7745,48	7743,67	-1,81	-	-0,03
Perímetro	228,60	216,35	-	-12,25	-5,25

Tabela 6. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e SPLAN, por meio de fotografias aéreas de 2000.

	Idrisi	SPLAN	Diferença		
			ha	km	%
Área	7746,14	7743,68	-2,46	-	-0,03
Perímetro	284,02	216,36	-	67,66	31,27

6.1.3 Análise dos resultados para ocupação do solo pela citricultura, referente ao ano de 2005, por meio de fotografias aéreas.

O Município de Botucatu, em 2005 (Figura 5), apresentava uma área citrícola de 12801,01 ha (Tabelas 7, 8 e 9), sendo que as áreas que expandiram-se, eram ocupadas no ano de 2000, por pastagem de forma predominante, campo sujo, solos preparados para agricultura e eucalipto, conforme foi verificado nas fotografias aéreas do referido ano.

Tal expansão pode ser verificada em área e produção, graças à organização da cadeia produtiva da fruta, domínio da tecnologia de produção e,

principalmente, pela condição de ser uma alternativa agrícola em substituição às áreas de pastagens.

Pode-se notar que a expansão citrícola continuou prevalecendo a nordeste do Município com grande expansão na região próxima à represa da Barra Bonita e também a sudoeste (Figura 5).

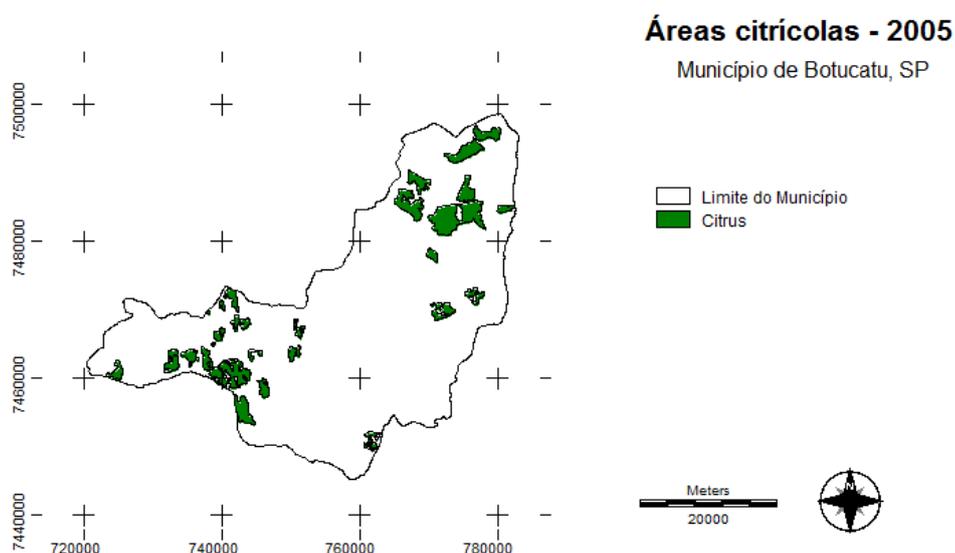


Figura 5. Áreas citrícolas, Botucatu-SP, 2005.

Pode-se observar que a área obtida pelo SIG-Idrisi e Carta Linx apresentaram-se muito próximas (Tabela 7), sendo a diferença de 0,42 ha, praticamente 0,00%, enquanto que nos perímetros, as diferenças foram maiores, ou seja, 98,73 km, representando 25,13 %. No entanto, as áreas obtidas pelo Carta Linx e SPLAN (Tabela 8), apresentaram uma diferença de 24,63 ha, (0,19%), e nos perímetros, a diferença obtida foi de 19,05 km, o que representa 4,85%. Ressalta-se que o Carta Linx, foi considerado o mais próximo da verdade terrestre. Porém, quando foram comparadas as áreas obtidas pelo SIG-Idrisi e SPLAN (Tabela 9), as diferenças foram as mesmas encontradas entre o Carta Linx e SPLAN, no entanto, no que se refere aos perímetros, a diferença obtida foi de 117,78 km (31,51%). Neste caso, pode-se concluir que na determinação das áreas, o SIG-Idrisi mostrou-

se mais próximo da verdade terrestre, porém para os perímetros o SPLAN apresentou maior precisão (Figuras 2 e 3).

Tabela 7. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas de 2005.

	Carta Linx	Idrisi	Diferença		
			ha	km	%
Área	12801,01	12801,43	0,42	-	0,00
Perímetro	392,85	491,58	-	98,73	25,13

Tabela 8. Comparação de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo Carta Linx e SPLAN, por meio de fotografias aéreas de 2005.

	Carta Linx	SPLAN	Diferença		
			ha	km	%
Área	12801,01	12776,80	-24,63	-	-0,19
Perímetro	392,85	373,80	-	-19,05	-4,85

Tabela 9. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e SPLAN, por meio de fotografias aéreas de 2005.

	Idrisi	SPLAN	Diferença		
			ha	km	%
Área	12801,43	12776,80	-24,63	-	-0,20
Perímetro	491,58	373,80	-	117,78	31,51

6.1.4 Análise dos resultados para ocupação do solo pela citricultura, referente ao ano de 2000, por meio de imagens de satélite.

O Município de Botucatu em 2000 apresentava uma área citrícola de 7813,78 ha (Tabela 10), sendo posteriormente expandida, conforme pode ser verificado nas fotografias aéreas de 2005.

Pode-se observar que as áreas obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx (Tabela 10), apresentaram-se muito próximas, sendo obtida uma diferença de 2,19 ha, representando 0,03%, e quando comparados os perímetros, foram obtidas diferenças maiores,

equivalentes à 54,08 km, o que representa 23,08 %. Ressalta-se que o Carta Linx, foi considerado o mais próximo da verdade terrestre (Figuras 6 e 7).

Tabela 10. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de imagens de satélite de 2000.

	Carta Linx	Idrisi	Diferença		
			ha	km	%
Área	7813,78	7815,97	2,19	-	0,03
Perímetro	234,28	288,36	-	54,08	23,08

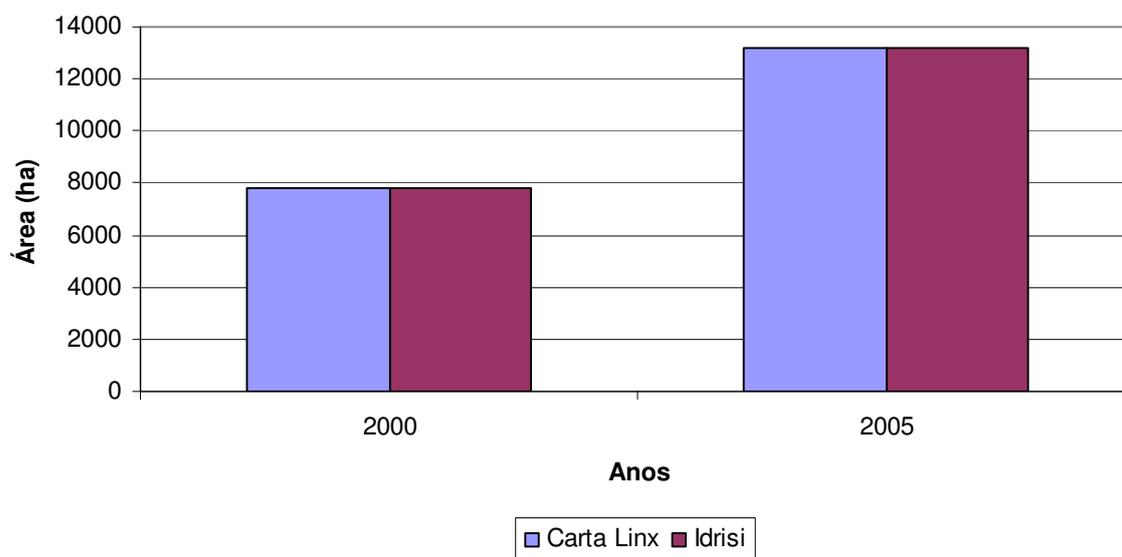


Figura 6. Áreas citrícolas (ha), Botucatu-SP, obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de imagens de satélite de 2000 e 2005.

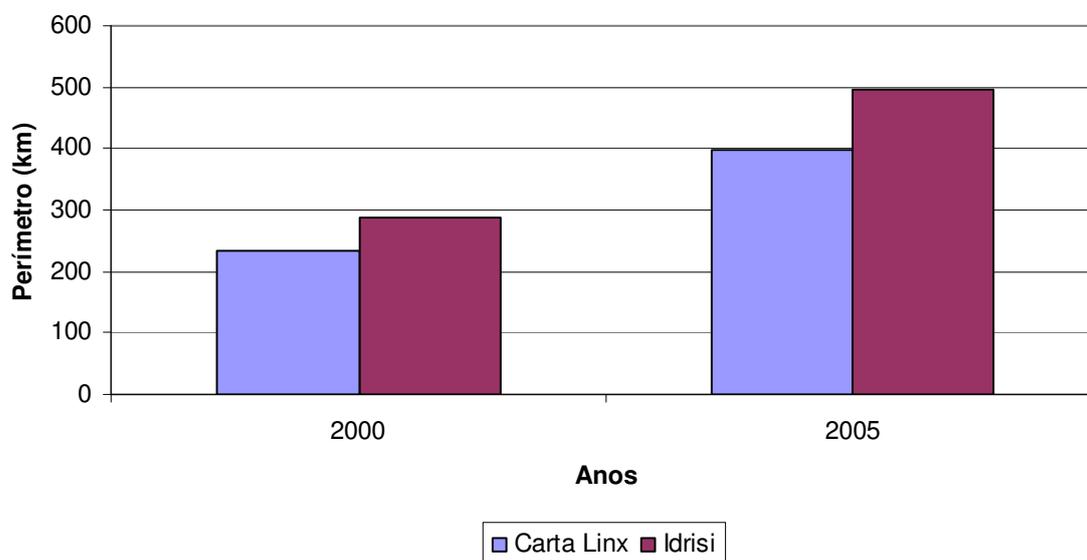


Figura 7. Perímetro das áreas citrícolas (km), Botucatu-SP, obtidos pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de imagens de satélite de 2000 e 2005.

6.1.5 Análise dos resultados para ocupação do solo pela citricultura, referente ao ano de 2005, por meio de imagens de satélite.

O Município de Botucatu em 2005 apresentava uma área citrícola de 13161,39 ha (Tabela 11). As áreas expandidas eram ocupadas em 2000, por pastagem de forma predominante, campo sujo, solos preparados para agricultura e eucalipto, conforme foi verificado nas fotografias aéreas do mesmo ano.

Pode-se observar que a área obtida pelo SIG-Idrisi e Carta Linx (Tabela 11) apresentaram-se muito próximas, sendo obtida uma diferença de 2,18 ha (0,02%), enquanto que os perímetros mostraram diferenças maiores, ou seja, 98,08 km, o que representa 24,72 %. Ressalta-se que o Carta Linx mostrou valores mais próximos da verdade terrestre (Figuras 6 e 7).

Tabela 11. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de imagens de satélite de 2005.

	Carta Linx	Idrisi	Diferença		
			ha	km	%
Área	13161,39	13159,21	-2,18	-	-0,02
Perímetro	396,68	494,76	-	98,08	24,72

6.1.6 Expansão da área citrícola no Município de Botucatu, no período de 2000 a 2005, por meio de fotografias aéreas.

A área ocupada pela citricultura no Município de Botucatu em 2000 representava 5,22% da área total do Município, passando a ocupar 8,63 %, no ano de 2005, representando um incremento de 3,41% na área total estudada e uma expansão de 65,27% da área citrícola no período (Tabela 12 e Figuras 8 e 9). Os resultados mostram que as diferenças nas áreas citrícolas obtidas pelos diferentes aplicativos foi insignificante (Tabela13). Tal incremento é decorrente da expansão citrícola no Estado de São Paulo, sendo que o Município de Botucatu é uma localidade onde citricultura apresenta grande adaptação em função do clima desfavorável ao desenvolvimento de doenças cítricas como a CVC, que são adaptadas à climas quentes e secos. A Clorose Variegada dos Citrus, ou amarelinho é uma doença causada pela bactéria *Xylella fastidiosa* que, depois de instalada na planta, multiplica-se e obstrui os vasos do xilema, responsáveis por levar água e nutrientes da raiz para a parte aérea. A obstrução causa sintomas típicos, entre eles, a diminuição do tamanho do fruto, podendo torná-lo inviável para consumo (MELO e ANDRADE, 2006).

Conforme pode ser verificado nas Figuras 8 e 9, o Município de Botucatu não é ocupado predominantemente pela citricultura, a ocupação do solo na região é feita por diversas culturas como cana-de-açúcar, eucalipto, pastagem, vegetação nativa, campos sujo, solos expostos e solos preparados para atividades agrícolas.

Tabela 12. Expansão da citricultura no município de Botucatu-SP, obtidas pelo SIG-Idrisi, Carta Linx e SPLAN, no período de 2000 a 2005, por meio de fotografias aéreas.

	Área ocupada pela citricultura no Município (%)		Incremento da área (%)	
	2000	2005	Município	Área citrícola
Carta Linx	5,22	8,63	3,41	65,27
Idrisi	5,22	8,63	3,41	65,26
SPLAN	5,22	8,61	3,39	64,99

Tabela 13. Expansão da citricultura no município de Botucatu-SP, de 2000 a 2005, obtidas pelo SIG-Idrisi, Carta Linx e SPLAN, por meio fotografias aéreas.

	Diferença no município (%)		Diferença no incremento (%)	
	2000	2005	Município	Área citrícola
Carta Linx x Idrisi	0,00	-0,01	0,00	-0,02
Carta Linx x SPLAN	0,00	-0,18	-0,44	-0,40
Idrisi x SPLAN	0,00	-0,18	-0,44	-0,42

Área citrícola (%) - Botucatu - 2000

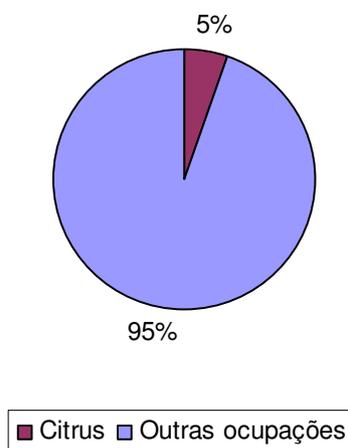


Figura 8. Áreas citrícolas, Botucatu-SP, obtidas pelo Carta Linx por meio de fotografias aéreas de 2000.

Área citrícola (%) - Botucatu - 2005

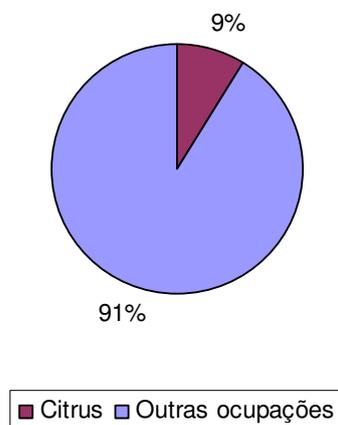


Figura 9. Áreas citrícolas, Botucatu-SP, obtidas pelo Carta Linx por meio de fotografias aéreas de 2005.

6.1.7 Expansão da área citrícola no Município de Botucatu, no período de 2000 a 2005, por meio de imagens de satélite.

A área ocupada pela citricultura no Município de Botucatu em 2000 representava 5,27% da área total do Município, passando a ocupar 8,88% em 2005, representando um incremento de 3,60% na área total estudada e uma expansão de 68,44% da área citrícola no período (Tabela 14). Nota-se que, as diferenças nas áreas citrícolas obtidas SIG-Idrisi e pelo Carta Linx foram inexpressivas(Tabela15).

Tabela 14. Expansão da citricultura no município de Botucatu-SP, obtida pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, no período de 2000 a 2005, por meio de imagens de satélite.

	Área ocupada pela citricultura no município (%)		Incremento da área (%)	
	2000	2005	Município	Área citrícola
Carta Linx	5,27	8,88	3,6	68,44
Idrisi	5,27	8,87	3,6	68,36

Tabela 15. Expansão da citricultura no município de Botucatu-SP, de 2000 a 2005, obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de imagens de satélite.

	Diferença no município (%)		Diferença no incremento (%)	
	2000	2005	Município	Área citrícola
Carta Linx x Idrisi	0,00	-0,06	0,00	-0,12

6.1.8 Comparação entre fotografias aéreas e imagens de satélite na determinação de áreas e perímetros obtidos pelo Carta Linx.

As áreas e os perímetros citrícolas do Município de Botucatu, obtidas por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005 pelo Carta Linx (Tabelas 16 e 17), permitiu constatar que em 2000 houve diferenças nas áreas de 68,30 ha, representando 0,88%, e os perímetros mostraram uma diferença de 5,70 km (2,50%). Já em 2005, as diferenças obtidas nas áreas foram de 360,38 ha (2,81%); e nos perímetros de 3,83 km, representando 0,97% (Figuras 10 e 11). Ressalta-se que os valores obtidos por meio de fotografias aéreas foram mais próximos da verdade terrestre.

Nota-se que as diferenças são consideráveis apenas no que diz respeito às áreas e perímetros obtidos em ha e km, pois mostram-se significativas; entretanto, quando observadas em porcentagem, tais diferenças são pouco expressivas.(Tabelas 16 e 17).

Tabela 16. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000.

	Carta Linx (2000)		Diferença		
	Fotografias aéreas	Imagens de satélite	ha	km	%
Área	7745,48	7813,78	68,30	-	0,88
Perímetro	228,58	234,28	-	5,70	2,50

Tabela 17. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2005.

	Carta Linx (2005)		Diferença		
	Fotografias aéreas	Imagens de satélite	ha	km	%
Área	12801,01	13161,39	360,38	-	2,81
Perímetro	392,85	396,68	-	3,83	0,97

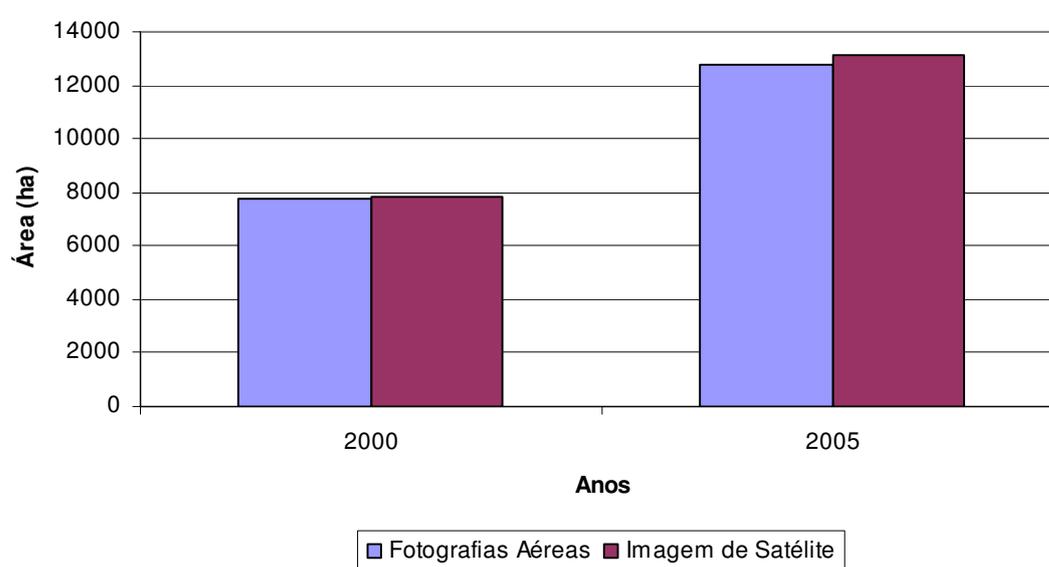


Figura 10. Áreas citrícolas (ha), Botucatu-SP, obtidas pelo Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite dos anos de 2000 e 2005.

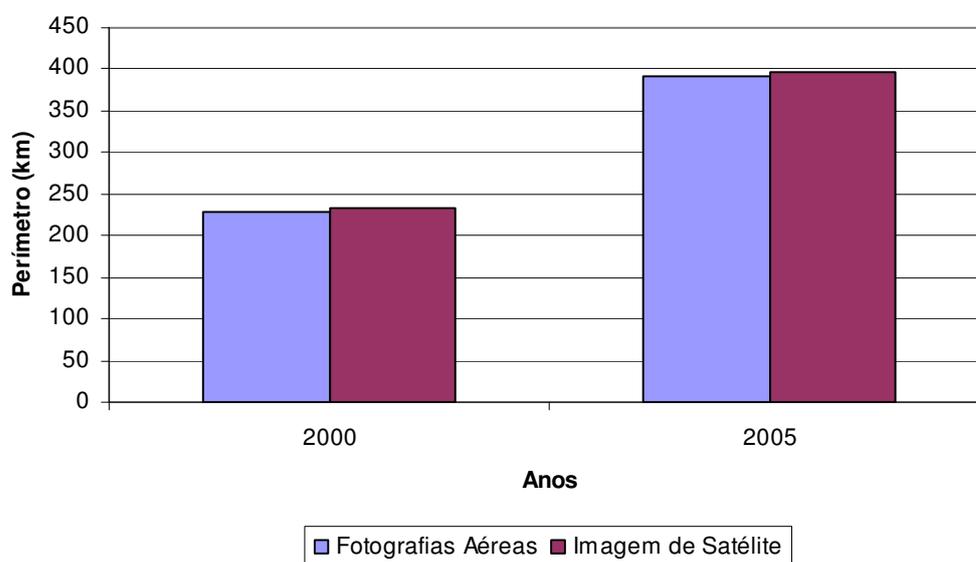


Figura 11. Perímetro das áreas citrícolas (km), Botucatu-SP, obtidos pelo Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005.

6.1.9 Comparação entre fotografias aéreas e imagens de satélite na determinação de áreas e perímetros pelo SIG-Idrisi.

As áreas e perímetros citrícolas do Município de Botucatu, obtidos por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005 pelo SIG-Idrisi (Tabelas 18 e 19), mostraram diferenças no ano de 2000, a diferença de área foi de 69,83 ha (0,90%), e nos perímetros foram de 4,34 km, representando 1,53%. Em 2005, a diferença de área foi de 357,78 ha (2,80%), e nos perímetros foi de 3,18 km, o que representa 0,64%. (Figuras 12 e 13). Ressalta-se que as áreas obtidas por meio de fotografias aéreas apresentaram-se mais próximas da verdade terrestre.

Estas diferenças provavelmente ocorreram em função da falta de nitidez das imagens de satélite dificultando a visualização de pequenas áreas citrícolas e também à menor escala, conforme pode-se verificar nas figuras 14a e 14b, que exemplificam uma das áreas citrícolas estudadas. Destaca-se que à proporção que ocorre um aumento nas áreas (Tabelas 18 e 19), a diferença aumenta proporcionalmente; entretanto, como foi utilizado

o mesmo aplicativo para áreas e perímetros a diferença em porcentagem não se mostra significativa, porém para hectares e km, estas diferenças tornam-se relevantes.

Tabela 18. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000.

	Idrisi (2000)		Diferença		
	Fotografias aéreas	Imagens de satélite	ha	km	%
Área	7746,14	7815,97	69,83	-	0,90
Perímetro	284,02	288,36	-	4,34	1,53

Tabela 19. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidos pelo SIG-Idrisi, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2005.

	Idrisi (2005)		Diferença		
	Fotografias aéreas	Imagens de satélite	ha	km	%
Área	12801,43	13159,21	357,78	-	2,80
Perímetro	491,58	494,76	-	3,18	0,64

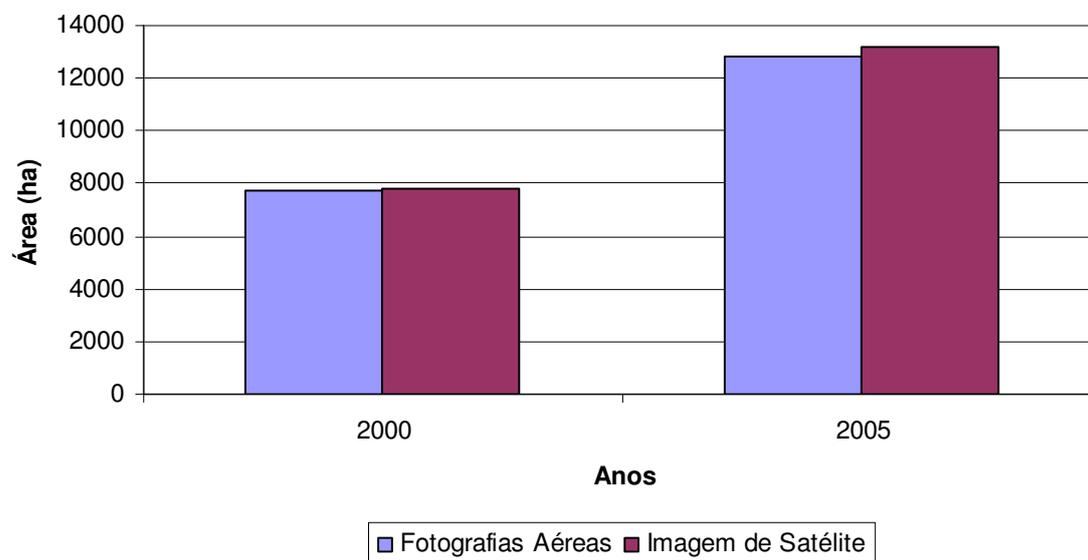


Figura 12. Áreas citrícolas (ha), Botucatu-SP, obtidas pelo SIG-Idrisi, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005.

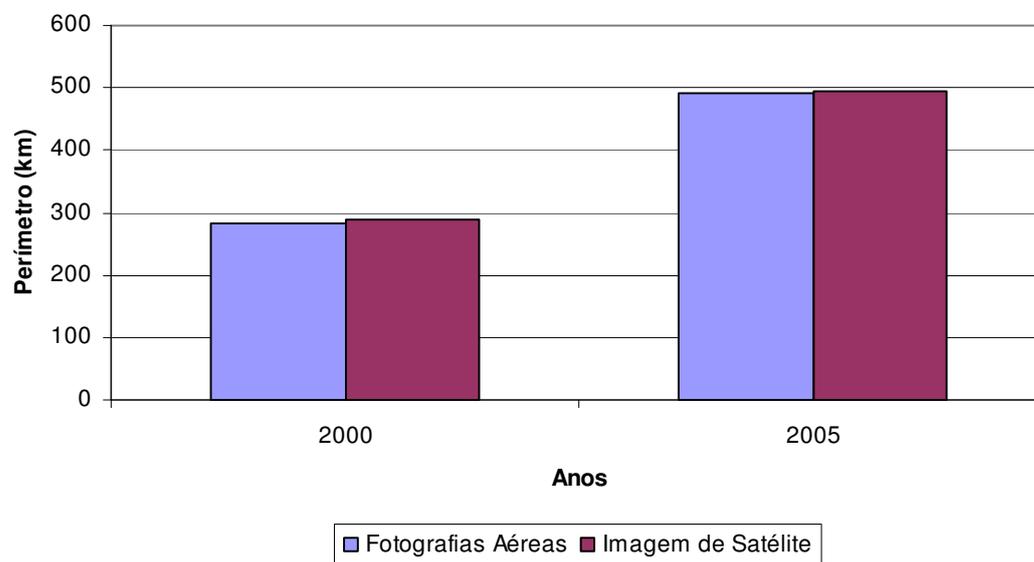


Figura 13. Perímetro das áreas citrícolas (km), Botucatu-SP, obtidos pelo SIG-Idrisi, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005.



Figura 14 a. Área bem definida na fotografia aérea colorida de 2005.



Figura 14 b. Área homóloga na imagem de satélite LANDSAT-5 TM de 2005.

6.1.10 Comparação entre fotografias aéreas e imagens de satélite na determinação de áreas e perímetros pelo SIG-Idrisi e Carta Linx.

As áreas e os perímetros citrícolas do Município de Botucatu, obtidos por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005 pelo SIG-Idrisi e Carta Linx (Tabelas 20 e 21), mostraram diferenças no ano de 2000; a diferença de área foi de 70,50 ha (0,91%), e nos perímetros foram de 59,76 km, representando 26,14%. Em 2005, a diferença de área foi de 358,20 ha (2,80%), e nos perímetros foram de 101,91 km, o que representa 25,94% (Figuras 15 e 16). Ressalta-se que as áreas obtidas por meio de fotografias aéreas e avaliadas pelo Carta Linx foram considerados mais próximas da verdade terrestre.

Nota-se que em termos de porcentagem de área esta diferença revela não ser tão representativa, no entanto quando analisada com relação a hectares, observa-se que este valor torna-se considerável; já para o perímetro os valores apresentam uma diferença elevada tanto em porcentagem como em km (Tabelas 20 e 21).

Tais diferenças revelam que a utilização da SIG-Idrisi para determinação de áreas pode ser conveniente tanto para fotografias aéreas como para imagens de satélite. Porém para a determinação de perímetros a utilização do Carta Linx é mais

indicada. Estas discrepâncias são devidas ao fato de o SIG-Idrisi trabalhar na forma matricial e o Carta Linx na forma vetorial associadas à falta de nitidez das imagens de satélite.

Tabela 20. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000.

	Carta Linx (2000)	Idrisi (2000)	Diferença		
	Fotografias aéreas	Imagens de satélite	ha	km	%
Área	7745,48	7815,98	70,50	-	0,91
Perímetro	228,60	288,36	-	59,76	26,14

Tabela 21. Comparações de áreas (ha) e perímetros (km), obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2005.

	Carta Linx (2005)	Idrisi (2005)	Diferença		
	Fotografias aéreas	Imagens de satélite	ha	km	%
Área	12801,01	13159,21	358,20	-	2,80
Perímetro	392,85	494,76	-	101,91	25,94

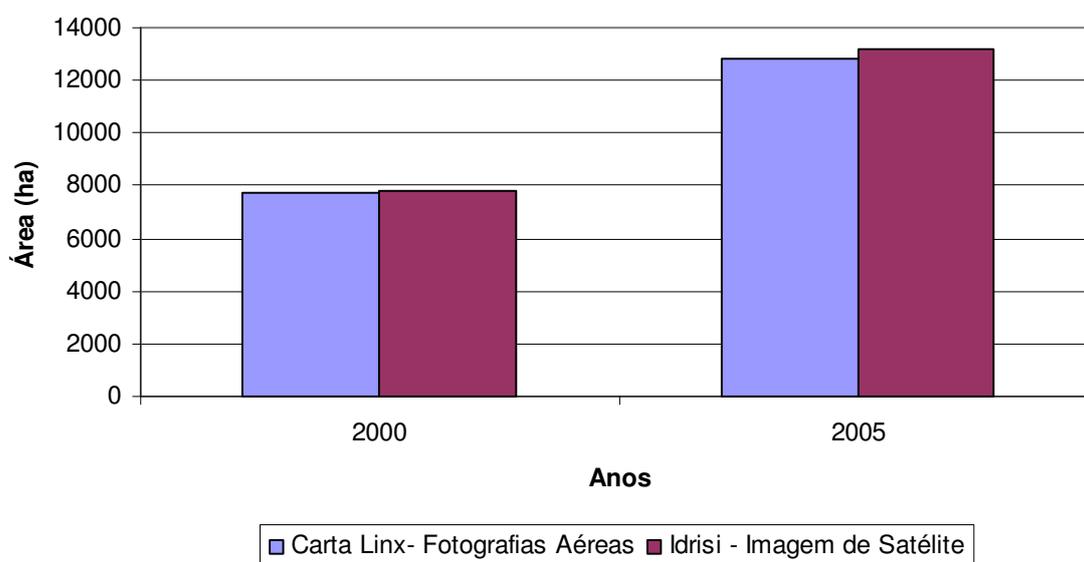


Figura 15. Áreas citrícolas (ha), Botucatu-SP, obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005.

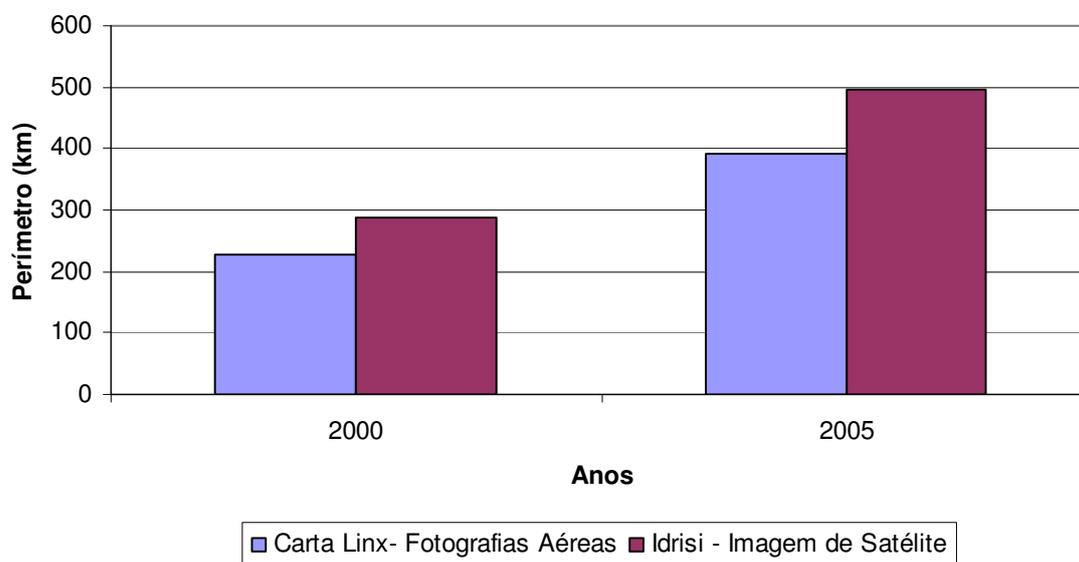


Figura 16. Perímetro das áreas citrícolas (km), Botucatu-SP, obtidas pelo SIG-Idrisi e Carta Linx, por meio de fotografias aéreas e imagens de satélite de 2000 e 2005.

7 CONCLUSÕES

A área ocupada pela citricultura no Município de Botucatu-SP em 2000 representava 5,22% da área total do Município; passando a ocupar 8,63 % no ano de 2005, representando um incremento de 3,41% na área total estudada e uma expansão de 65,27% da área citrícola no período de cinco anos; sendo que, no período de 43 anos (1962 a 2005), houve um incremento de 12722,56 ha desta área.

As áreas obtidas por meio de fotografias aéreas e avaliadas pelo Carta Linx apresentam valores mais próximos da verdade terrestre (cartas do IBGE) para a determinação de áreas e perímetros.

A falta de nitidez das imagens de satélite dificulta a identificação de pequenas áreas de cobertura vegetal.

O SIG-Idrisi, apresentou discrepâncias para a determinação de perímetros, em função de trabalhar de forma matricial.

O SPLAN, é próximo do Carta Linx, para a determinação de áreas e perímetros, devido ao fato de ambos trabalharem de forma vetorial.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES FILHO, A. G. Perspectiva de Exportação de Suco Cítrico. **Revista Laranja**, Cordeirópolis, p. 45-70, 1989.

ARONOFF, S. **Geographical information systems: a management perspective**. Ottawa: WDI Publications, 1989. 295 p.

ASSAD, M. L. L. Sistema de informação geográfica na avaliação da aptidão agrícola de terras. In: ASSAD, E. D., SANO, E. E. (Orgs.). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1993. p. 99-173.

ASSAD, M. L. L. Uso de um sistema de informação geográfica na determinação da aptidão agrícola de terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 133-139, 1995.

BARRET, E. C.; CURTIS, L. F. **Introduction to environmental remote sensing**. London, UK: Chapman & Hall, 1992. 426 p.

BARROS, Z. X. et al. Mapeamento da ocupação do solo por reflorestamento no município de Botucatu - SP, através de imagens aéreas num período de 27 anos. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 5, p. 7-11, 1996.

BATISTELLLA, M. et al. **Satélites de monitoramento**. Campinas: EMBRAPA Monitoramento por Satélite. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 15 mar 2010.

BRITO, J. L. S; PRUDENTE, T. D. Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia – MG, utilizando imagens ETM⁺/LANDSAT 7. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 17, n. 32, p. 37-46, 2005

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

BUZAI, G. D.; DURÁN, D. **Enseñar e investigar com sistemas de información geográfica (S.I.G.)**. Buenos Aires: Traquel, 1997. 192 p.

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

CÂMARA, G. et al. (Orgs.). **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2004. 209 p.

CAMPOS, J. S. **Cultura dos citros**. Campinas: CATI, 1976. 100 p. (Boletim técnico, 88).

CAMPOS, S. et al. Estudo comparativo de três métodos utilizados para elaboração de carta clinográfica. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, PR, v. 1, n. 1, p. 109-112, 2008.

CAMPOS, S. P. **Planejamento do uso do solo através do Sistema de Informações Geográficas**. 1996. 123 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

CHUVIECO, E.; CONGALTON, R. G. Using cluster analysis to improve the selecting of training statistics in classifying remotely sensed data. **Photogrammetric Engennering and Remote Sensing**, Maryland, v. 54, n. 9, p. 1275-1281, 1990.

COELHO, A. G. de. Obtenção de dados quantitativos de fotografias aéreas verticais. **Rev. Aerofotogeometria**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 1-23, 1972.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP, 1992. 170 p.

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**. 2001. 185 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

DEGANUTTI, R.; BARROS, Z. X. de. Mapeamento da cobertura vegetal por imagens aéreas das fazendas Lageado e Edgardia, Botucatu, SP, nos anos de 1962, 1985 e 1998. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 59-70, 2001.

FITZ, P. R. Cartografia básica. In: FITZ, P. R. (Org.). **Cartas, mapas e plantas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 27-33.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

FREITAS FILHO, M. R.; MEDEIROS, J. S. Análise multitemporal da cobertura vegetal em parte da Chapada do Araripe- CE, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1993. p.73-80.

FREITAS, S. R.; SHIMABUKURO, Y. E. Diagnosticando florestas tropicais através do sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2007, Florianópolis. **Anais...** São Paulo: INPE, 2007. p. 1671-1678.

GARCIA, G. J.; MARCHETTI, D. A. B. Fotointerpretação comparativa de fotografias pancromáticas, coloridas e infravermelhas coloridas através de vegetação. **Botucatu Científica**, Botucatu, SP, v. 2, n. 2, p. 115-121, 1977.

HARLEY, J. B. The map and the development of the history of cartography. In: HARLEY, J. B.; WOODWARD, D. (Orgs.). **The history of cartography: cartography in prehistoric, ancient and medieval Europe and the Mediterranean**. Chicago, University of Chicago Press, 1987.

HASSE, G. A. Laranja no Brasil 1500 - 1987. **Duprat & Iobe Propaganda**, São Paulo, p. 296, 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartografia: mapeamento topográfico**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 mar. 2010.

KOLLER, O. C. **Citricultura: laranja, limão e tangerina**. Porto Alegre: Rígel, 1994. 446 p.

LUEDER, D. R. **Aerial photographic interpretation: principles and applications**. New York: McGraw-Hill, 1959. 461 p.

MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, J. J. **Princípio de fotogrametria e fotointerperetação**. São Paulo, SP: Nobel, 1977. 257 p.

MARTINELLI JUNIOR, O. **A globalização e a indústria alimentar: um estudo a partir das grandes empresas**. Marília: UNESP, Marília Publicações; São Paulo: FAPESP, 1999.

MARTINS, D. Clima da região de Botucatu. In: ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE A AGROPECUÁRIA NA REGIÃO DE BOTUCATU, 1., 1989, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 1989. p. 8-19.

MELO, M. B.; ANDRADE, L. N. T. Principais doenças da citricultura em Sergipe e seu controle. In: MELO, M. B.; SILVA, L. M. S. **Aspectos técnicos dos citros em Sergipe**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros; Deagro, 2006. p. 71-84.

MENDONÇA, I. F. C. de. **Retificação geométrica digital de imagem do Landsat 5 – sensor TM e aerofotograma, sobre base cartográfica em projeção UTM**. 1996. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1996.

MONTENEGRO, H. W. S. Clima e Solo. In : RODRIGUEZ, O. et al. (Orgs). **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p. 227-239.

MORAES, M. E. S. et al. Mudanças ocorridas na cobertura e uso da terra na região sudoeste do estado do Paraná através de técnicas de sensoriamento remoto. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, PR, v. 12, n. 1, p. 149-159, 1993.

MOREIRA, C. S.; MOREIRA, S. História da citricultura no Brasil. In: RODRIGUEZ, O. et al. (Orgs). **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v. 1, p. 1 -21.

NASA. **The Landsat Program and Landsat Science**. Disponível em: <<http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/lswg.html>>. Acesso em: 25 abr. 2009.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 308 p.

OLIVEIRA, C. **Curso de cartografia moderna**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

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

PINTO, S. A. F. **Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: contribuição metodológica**. 1991, 134 f. Tese (Doutorado INPE) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1991.

PIROLI, E. L. et al. SIG para análise do uso da terra na região de Barra Bonita - SP. In: **CICLO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL NO CONE-SUL**, 1.,1999, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 1999. p. 53-59.

RABBEN, E. L. Fundamentals of photointerpretation. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. **Manual of photographic interpretation**. Washington, DC, 1960. p. 99-186.

RICCI, M.; PETRI, S. **Princípios de aerofotogrametria e fotointerpretação geológica**. São Paulo: Editora Nacional, 1965, 459 p.

ROCHA, A. et al. Utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para avaliação da evolução do uso do solo em área de proteção ambiental: um estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador.

Anais... São Paulo: INPE, 1996. 1 CD- ROM.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar.** Juiz de Fora: Editora do Autor, 2000. 220 p.

RODRIGUES, A. C. M. Mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião-SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM-Landsat e HRV-SPOT. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2000. p. 1929-1931.

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. 239-247.

ROSSETTI, L. A. F. G. **Geotecnologias aplicadas à caracterização e mapeamento das alterações da cobertura vegetal intra-urbana e da expansão urbana da cidade de rio claro (SP).** 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geografia/ Organização do Espaço) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

SABINS, F. F. **Remote Sensing: principles and interpretations.** 3rd. ed. New York: W. H Freeman and Company, 2000. 494 p.

SALIBE, A. A. **Curso de especialização em citricultura a nível de pós-graduação.** 3.ed. Botucatu: Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, 1974. 188p.

SILVA, C. M.; CATANEO, A.; CARDOSO, L. G. Sistema de planimetria digitalizada. In: JORNADA CIENTÍFICA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS E BIOLÓGICAS DE BOTUCATU, 18., 1993, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Associação dos Docentes de Botucatu, 1993. p. 109.

SILVA, C. P. L. et al. Emprego de fotografias aéreas e modelo digital de terreno no mapeamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São Paulo: INPE; SELPER, 2007. p. 1353 - 1360.

SILVA, E. G. **Medições de áreas por fotografias aéreas, em escala nominal, comparadas com a área obtida em fotos com escalas corrigidas por meio de um SIG.** 2009. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

SILVA, J. G. et al. A reestruturação do complexo citrícola: de oligopólio competitivo ao oligopólio concentrado. **A crise do complexo citrícola paulista:** uma proposta não excludente. São Paulo, Secretaria Agrária do PT. 2000.

SIMÕES, L. B.; RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S. P. Mapeamento das áreas de risco potencial à erosão no alto do Rio Pardo, Pardinho, SP. In: SIMPÓSIO DE ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1999. p. 306-311.

SPREEN, T. H.; BROWN, M. G.; MURARO, R. P. The project impact of citrus greening in São Paulo and Florida on processed orange production and price. **Proceedings of The Florida State Horticultural Society**, Florida, v. 120, p. 132-135, 2007.

STEFFEN, C. A. et al. Técnicas radiométricas com o spectron SE-590. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1., 1996, Salvador. **Anais...** São Paulo: INPE; SELPER, 1996. p. 9-14.

TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos sistemas de informação geográfica.** Rio Claro: Editora do Autor, 1992. 79 p.

TSUNECHIRO, A. et al. Valor da produção agropecuária do estado de São Paulo em 2004. **Informações Econômicas**, São Paulo, SP, v. 35, n. 4, p. 61 - 71, abr. 2005. Série Apta.

VALENTE, A. L. S. Uma metodologia para determinação de áreas de risco através de geoprocessamento e sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. 1 CD –ROM.

VETTORAZZI, C. A. **Sensoriamento remoto orbital.** Piracicaba: USP, ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 1992. 134 p. (Didática, 2).

WOLF, P. R. **Elements of photogrammetry with air photo interpretation and remote sensing.** New York: Mac Graw - Hill, 1983. 628 p.

YAO JAI; ZHANG ZENG-XIANG. Dynamic study on landscape spatial pattern of land use in China based on RS and GIS. **Geoscience and Remote Sensing Symposium.** v. 5, p. 3380-3382, 2003.

ZHONGFENG LI; XUEMEI, LI. Land-use change analysis in Yulin prefecture, northwestern China using remote sensing and GIS. **Geoscience and Remote Sensing Symposium.** v .5, p. 3390- 3393, 2004.