

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - FEAGRI

**Planejamento Agroambiental do município de Santo Antônio do Jardim - SP:
Estudo de caso na Microbacia Hidrográfica do Córrego do Jardim.**

Carlos Alberto Arantes Lagrotti

Orientador: Prof. Dr. Francisco Lombardi Neto

Tese de doutorado apresentada à **Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI**, em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração: Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável.

Campinas
Novembro, 2000

“Todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Artigo 225 da Constituição Brasileira de 1988.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais a todos aqueles que, direta ou indiretamente, fortaleceram o processo de investigação que resultou neste trabalho, destacando:

- *A orientação amiga do Prof. Dr. **Francisco Lombardi Neto** e demais integrantes do comitê orientador: Professores Doutores **Jansle Vieira Rocha** e **Luís Henrique A. Rodrigues**;*
- *À Faculdade de Engenharia Agrícola, em especial à Coordenação da pós-graduação - CPG e ao Departamento de Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável - **DPDRS**;*
- *Às entidades financiadoras de pesquisa científica: **CAPES**, **CNPQ** e **FAPESP** pelo suporte financeiro e fornecimento de bolsa de estudos;*
- *Aos Profs. Drs. **Carlos Roberto Espíndola** e **Maristela Simões do Carmo** pelo acompanhamento e orientação;*
- *Às secretarias da pós-graduação (Ana Paula e Marta) pela solicitude e paciência.*
- *Ao Prof. Dr. **Newton Roberto Boni** (in memorian).*
- *À equipe técnica da Casa de Agricultura de Santo Antônio do Jardim, que de forma especial, é co-autora deste trabalho;*
- *Ao grupo de amigos veteranos da **FEAGRI**: Regina (Bilula), Luís Fernando, Adalberto (Betão), Solange Reginato, Nilsão, Paulo Sérgio, Junqueira, Mariella, Marcelinho, Jamilya, Kelinha, Tokio, Zanon, William, Zé Ricardo, Paulo Ricardo, Paulista, e tantos outros;*
- *Aos colegas que foram chegando: Sara, Marcelo, Ester, Jaqueline, Gisele, Helena, Sueli, Marquinhos, Rogério, Lauro, Laurent, Jorge, Andréa Young, Luís (Dudu), Márcia, Maurício, e tantos outros, pelo apoio e amizade (valeu, galera);*
- *À Bernadete, sem seu carinho, tudo seria mais difícil;*
- *E com especial carinho, à minha querida mãe “Haydée”, cuja convivência “nessa esfera”, tem sido uma honra, um grande prazer e sobretudo uma fonte inesgotável de aprendizado com a sua sabedoria.*

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	III
SUMÁRIO.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	VII
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES DE TRABALHO.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 Crise ambiental e a mudança rumo ao paradigma da sustentabilidade.	4
3.2. O planejamento agroambiental e suas escalas de paisagem e representação. 8	
3.3 Erosão hídrica e práticas de manejo e conservação do solo.....	12
3.4 Modelagem dos processos erosivos e Equação Universal de Perda de Solo. 14	
3.4.1 Fator Erosividade (<i>R</i>)	16
3.4.2 Fator erodibilidade (<i>K</i>)	16
3.4.3. Fator topográfico (<i>LS</i>)	17
3.4.4. Fator uso e manejo do solo (<i>C</i>).....	18
3.4.5 Fator práticas conservacionistas (<i>P</i>)	18
3.5. Tolerância à perda de solo	19
3.6. Sistema de capacidade de uso da terra	20
3.7 Parâmetros agroclimáticos da Cafeicultura no Estado de São Paulo.....	22
3.7.1 Análise climática	22
3.7.2 Exigências Edáficas	25
3.7.3 Manejo do cafezal	26
3.8. Utilização de técnicas de geoprocessamento no planejamento agroambiental.27	
4. MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 Caracterização geral da área de estudo.....	33
4.1.1. Localização do município.	33
4.1.2. Caracterização fisiográfica da MBH do Córrego do Jardim	34
4.1.3. Geomorfologia e Geologia.....	35
4.1.4. Solos	36
4.1.5. Vegetação original	37
4.1.6 Clima	38
4.1.7 Aspectos sócio-econômicos	38
4.2. Produtos digitais de análise.....	40
4.2.1. Produto de análise “Risco de Erosão”	41
4.2.1.1. Fator erosividade (R)	41
4.2.1.2. Fator erodibilidade (K)	42

4.2.1.3. Fator topográfico (LS)	43
4.2.1.4. Uso do solo e determinação do fator uso - manejo (C).....	44
4.2.1.6. Predição de perda de solo e fator de risco de erosão.	46
4.2.2. Capacidade de uso e adequação do uso atual do solo.....	47
4.2.3. Aptidão Agroclimática da Cafeicultura no município.	49
4.2.3.1. PI “Deficiência hídrica” (Balanço hídrico).....	49
4.2.3.2. PI “Temperatura calculada a partir de valores de altitude e latitude”.....	50
4.2.3.3. PI “Orientação de vertentes”	51
4.2.4. Índice de comparação estatística (Kappa).....	52
4.3. Coleta de dados em campo.....	53
4.4. Materiais utilizados	54
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
5.1 Apresentação e Análise dos produtos digitais.	55
5.1.1 Modelos digitais de elevação - MDE (município e MBH).	55
5.1.2. Mapa de perda de solo - EUPS e fator risco de erosão.	57
5.1.2.1 Fator erosividade (R).....	57
5.1.2.2. Fator Erodibilidade (K).....	58
5.1.2.3 Fator topográfico (LS).....	58
5.1.2.4 Elaboração do mapa de uso do solo e determinação do fator uso - manejo (C).	61
5.1.2.5 Predição de perda de solo e risco de erosão.	65
5.1.2.6. Risco ambiental para o município.....	69
5.1.3 Mapa de capacidade de uso e adequação do uso atual.....	71
5.1.4. Aptidão agroclimática da cafeicultura no município.....	78
5.1.4.1. PI “Deficiência hídrica” (Balanço hídrico).....	78
5.1.4.2. PI “temperatura calculada a partir de valores de altitude e latitude.	82
5.1.4.3. PI “Orientação de vertente”	84
6. RECOMENDAÇÕES CONSERVACIONISTAS PARA O MUNICÍPIO.....	86
CONCLUSÕES.....	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
<i>Anexo 1a. Tabulação cruzada “Classes de declividade” x “Unidades de solo”.</i>	110
<i>Anexo 1b. Tabulação cruzada “Uso atual” x “Unidades de solo”.</i>	110
<i>Anexo 2. Informações agrícolas do município de Santo Antônio do Jardim -SP.</i>	111
<i>Anexo 2. Informações agrícolas do município Santo Antônio do Jardim - SP (contin.)</i>	112
<i>Anexo 2. Informações agrícolas do município de Santo Antônio do Jardim - SP (contin.)</i>	113
<i>Anexo 3 Totais pluviométricos mensais para Espírito. Santo. do Pinhal (1961-1991).</i>	115
<i>Anexo 4a Classificação não supervisionada - Santo Antônio do Jardim - SP.</i>	116
<i>Anexo 4b. Padrões de resposta espectral para os padrões de uso do solo identificados.</i>	116
<i>Anexo 4c. Cálculo do fator uso e manejo da EUPS</i>	117
<i>Anexo 5. Área por pixel (em ha) e picos representativos de alguns padrões de uso do solo.</i> ..	119
<i>Anexo 6. Cálculo do risco de erosão para diferentes usos e condições fisiográficas.</i>	120
<i>Anexo 7. Caderno de fotos.</i>	122

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudo: localização, drenagem e divisão em microbacias.....	33
Figura 2. Esquema de Integração de PI's para o cálculo de perda de Solo (A).	41
Figura 3. Valores interpolados de latitude em minutos.	51
Figura 4. Modelo digital de elevação do município de Santo Antônio do Jardim - SP.....	55
Figura 5. Modelo digital de elevação para MBH Córrego do Jardim.	56
Figura 6. Mapa de erodibilidade (fator K), para a região de estudo	58
Figura 7. Classes de declividade para o município de Santo Antônio do Jardim - SP.....	59
Figura 8. Comparativo entre PI's elaborados com bases planialtimétricas distintas.....	60
Figura 9. Composição colorida RGB(453).	61
Figura 10. Uso do solo para o município de Santo Antônio do Jardim - SP.....	64
Figura 11. Perda de solo (t/ha/ano) para o município de Santo Antônio do Jardim - SP...	65
Figura 12. Risco de erosão para o município de Santo Antônio do Jardim - SP.	66
Figura 13. Risco de erosão para a MBH Córrego do Jardim.....	67
Figura 14. Teste comparativo entre produtos digitais: “Risco de erosão”.....	68
Figura 15. Capacidade de uso para o município de Santo Antônio do Jardim.	73
Figura 16. Capacidade de uso para a MBH Córrego do Jardim.....	73
Figura 17. Adequação do uso do solo para o mun. de Santo Antônio do Jardim-SP.....	77
Figura 18. Adequação do uso do solo para a MBH Córrego do Jardim	77
Figura 19. Balanço hídrico para valores de precipitação média (1961-1991).	80
Figura 20. Classes de altitude e porcentagem das mesmas ocupadas com cafeicultura.....	82
Figura 21. Mapa de aptidão térmica para o café no município	83
Figura 22. Orientação de vertentes (aspecto).	84
Figura 23. Aptidão climática “T°C médias anuais” x “Orientação de vertentes”.	85
Figura 24. Plano conservacionista para o município de Santo Antônio do Jardim - SP. ...	95

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1.</i> <i>Correspondência de Nomenclatura entre o levantamento semidetalhado e a atual classificação para os solos da região de estudo</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 2.</i> <i>Valores de erodibilidade (K) e tolerância à perda para solos de Santo Antônio do Jardim - SP.</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 3.</i> <i>Comprimentos de rampa correlacionados às classes de declividade.</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 4.</i> <i>Classes de uso - manejo do solo (fator C).</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 5.</i> <i>Práticas conservacionistas (Fator P).</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 6.</i> <i>Grau de limitação quanto a disponibilidade de nutrientes.</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 7.</i> <i>Graus de limitação por toxicidade em alumínio.</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 8.</i> <i>Tabela para conversão dos Valores de Latitude (graus / minutos).</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 9.</i> <i>Erosividade mensal (EI) e anual (R) para o município de S.A. do Jardim - SP....</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 10.</i> <i>Principais usos do solo no município de Santo Antônio do Jardim - SP.</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 11.</i> <i>Tabulação cruzada “Risco de erosão” x “Uso atual”.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabela 12.</i> <i>Limitações dos solos do município de Santo Antônio do Jardim-SP.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 13.</i> <i>Capacidade de uso dos solos do município de Santo Antonio do Jardim - SP ...</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 14.</i> <i>Adequação do uso do solo no município de S.A. do Jardim - SP.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 15.</i> <i>Temp.média mensal (°C), máx., mín. e médias p/ S.A.do Jardim - SP.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabela 16.</i> <i>Balanço hídrico para valores de precipitação média (período 1961-1991).</i>	<i>80</i>

RESUMO

“Planejamento Agroambiental do município de Santo Antônio do Jardim - SP: Estudo de caso na Microbacia Hidrográfica do Córrego do Jardim.”

O presente trabalho elabora uma proposta de planejamento agroambiental para o município de *Santo Antônio do Jardim - SP*, baseado na confecção e análise dos seguintes produtos digitais: *Risco ambiental* (Equação Universal de Perda de Solo - **EUPS**); *Capacidade de uso das terras* e *Parâmetros climáticos para a cafeicultura* (temperatura, balanço Hídrico e orientação de vertentes). Concomitante, elaboraram-se produtos digitais para a Microbacia Hidrográfica (**MBH**) *Córrego do Jardim*, utilizando-se base planialtimétrica detalhada (*Escala:1:10.000*), objetivando a aplicação de teste de comparação estatística (Kappa) entre os produtos elaborados em diferentes escalas de representação. A aquisição do Plano de Informação topográfico - PI “*topográfico*”, ocorreu a partir da digitalização de cartas topográficas (**IBGE: Escala 1:50.000** e **SEPLAN: Escala 1:10.000**), o mesmo acontecendo para o PI “*Solos*”, obtido a partir de levantamento semi-detalhado (*Escala 1:100.000*). O PI “*Uso atual das terras*” foi estabelecido por processamento digital de imagem **LANDSAT/TM** (*Julho 1997*). A integração dos Planos de informação foi realizada no ambiente do Sistema de Informações Geográficas (SIG) - “**IDRISI 2.0**”

O produto “*Risco de erosão*” apontou, 54% das terras do município com *Baixo risco*, 24% com risco *Moderado* e 15% com *Alto risco*. Os PI’s *Capacidade de uso x Uso atual* possibilitaram distinguir 57% das terras com uso adequado e 32% com uso inadequado. O balanço hídrico para valores médios, indicou a ausência de déficits hídricos críticos à produção do cafeeiro. Os PI’s *temperaturas calculadas x Uso atual*, indicaram 93% do total do café plantado na faixa apta de temperatura. Os PI’s *orientação de vertentes x uso atual*, indicaram 70% da área de cafeicultura instalada nas encostas com exposição Norte (considerada adequada). O índice Kappa, utilizado na comparação entre os produtos digitais, apresentou valores superiores à 0.6 (alta similaridade), indicando não haver diferença significativa entre as escalas propostas nas condições em que os produtos foram elaborados. Como resultado da análise dos produtos digitais, elaborou-se um plano de conservação para o município, levando-se em consideração a sustentabilidade dos recursos naturais.

ABSTRACT

“The County of Santo Antônio do Jardim`s Environmental Planning (São Paulo-Brazil): Case study of Jardim Creek`s watershed”

The objective of this work is to elaborate and propose an Agricultural and Environmental Planning for the county of Santo Antônio do Jardim – SP, based on the analysis of the following digital products (IP's): Environmental Risk (Universal Soil Loss Equation - **USLE**); Land Use Capability and Climatic Parameters for the coffee crop (temperature, water balance and aspect). At the same time, other digital products have been elaborated for the "Jardim Creek" watershed using detailed topographic maps (scale:1:10.000), with the objective to apply the "Kappa Index test" to compare the products elaborated in distinct scales. The acquisition of topographical layers were done through digitalization of topographic maps (**IBGE: 1:50.000** and **SEPLAN: 1:10.000**), the same occurring for soil survey (**OLIVEIRA, 1992**). The Land Use was gotten through digital processing of an image **LANDSAT 5/TM**. The integration of the Information layer's was carried within of the GIS program **IDRISI** version 2.0.

The product "Risk of Erosion" pointed that 54% of the county land presented with a low environmental risk; 24% with moderate environmental risk and 15% with high environmental risk. Second, the IP's Land Use Capability x Current Use, showed that, 57% of all the land was used adequately and 32% had an inadequate use. In addition, in relation to the climatic parameters, the average values of the water balance indicated the absence of critical water deficit for the production of the coffee crop. The IP's Calculated Temperatures x Current Use, indicated that 93% of the total coffee crop were located on the optimum temperature scale. The IP's slopes Orientation (aspect) x Current Use, showed that 70% of the coffee area was located in the hillsides with a North face exposure (considered the best). The Kappa statistics test was applied to compare the differences between the two digital products represented in different scales of representation in which presented values greater than 0.6(high similarity), indicating that the two digital products elaborated in different scales did not indicate or showed significant differences. As result of the analysis of the digital products, a conservation planning was elaborated, considering the preservation of nature features of the county.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento agrícola orientado por preceitos da política ambiental, constitui um instrumento fundamental no processo de gestão do espaço rural e da atividade agropecuária. O planejamento quando bem realizado, racionaliza as ações, tornando-se instrumento de sistematização de informações, reflexão sobre problemas e especulação de cenários potenciais para o aproveitamento dos recursos naturais. Apesar das vantagens de sua utilização, assistimos atualmente em nosso país, a ocupação do solo conduzida por pressões populacionais ou econômicas, em total desrespeito à aptidão agrícola das terras. A não adoção de critérios técnicos no planejamento, tem agravado problemas ambientais, dentre os quais, a erosão hídrica, causadora do empobrecimento físico-químico-biológico dos solos, poluição e assoreamento dos cursos d'água e reservatórios e destruição de caminhos rurais.

Trabalhos recentes têm utilizado o termo “Planejamento Agroambiental” para realçar a idéia de um planejamento que se ocupa da conservação dos recursos naturais em meio a sistemas de produção agrícola. No planejamento agroambiental pretende-se a adequação das culturas e sistemas de manejo a uma dada condição fisiográfica. Desse modo, partindo-se de combinações das variáveis: *uso do solo, sistemas de produção e práticas conservacionistas*, criam-se soluções otimizadas, visando à redução dos impactos da agricultura sobre os recursos naturais. O planejamento agroambiental deve analisar informações de variados parâmetros (meio físico, sistema agrário, realidade sócio-político-cultural etc.) e a partir dos mesmos, indicar atividades que propiciem viabilidade econômica aliada à conservação ambiental.

A necessidade de rapidez e segurança no processamento desse volume e variedade de dados, vem consagrando o uso de técnicas de geoprocessamento contidas em programas SIG. Dentre as aplicações SIG no planejamento agrícola, temos, entre outros: o levantamento da capacidade e adequação do uso do solo, a aplicação de modelos matemáticos para a quantificação de impactos ambientais, estudos de zoneamento climático e a realização de diferentes formas de zoneamento agroambiental.

Nesse contexto, o presente estudo elabora uma proposta de planejamento agroambiental, que faz uso da integração de planos temáticos de informação

elaborados através da aplicação de modelos matemáticos, sistemas de avaliação de terras e técnicas de geoprocessamento. O trabalho adota em sua estrutura, a hierarquização sistêmica do meio ambiente, partindo do nível geral de análise (município) ao de maior detalhe (microbacia). Com essa abrangência, a presente realização pretende contribuir no desenvolvimento de instrumentos de planejamento, em trabalhos de: ordenamento do uso do solo, zoneamento agrícola, análise ambiental e composição de planos diretores.

A escolha do município de Santo Antônio do Jardim – SP, obedeceu aos seguintes fatores: (a) Pequena dimensão (10.875 ha), adequada a realização de testes de escala; (b) Predomínio da atividade agropecuária (78% das unidades de produção do município apresentam a cafeicultura como atividade agrícola principal); e, Inserção do município em região alvo de vários trabalhos de planejamento regional, dentre os quais: *“Macrozoneamento das Bacias do Mogi Guaçu, Pardo e Médio Grande”* (SÃO PAULO, 1995); *“Estimativa da adequação de uso das terras na quadrícula de Moji-Mirim.- SP* (CAVALIERI, 1998) e *“Diagnóstico do meio físico e diretrizes para o controle da erosão na Bacia do Mogi Guaçu”* realizado pelo Grupo de Estudos em geoprocessamento GEO-UNICAMP (ROCHA et al., 2000).

A MBH do Córrego do Jardim foi eleita como unidade de trabalho, devido à sua importância no fornecimento de água (área de mananciais), aliado ao fato da mesma estar predominantemente ocupada por sistemas de produção agropecuária, podendo-se assim, avaliar o impacto das atividades agrícolas nos recursos naturais da região. Simultaneamente à elaboração da proposta de planejamento, procedeu-se à análise de alguns procedimentos metodológicos adotados em trabalhos dessa natureza, com especial atenção ao aporte de dados sócio-econômicos para caracterização de níveis de manejo e produção; ao emprego de sensoriamento remoto para determinação do uso agrícola atual; ao desempenho de algoritmos interpoladores na geração de modelos digitais de elevação (MDE) e ao emprego de modelos matemáticos para determinação de parâmetros climáticos e de erosão.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES DE TRABALHO

O objetivo central do presente estudo foi a confecção de uma proposta de planejamento agroambiental para o município de Santo Antônio do Jardim – SP, incluindo o estudo de detalhe para a MBH, de modo a viabilizar seu potencial de desenvolvimento dentro de uma lógica de preservação dos recursos naturais. A referida proposta se baseia na criação e análise dos seguintes produtos digitais: **(a) Risco de erosão** - Equação Universal de Perda de Solo (EUPS); **(b) Adequação do uso do solo**, e, **(c) Aptidão climática para a cafeicultura**. Partindo da análise dos produtos digitais, o trabalho apresenta diretrizes ambientais e de utilização agrícola para as unidades de planejamento definidas (capítulo 6 - “*Recomendaciones conservacionistas*”).

Como objetivos específicos, citam-se: **(a)** elaboração e integração de planos de informação; **(b)** avaliação do efeito de escalas de representação na qualidade dos produtos digitais de análise; **(c)** integração de informações de natureza complementar (dados obtidos por aparelhos *GPS- “Global Positionning System”* somados ao uso de modelos matemáticos) para a correção de imagens orbitais, entre outras.

Para orientação e resposta às indagações metodológicas inerentes à elaboração de planejamentos desta natureza, foram formuladas as seguintes hipóteses de trabalho:

- **1ª hipótese:** A interpretação de uma imagem individual de satélite, subsidiada por levantamentos cadastrais e por controle de campo, satisfaz os objetivos de caracterização de uso do solo em planejamentos desta natureza.
- **2ª hipótese:** Os produtos da aplicação de sistemas de avaliação de terras (risco de erosão e capacidade de uso), quando analisados à luz da ocupação e uso atual do solo, indicam pressão sobre os recursos naturais do município estudado. Os dois sistemas convergem em relação a seus diagnósticos.
- **3ª hipótese:** A adoção de uma base cartográfica detalhada (Escala 1:10.000 com curvas espaçadas em 5 m), ainda que não acompanhada do detalhamento dos demais planos de informação (levantamento de solos e uso atual), proporciona vantagens na execução de planejamentos similares.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Crise ambiental e a mudança rumo ao paradigma¹ da sustentabilidade.

Na passagem para um novo milênio, a humanidade depara-se com uma crise ambiental que projeta um panorama sombrio para a preservação dos recursos naturais. Os noticiários nos meios de comunicação remetem a temas como: efeito estufa, destruição da camada de ozônio, desmatamento, queimadas, erosão, mudanças climáticas, contaminação das águas, poluição do ar, extinção de espécies, destruição da fertilidade do solo, utilização inadequada de insumos químicos, ausência de reciclagem de materiais, invasão de terras indígenas, desabamentos, desnutrição, violência no campo e outros problemas de ordem estrutural.

Dados censitários mostram que atualmente, nos trópicos, são removidos cerca de 7 milhões de hectares de florestas densas e 3 milhões de hectares de florestas abertas e savanas, substituídas por pastagens ou culturas migratórias, que degradam o solo pela erosão e lixiviação de nutrientes. A floresta amazônica arde a cada ano devido a queimadas provocadas pelo uso inadequado do fogo. Da Mata Atlântica, segunda floresta tropical brasileira, que encerra a maior biodiversidade, restam apenas 5% de sua extensão. Em relação aos Cerrados, um dos nossos ecossistemas mais importantes (ocupando 25% do território nacional), corre-se o risco de ter toda sua área ocupada em poucos anos. Na região Norte e Nordeste a contínua ação antrópica predatória tem causado a expansão dos núcleos de desertificação (**SBCS, 2000**).

Uma breve análise histórica permite relacionar os problemas da atual crise ambiental com o modelo de desenvolvimento e o modo de viver das sociedades. Assim, a partir da Revolução Industrial, como resultado da revolução científico-tecnológica, observa-se a dramática mudança no ritmo das alterações introduzidas no meio ambiente. **OLIVEIRA (1998)** comenta que a partir da Segunda Guerra esse processo se intensifica, prevalecendo uma estratégia de desenvolvimento que privilegia o crescimento econômico a curto prazo, mediante a utilização de novos processos produtivos e a intensificação na exploração de energia e matérias primas.

Finalmente, a partir da década de 60, o ser humano começa a considerar a finitude dos recursos naturais e a impossibilidade de manutenção do seu ritmo de

¹ Do grego “**paradeigma**”, significando padrão.

desenvolvimento e consumo. Uma breve revisão de fatos¹ apontam para essa conscientização: a publicação em 1962, do livro *"Primavera silenciosa"* por Rachel Carson, denunciando danos causados à saúde humana pela utilização de pesticidas na agricultura; a publicação em 1968, do relatório *"Limites do Crescimento"*, pelo *Clube de Roma*; a criação do **GreenPeace** em 1971; a realização da primeira grande Conferência mundial sobre o meio ambiente (*Estocolmo 1972*); a realização em 1977 da Conferência das Nações Unidas sobre desertificação; a publicação em 1980 do relatório *"North-South: a program for survival"* que pede uma reavaliação nas relações econômicas entre os hemisférios; o desastre com o vazamento de gás da *Union Carbide* em Bopal (1984); a explosão em 1986 do reator de **Chernobyl** (pior acidente nuclear da história); a publicação em 1987, do livro *"Our Common Future"*, pela *Comissão Brundtland* (**COMISSÃO MUNDIAL DE MEIO AMBIENTE, 1988**); a realização na cidade do Rio de Janeiro da **ECO 92 - "Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente"**; a realização do *Fórum das Américas em Desenvolvimento Sustentável - DS*, na Bolívia em 1996; a assinatura, em 1997, do **Protocolo de Kyoto**, compromisso de várias nações para reduzir a emissão de gases nos processos industriais; a *Conferência do Clima* em Buenos Aires em 1998, e mais recentemente, a terceira conferência latino americana sobre meio ambiente (**ECOLATINA 2000**), realizada em Belo Horizonte, tratando temas controversos como a introdução de transgênicos e a cobrança pelo uso da água.

A Conferência sobre o meio ambiente (*Estocolmo 1972*), constituiu um marco na luta pela defesa ambiental. Neste encontro, cunhou-se o termo *"sustentabilidade"* como parâmetro à discussão *"Desenvolvimento x meio ambiente"*. No final dos anos 80 com a divulgação do *"Relatório Brundtland"*, essa noção já se espalhava por vários países, principalmente os ricos, tornando-se uma espécie de ideal, ou um novo *paradigma* da sociedade contemporânea.

Tudo indica que o surgimento da expressão *"Desenvolvimento sustentável"* tenha sido inspirado na noção de *"Agricultura sustentável"*, uma vez que essa denominação já contava com alguma tradição nos debates entre agrônomos e

¹ **Fonte:** "As grandes transformações mundiais: O caminho para o desenvolvimento sustentável" extraído em 24/09/2000 do endereço WEB: <http://www.geocities.com/Heartland/Valley/5990/mundo.html>.

agroeconomistas. Muito embora, desde então, o termo tenha sido utilizado à exaustão e em alguns casos fora de contexto, duas definições merecem destaque:

- **RELATÓRIO BRUNTLAND (...)** *Desenvolvimento sustentável é aquele capaz de garantir as necessidades da geração presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras. (...) Para que haja um desenvolvimento global sustentável é necessário que os mais ricos adotem estilos de vida compatíveis com os recursos ecológicos do planeta. (...) A noção de sustentabilidade nasce da compreensão da finitude dos recursos naturais e das injustiças provocadas pelos modelos de desenvolvimento tradicionais.*
- **GLOBAL ACTION (1993)** *define Desenvolvimento Sustentável como um modelo baseado na visão equitativa e participativa do desenvolvimento e dos recursos naturais, sendo a agricultura considerada “sustentável” quando ecologicamente fundada, economicamente viável, socialmente justa e culturalmente apropriada.*

Na agricultura, nos últimos 20 anos, vem ocorrendo a lenta substituição do modelo tradicional de agricultura denominado *Revolução verde* (caracterizado pelo uso de insumos químicos, manipulação genética e motomecanização) pelo modelo *sustentável*, que tenta compatibilizar a produção e a preservação ambiental a partir de um enfoque holístico (integração das questões ambientais e humanas) e estratégia sistêmica (análise dos fluxos de energia e matéria). **EHLERS (1999)** salienta que apesar das várias definições formuladas para a agricultura sustentável, algumas características básicas podem ser citadas, tais como: a conservação dos recursos naturais (solo, água e biodiversidade); a rotação de culturas; a integração da produção animal e vegetal; a valorização de processos biológicos; a economia de insumos; a produção de alimentos de elevada qualidade nutritiva; o cuidado com a saúde dos agricultores; a reorientação da pesquisa agropecuária para o enfoque sistêmico e a adoção de políticas públicas que promovam o fortalecimento e a expansão da agricultura familiar.

A transição rumo ao paradigma da *sustentabilidade* exigirá mudanças profundas na sociedade, a velocidade dessas mudanças dependerá basicamente do seu grau de mobilização. No Brasil, o Sistema Nacional de Meio Ambiente - **SISNAMA** (Lei 6938/81), em que pese as profundas lacunas que comprometem o seu

desempenho como agente de mudança, preconiza a formação de conselhos consultivos com a participação da sociedade, sendo objetivo dos mesmos, a formulação de critérios para o controle ambiental e o licenciamento de atividades poluidoras. Em São Paulo, a criação do Conselho Estadual de Meio Ambiente - **CONSEMA**, constituiu o embrião da Secretaria Estadual de Meio Ambiente - SMA.

PHILIPPI JR. et al. (1999) comentam que a criação de câmaras técnicas e a indicação direta de representantes pelas entidades ambientalistas, possibilitaram a intervenção ativa do **CONSEMA** em processos polêmicos, como: plano de rodovias do Estado, construção da Hidroelétrica de Três Irmãos, despoluição do rio Tietê e a construção da Estrada do sol (cujo relatório de impacto ambiental foi rejeitado).

Outros fóruns destacados de participação são: O Sistema Estadual de Recursos Hídricos, criado pela Lei 7663/91, que estabelece a formação de *Comitês de bacia*, responsáveis, com o apoio de audiência públicas, pela elaboração do plano de utilização, conservação e recuperação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica. Na esfera federal, cita-se, o Sistema Nacional de Recursos Hídricos operacionalizado pela recém criada **AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA** (Lei 9984/00).

A formulação da **AGENDA 21 - Brasil**, que utiliza métodos participativos (*“workshops”* e seminários) de forma a criar o envolvimento da sociedade na discussão de temas ambientais. A elaboração e execução de leis *“participativas”* referentes ao desenvolvimento e meio ambiente regional, a exemplo da Lei 7641/91, que estabelece o **Macrozoneamento do Mogi-Pardo-Médio Grande**. Finalmente, citam-se, algumas outras medidas de suporte, tais como, a regulamentação da Lei de Uso e Conservação do solo Agrícola (Lei Estadual 6171/88) e a Lei de crimes ambientais (Lei federal 9605/98) juntamente com o Decreto Federal 3179/99 que dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

3.2. O planejamento agroambiental e suas escalas de paisagem e representação.

Na confecção de planejamentos do meio físico, duas definições merecem atenciosa reflexão: a delimitação da unidade de trabalho (*escala da paisagem*) e a seleção da *escala de representação* (desenho). **SANTOS & PIVELLO (1997)** comentam que a definição da *unidade de trabalho* deve partir da compreensão das interações e pressões sobre os sistemas naturais ou antrópicos a serem estudados. As autoras argumentam ainda, que a *escala de desenho* deve estar relacionada com a dimensão da *unidade de trabalho* e com os fenômenos a serem tratados no planejamento. Estudos de planejamento agroambiental podem delimitar desde unidades de produção (propriedades agrícolas) até amplas regiões (unidades administrativas, estados, etc.).

TAUK (1991) criticando a adoção automática de unidades hidrográficas como unidade de trabalho, comenta que a área geográfica não deve impor limite rígido ao planejamento, uma vez que a dinâmica sócio econômica da região não obedece a critérios físicos. **CARVALHO et al. (1998)** por exemplo, classificam o Estado de São Paulo em unidades sócio-ambientais homogêneas visando o planejamento regional.

Trabalhos recentes tem adotado as macro-unidades hidrográficas (bacias), ou a associação das mesmas, para a realização do *macrozoneamento agroecológico*. Nesse tipo de planejamento, indicam-se áreas preferenciais para a implantação das diversas atividades econômicas, observando-se como critério, a capacidade de absorção dos impactos ambientais nos diversos trechos da bacia. Como exemplos, citam-se : **BRASIL (1992); RIO GRANDE DO SUL (1994); SÃO PAULO (1997).**

A bacia do Mogi Guaçu (na qual se inclui a área do presente estudo), tornou-se alvo de estudos de macrozoneamento (**SÃO PAULO, 1995**) através da Lei 7641/91. **OLIVEIRA (1998)** comenta que o macrozoneamento das bacias do *MOGI-PARDO-MÉDIO GRANDE*, surgiu do debate envolvendo a sociedade organizada (universidades, municípios, poderes públicos, sociedade civil etc.), e consiste em um processo permanente de *planejamento participativo* (representado através dos Comitês de Bacia) que engloba, componentes sociais, econômicos e ambientais.

No outro extremo dimensional das unidades hidrográficas encontra-se a *Microbacia*, que por se constituir unidade geográfica natural e possibilitar a identificação

de fatores sócio-econômico-ambientais homogêneos, tem sido considerada *apropriada* para a implantação de planos conservacionistas e de manejo. **BRASIL (1987)** define microbacia hidrográfica como uma área de formação natural, drenada por um curso de água e seus afluentes, a montante de uma seção transversal para onde converge toda água da área considerada. **LIMA (1999)** comenta que a microbacia constitui a manifestação definida de um sistema natural aberto, que pode ser vista como unidade ecossistêmica da paisagem. **LANNA (1997)** define manejo de microbacia como a forma de harmonizar a produção agropecuária com a utilização dos recursos hídricos, sobretudo, quando estes tem elevada transcendência sócio-econômica para os usuários localizados à jusante. **SÃO PAULO (1987)** pondera que o “*locus*” de intervenção conservacionista em uma região com sistema fluvial denso é prioritariamente a microbacia hidrográfica, já em sistemas fluviais menos densos, a unidade deverá ser uma parcela resultante da subdivisão da microbacia.

BRAGAGNOLO (1997) analisa que a adoção da microbacia como unidade de planejamento, proporciona as seguintes vantagens: racionaliza a aplicação de recursos; estimula a organização dos produtores; reduz custos; promove a execução integrada de práticas conservacionistas; reduz riscos ambientais e, por fim, realimenta mananciais.

SÃO PAULO (1998) divulga uma síntese do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas, que deverá, com o empréstimo concedido pelo Banco Mundial - **BIRD**, recuperar e sistematizar 1.500 microbacias do Estado em um período de seis anos. **BRAGAGNOLO (1997)** relata a estratégia técnica e os resultados alcançados pelo programa de recuperação de Microbacias Hidrográficas “*Paraná rural*” (1989-1997). **SANTA CATARINA (1994)** apresenta um manual técnico com a descrição das principais técnicas conservacionistas utilizadas em seu programa de Microbacias (1991-1997). **FREITAS & KER (1996)** apontam a ausência de dados de levantamentos de clima e solo, como o principal entrave aos trabalhos de pesquisa em Microbacias Hidrográficas.

Muito embora a adoção da unidade de trabalho “*Microbacia*” seja satisfatória para a caracterização de aspectos ambientais, não se deve esquecer que a mesma está inserida em sistemas hierarquicamente superiores (bacias, municípios etc.). Recentemente, as Constituições *Federal(1988)* e *Estadual(1989)*, reconheceram o

papel dos poderes locais no planejamento de políticas agrícolas e ambientais. Apesar desse avanço, medidas complementares precisam ser tomadas em âmbito municipal, como: a criação de departamentos ambientais, a elaboração de legislação específica, e a implantação de Conselhos de Meio Ambiente. **PHILIPPI JR. et al. (1999)** informam que a resolução CONAMA nº 237/97, estipula diretrizes para os municípios, no exercício do seu licenciamento ambiental e de funções junto aos órgãos competentes do SISNAMA. A resolução estabelece que *“Os entes federados, para exercerem suas competências licenciatórias, deverão ter implementados os seus Conselhos Municipais de Meio Ambiente (constituídos por segmentos representativos da sociedade), e, possuir em seus quadros, ou a sua disposição, profissionais legalmente habilitados”*.

OLIVEIRA (1998) comenta que embora o município constitua uma instância privilegiada na circulação de informações, o mesmo comete erros de dispersão e sobreposição de estudos, mapeamento em escalas desconstruídas e divulgação deficiente. Segundo o autor, uma proposta de gestão municipal deve evoluir até a ampla utilização da informática, com a criação de bancos de dados acoplados a programas SIG, de forma a se obter serviços estatísticos, cartográficos e de monitoramento. Um exemplo de suporte na elaboração de Planos Diretores Agrícolas Municipais é o programa *PDAM* desenvolvido pelo *Instituto de Economia Agrícola - IEA*.

Associado à determinação da unidade de trabalho, encontra-se o estudo de adequação da *escala de representação* (desenho) dos diferentes produtos cartográficos. **BARROS (1996)** define *escala* como a razão entre um dado comprimento no mapa e o comprimento correspondente na superfície da terra. **RANIERI (1996)** comenta que a escolha equivocada da escala espacial pode acarretar a não aquisição de informações importantes (no caso de mapas pouco detalhados) ou, o desperdício, no caso de PIs muito detalhados, que serão reduzidos na integração de planos de informação.

SANTOS & PIVELLO (1997) comentam ser rotineiro, o fato de membros de uma equipe trabalharem com escalas diversas (diversos tipos de informação), sendo que para cada um deles, deve ser estabelecida a escala mais apropriada para o atendimento dos objetivos. No final porém, deve-se resumir os dados em uma única escala de representação, que permitirá a somatória ou o cruzamento das informações.

Planejamentos regionais utilizam escalas iguais ou inferiores a 1:500.000. Estudos relacionados a diagnósticos ambientais, utilizam escalas iguais ou superiores a 1:250.000. Trabalhos em nível de propriedade são efetuados em escalas iguais ou superiores a 1:10.000. Mapas de solo podem ser confeccionados em diversas escalas, citando-se: a exploratória *RADAM-BRASIL* (1:1.000.000); a de reconhecimento (1:500.000) como a do mapa de solos do Estado de São Paulo (**SÃO PAULO, 1999**), as semi-detalhadas (1:100.000) adotadas no levantamento de quadriculas (IAC), e as detalhadas (superiores à 1:10.000) adotadas em estudos de topossequências.

Na integração de PI's no ambiente SIG, a primeira tarefa a ser realizada é a conversão dos produtos analógicos para o formato digital. Com frequência, os materiais utilizados estão em diferentes escalas e projeções cartográficas. Esses dados devem portanto ser estruturados em um mesmo sistema de coordenadas e ajustados ao mesmo nível de generalização, de modo a que se alcance um formato geográfico padrão. Na medida em que os mapas analógicos são convertidos em mapas digitais (formato matricial) com o mesmo sistema de coordenadas e grau de generalização, ganha relevância o conceito de resolução espacial (dimensão da unidade da imagem) e perde importância a escala de origem dos produtos analógicos. Uma vez que o ajuste entre eles se dará pela opção de número de linhas e colunas que definem o tamanho do pixel.

BARROS (1996) sugere para produtos cartográficos na escala 1:10.000, uma faixa de resolução espacial entre os valores de 1.5 a 8.0 metros. Já para a escala 1:50.000, o mesmo autor recomenda a faixa de valores compreendidos entre 7.5 - 40 metros, salientando que na prática, nos estudos que utilizam produtos orbitais de sensoriamento remoto **LANDSAT 5** (resolução espacial próxima de 30 x 30m), adota-se esse tamanho de pixel como referência aos demais planos de informação.

3.3 Erosão hídrica e práticas de manejo e conservação do solo.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) definem erosão como o processo de desprendimento e arraste das partículas do solo causado pela água e pelo vento. **BERTOLINI & LOMBARDI NETO (1994)** consideram a erosão hídrica o principal problema da agricultura paulista, processo que além de degradar o solo, causa problemas na qualidade da água devido a poluição e assoreamento de mananciais. **BELLINAZZI et al. (1981)** estimam que cerca de 80% da área cultivada do Estado de São Paulo esteja sofrendo processo erosivo além dos limites de tolerância.

O processo de erosão hídrica compreende três fatores físicos distintos: desagregação, transporte e deposição: *Desagregação* compreende o processo de individualização das partículas agregadas do solo, causada pelo impacto das gotas da chuva; as partículas desagregadas salpicam com as gotículas de água e retornam à superfície, selando a porosidade superficial e reduzindo a infiltração. Quando a intensidade da chuva passa a ser maior do que a taxa de infiltração, inicia-se a segunda fase do processo (*transporte*); quando a energia do fluxo superficial, que depende do volume e velocidade da água, não é suficiente para transportar o material sólido, este se deposita, caracterizando a terceira fase do processo (*deposição*).

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) observam que gotas que golpeiam o solo contribuem para a erosão de três formas: (a) desprendem partículas; (b) transportam as partículas desprendidas e (c) imprimem turbulência à água superficial.

BERTOLINI et al. (1994) englobam práticas conservacionistas em três grupos:

- **Edáficas:** que mantém ou melhoram a fertilidade, permitindo maior cobertura vegetal da superfície do solo (adubação, calagem etc.);
- **Vegetativas:** que utilizam a cobertura vegetal como proteção do solo (cultivo em contorno, cultivo em faixas, cordões de vegetação permanente, uso de cobertura morta, cultivo mínimo etc.);
- **Mecânicas:** que utilizam estruturas artificiais para a redução da velocidade de escoamento da água sobre a superfície do terreno (terraços, cordões etc.).

Para o controle da erosão, os autores recomendam três grupos de ações:

- **Aumento da cobertura vegetal do solo:** redução de energia de impacto das gotas de chuva na superfície (densidade de plantas, calagem, adubação etc).
- **Aumento da Infiltração da água no perfil do solo:** diminuição do deflúvio superficial e aumento da capacidade de armazenagem de água.
- **Controle do escoamento superficial:** redução da poluição dos mananciais por sedimentos (preparo do solo, plantio e enleiramento em nível, terraços etc.).

BRAGAGNOLO (1997) alerta para a gravidade da adoção isolada de práticas conservacionistas mecânicas, uma vez que as mesmas atuam apenas como barreiras físicas que impedem o transporte dos sedimentos. A eficiência no controle da erosão depende da compatibilização da atividade agrícola a ser conduzida (uso) com a capacidade de uso dos solos a serem explorados. Em muitos casos, somente essa adequação não é suficiente, tendo-se que recorrer às práticas conservacionistas. Nesses casos obtêm-se resultados satisfatórios quando se associam técnicas que atuam na fase da desagregação (vegetativas) com as que atuam na fase do transporte (mecânicas). Em solos rasos ou com problemas de permeabilidade, as práticas mecânicas mais indicadas são as com gradiente (canal em desnível). Já nos profundos com boa permeabilidade, os terraços podem ser de infiltração (canal em nível).

MARQUES (1951) conduziu experimentos pioneiros nas Estações do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC avaliando práticas conservacionistas na cafeicultura. **BERTONI et al. (1982)** quantificaram o efeito das práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em estações do IAC, concluindo: que a simples utilização do “*plantio em contorno*” proporcionou um controle de 47% nas perdas de solo. Dados da Seção de Conservação do Solo - IAC, indicaram que, em cafezal, a aplicação de uma cobertura de palha de capim-gordura, na base de 25 t/mil pés, controlou as perdas de terra em 65%, e as de água em 55%. Outros trabalhos que abordaram o tema “*Conservação do solo em cafeicultura*” foram: **LOMBARDI NETO et al. (1975)_a**; **LOMBARDI NETO et al. (1975)_b**; **LOMBARDI NETO et al. (1975)_c** e **BENATTI JR et al. (1975)**.

3.4 Modelagem dos processos erosivos e Equação Universal de Perda de Solo.

Modelos matemáticos de predição de erosão podem ser utilizados na execução do planejamento agrícola. O processo de modelagem consiste na observação de processos naturais e de sua descrição matemática. Nos EUA, a descrição e armazenamento de dados e a posterior elaboração de modelos relativos à conservação dos recursos naturais tem recebido atenção desde o início do século.

MEYER (1984) comenta que a pesquisa em erosão ganhou impulso a partir da década de 20, com a implantação de centros de pesquisa em conservação do solo por “*Hugh Hammond Bennett*” (pioneiro da conservação do solo). Muito embora esse autor não tenha trabalhado com modelagem, os dados de seus experimentos foram utilizados na elaboração de modelos de predição de erosão. Dentre os quais, a “*Universal Soil Loss Equation*” - USLE (**WISCHMEIER & SMITH 1978**), adaptada no Brasil como “*Equação Universal de Perda de Solo*” - EUPS (**BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990**). Na década de 80, diversos programas foram desenvolvidos, objetivando a aplicação de modelos hidrológicos e de erosão, citando-se:

- **ANSWERS** - “*Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation*” (**BEASLEY et al., 1980**), para análise dos processos erosivos em uma microbacia.
- **CREAMS** - “*Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems*” (**KNISEL, 1980**), pioneiro por prever a perda de nutrientes junto com os sedimentos.
- **EPIC** - “*Erosion-Productivity Impact Calculator*” (**WILLIAMS & RENARD, 1985**) desenvolvido para estimar a relação entre erosão e produtividade do solo.
- **WEPP** - “*Water Erosion Prediction Project*” (**FOSTER & LANE, 1987**). Adaptado para análise de três situações distintas (a) Vertentes; (b) Bacias hidrográficas e (c) “*grids*” - Sistemas reticulados que representam subdivisões de uma microbacia.
- **AGNPS** - “*Agricultural Nonpoint Source Pollution*” (**YOUNG et al., 1989**), desenvolvido para estimar e analisar a composição da enxurrada.
- Outros softwares que automatizam modelos hidrológicos e de erosão são: **GLEAMS** (**LEONARD et al, 1987**); **ODISSEY** (**VENTURA et al, 1988**); **VirGIS** (**HESSION & SHANHOLTZ, 1988**); **ROTATION** (**MONSON & WOLLENHAUPT, 1991**).

Dentre os modelos de predição de erosão, o mais utilizado em atividades de planejamento é a EUPS. Nos EUA, vários Estados utilizaram a EUPS e o conceito de

tolerância à perdas para a formulação de políticas públicas (**SWCS, 1988**). A legislação de *WISCONSIN*, estipula que cada proprietário possua uma estimativa da erosão em sua propriedade e a formulação de um plano de adequação (**VENTURA et al., 1988**).

CHAVES (1996) relata que entre as décadas de 50 e 60, um esforço de pesquisa nos EUA resultou no estabelecimento da USLE. A filosofia dessa equação era que cada fator fosse representado por um número, podendo ser calculada a partir de dados meteorológicos, pedológicos e de parcelas de erosão, sem a necessidade de estabelecimento de qualquer base cartográfica.

NORTON & LAFLEN (1996) comentam que a maior limitação da EUPS, reside no fato de mesma prever um valor anual médio de perda de solo. **VIEIRA (1996)** comenta que não se trata de questionar o modelo, mas sim, a sua utilização indistinta, salientando que os próprios autores da equação (**WISCHMEIER, 1976; WISCHMEIER, 1984**) alertam para cuidados na aplicação do modelo. **RENARD et al. (1991)** revisaram a USLE (RUSLE-*“Revised Universal Soil Loss Equation”*). **RISSE et al. (1993)** conduziram estudo relativo à precisão da USLE, mediante comparação estatística entre as estimativas do modelo e valores medidos em 208 lotes naturais de enxurrada.

A Equação Universal de Perda de Solo - EUPS (**BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990**) exprime a ação dos principais fatores que influenciam a erosão hídrica, sendo representada pelos seguintes termos:

$$A = R . K . L . S . C . P$$

onde : **A** = perda de solo média anual em $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (atual Sistema internacional de medidas) ou em toneladas por ha ano (antiga nomenclatura)
R = fator erosividade, índice de erosão pela chuva, $(\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1})$
K = fator erodibilidade $(\text{Mg h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1})$
L = fator comprimento do declive (adimensional)
S = fator grau de declive (adimensional)
C = fator uso e manejo (adimensional)
P = fator prática conservacionista (adimensional)

3.4.1 Fator Erosividade (R)

O fator erosividade é um índice numérico que expressa a capacidade de uma chuva causar erosão. **WISCHMEIER & SMITH (1978)** verificaram que a perda de solo provocada pelas chuvas nos terrenos cultivados é diretamente proporcional ao produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos. Esse produto é denominado índice de erosão (EI_{30}) e é considerada a melhor relação para medir a potencialidade erosiva da chuva. Os valores de intensidade máxima em trinta minutos e energia cinética das chuvas são calculados por diagramas de pluviógrafos. Devido à escassez ou inexistência de registros de pluviógrafos, além da sua complexidade de análise, diversos autores tentaram correlacionar o índice de erosão com fatores climáticos que não dependessem de registros de intensidade de chuva.

LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992), utilizando vinte e dois anos de registros de precipitação (chuva) em Campinas, encontraram alto coeficiente de correlação para regressão linear entre a média mensal do índice de erosão (EI_{30}) e a média mensal do coeficiente de chuva (relação entre a precipitação mensal e a anual de uma localidade), desenvolvendo, a partir daí, um modelo para o cálculo da erosividade.

3.4.2 Fator erodibilidade (K)

O fator erodibilidade expressa a suscetibilidade de um solo em sofrer erosão; a sua magnitude varia conforme algumas propriedades inerentes ao solo, principalmente textura e estrutura, que vão influir de maneira direta na capacidade e velocidade de infiltração. O fator erodibilidade, conforme normatização estabelecida no surgimento da EUPS, tem seu valor determinado experimentalmente em parcelas de 25m de comprimento e uma declividade uniforme de 9%, em um terreno livre de vegetação por um período mínimo de dois anos. Medidas experimentais desse tipo são custosas e requerem muitos anos de determinações; tais motivos tornaram necessária a estimativa da erodibilidade do solo por outros meios (**BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990**).

WISCHMEIER et al. (1971) desenvolveram um *nomograma* para determinação da erodibilidade dos solos. **EPSTEIN & GRANT (1971)** estudaram experimentos conduzidos com simuladores de chuva, em que o fenômeno do selamento superficial influia no aumento da erodibilidade dos solos. **LOMBARDI NETO & BERTONI (1975)**

avaliaram a erodibilidade para solos do Estado de São Paulo utilizando método adaptado dos procedimentos pioneiros adotados por **MIDDLETON (1930)**. **DENARDIN (1990)** ajustou modelos com boas correlações para a obtenção do fator K em função de parâmetros físicos de diversos solos. **CAVALIERI (1994)** estimou a erodibilidade de 21 unidades de solos a partir de modelos propostos por diversos autores.

3.4.3. Fator topográfico (*LS*)

Os fatores comprimento de rampa (*L*) e declividade (*S*) exercem influência sobre a velocidade e quantidade de enxurrada e, conseqüentemente, no poder de desagregar e carregar partículas do solo. Esses dois fatores, são considerados em conjunto, como fator topográfico (*LS*) na aplicação prática da EUPS. **BERTONI & LOMBARDI NETO (1990)** definem o fator topográfico como a relação esperada de perda de solo, por unidade de área, em um comprimento de rampa e declividade qualquer, em relação a perda de solo correspondente a uma parcela unitária de 25 metros de comprimento com 9% de declividade. **BERTONI (1959)** determinou uma equação para a predição de perdas médias de solo para variadas condições de relevo.

ROCHA et al. (1995) elaboraram método para obtenção de comprimentos de rampa, baseado no cruzamento de mapas de declividade e orientação de vertentes. **RANIERI et al. (1996)** apresentam uma adaptação desse método. **BATISTA et al. (1998)** utilizam o método do retângulo equivalente para o cálculo do comprimento de rampa de microbacias. **JUAREZ SALES (1998)** demonstrou a possibilidade da utilização da EUPS para a determinação do espaçamento horizontal entre terraços agrícolas. **WILSON (1986)** estima o fator topográfico em microbacias hidrográficas. **McCOOL et al. (1989)** revisam o fator topográfico para a Equação Universal de Perda de Solo. **MOORE & WILSON (1992)** elaboram um modelo simplificado para o cálculo do fator LS a partir da *RUSLE* (Revisão da Equação Universal de Perda de Solo. **LIU et al. (1994)** estudaram o cálculo do fator *LS* da *USLE* para condições íngremes de relevo (até 55%).

3.4.4. Fator uso e manejo do solo (*C*)

O fator uso - manejo do solo corresponde à razão entre a perda de solo de uma área cultivada e a perda de solo de uma área referência, continuamente mantida com solo preparado e sem qualquer tipo de cobertura vegetal (**WISCHMEIER & SMITH, 1978**). O fator C envolve o manejo, que afeta diretamente a perda de solo. Assim, uma cultura pode ser plantada continuamente ou em rotação, seus restos podem ser removidos, queimados, deixados na superfície ou enterrados com o preparo do solo. A eficiência da cobertura vegetal varia dentro de um ano agrícola, razão pela qual o fator C é expresso em termos médios anuais. Para maior praticidade, os autores da equação propuseram o estabelecimento de 5 períodos uniformes (ao ano) em relação ao efeito da cobertura vegetal: (a) Preparo do solo; (b) Plantio até primeiro mês; (c) 1-2 meses pós-plantio; (d) crescimento e maturação; (e) colheita. Para cada um destes períodos é determinado um valor de razão de perdas de solo, que, combinado com o valor do fator *EI*, no intervalo de tempo, deriva os valores do *fator C*.

BROWN et al. (1989) estudaram o efeito da incorporação de várias quantidades de restos culturais na prevenção de processos erosivos em campos experimentais, utilizando chuvas artificiais. **RUFINO et al. (1985)** quantificaram as perdas de solo nos diferentes estádios da cultura do cafeeiro, com os índices de erosividade correspondentes a cada fase, determinando um valor médio anual para a cultura. **RENARD et al. (1991)** consideram o fator C, como o mais importante da EUPS, pois o mesmo representa condições que podem ser alteradas para a redução da erosão. **DE MARIA & LOMBARDI NETO (1997)** estabeleceram razões de perdas de solo (RPS) para o cálculo do Fator C em diferentes sistemas de manejo para a cultura de milho, concluindo haver variação significativa do fator conforme o manejo adotado.

3.4.5 Fator práticas conservacionistas (*P*)

WISCHMEIER & SMITH (1978) definem o fator P como a relação entre a quantidade de solo perdido por uma determinada prática conservacionista e a quantidade de solo perdido sob cultivo *morro abaixo*, considerando-se iguais, as condições para os demais fatores.

3.5. Tolerância à perda de solo

BERTONI & LOMBARDI (1990) definem tolerância à perda de solo, como sendo a quantidade de terra que pode ser perdida por erosão, expressa em (t/ha/ano), mantendo ainda o solo, elevado nível de produtividade por um longo período de tempo. **LOMBARDI NETO & BERTONI (1975)** estimaram fatores de tolerância à perda para os solos do Estado de São Paulo, levando em consideração: propriedades físicas dos solos (profundidade e relação textural); quantidade de terra para os diferentes perfis de solo e o período de tempo necessário para desgaste da quantidade de solo. Segundo os autores, os valores de tolerância de perdas de solo variaram de 4,5 a 13,4 t/ha/ano e de 9,6 a 15,0 t/ha/ano, respectivamente, para solos com B textural e com B latossólico, evidenciando um valor menor de tolerância para os Argissolos, devido a pequena profundidade para o desenvolvimento radicular, decorrente do acúmulo de argila em horizonte sub-superficial, e valores de tolerância mais altos para os latossolos decorrente do fato de os mesmos serem profundos e sem diferença textural acentuada entre os horizontes superficiais e os de sub-superfície.

PIERCE et al.(1984) comentam que o conceito de *tolerância à perda de solo* é considerado *vago* por diversos autores. **FRIEND (1992)** observa que refinamentos do conceito de tolerância tem sido implementados, evoluindo de uma visão econômica, de curto prazo, para o enfoque da sustentabilidade. **SPAROVEK & VAN LIER (1997)** definem equações que possibilitam a introdução de intervalos de tempo com taxas de tolerância à erosão diferenciadas. **WEILL (1999)** propõe um índice de tolerância, desenvolvido com base em estimativas de erosão e taxas presumidas de renovação do solo. **JOHNSON (1987)** avalia que na definição do valor de tolerância devem ser levados em conta: a capacidade regenerativa do solo, tipo e estágio de erosão ocorrente, redução da capacidade de armazenamento de água no perfil e perda de nutrientes. O autor salienta que os sistemas de exploração intensiva impostos aos solos não permitem a conversão do subsolo em um novo horizonte superficial, a menos que ocorra um contínuo e persistente acréscimo anual de matéria orgânica.

3.6. Sistema de capacidade de uso da terra

O uso adequado da terra é o primeiro passo em direção à agricultura correta, para isso, deve-se empregar cada parcela de terra de acordo com a sua capacidade de sustentação e produtividade econômica (**HUDSON, 1971**)

Pode-se conceituar *capacidade de uso da terra* como a sua adaptabilidade para fins diversos, sem que sofra depauperamento pelos fatores de desgaste. A expressão encerra efeitos de condições do meio físico. As principais exigências para se estabelecer o “melhor uso” de um solo decorrem de um conjunto de interpretações do próprio solo e do meio onde ele se desenvolve. Tais interpretações pressupõem a disponibilidade de um certo número de informações preexistentes fornecidas por levantamentos apropriados. A avaliação da capacidade de uso constitui poderosa ferramenta em planejamento, pois encerra uma coleção lógica e sistemática de dados e apresenta resultados diretamente aplicáveis. O sistema no entanto, não fornece todos os elementos para o planejamento, tendo-se que considerar a importância das esferas econômicas, políticas e sociais.

O sistema de classificação de terras segundo a sua capacidade de uso, foi desenvolvido nos Estados Unidos da América (**KLINGEBIEL & MONTGOMERY, 1961**), com a finalidade inicial de orientar o planejamento das práticas de conservação do solo. No Brasil, o sistema encontra-se em sua quarta aproximação (**LEPSCH et al.,1983**), sendo utilizado em um grande número de trabalhos de avaliação de terras. No referido sistema, as categorias de capacidade de uso estão assim hierarquizadas :

- **Grupos de capacidade de uso** (A,B e C): estabelecidos com base nos tipos de intensidade de uso das terras.
- **Classes de capacidade de uso** (I a VIII): definidas conforme o grau de limitação de uso.
- **Subclasses de capacidade de uso** (II-e, II-f, V-a): definidas conforme a natureza da limitação (e, s, a, c).
- **Unidades de capacidade de uso** (IIe-1, IIe-2): baseadas em condições específicas que afetam o uso da terra.

ASSAD (1998) comenta que, consideradas as condições ideais para a maioria das culturas, todo o desvio dessas condições ideais representa uma limitação à utilização agrícola. As subclasses de capacidade de uso representam uma divisão das classes, qualificadas em função da natureza da limitação, tornando, assim, mais explícitas as práticas ou grupos de práticas conservacionistas a serem adotadas. Convencionalmente, as limitações de uso podem ser de quatro tipos, à saber: “**e-**” - limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão; “**s-**” limitações relativas ao solo; “**a-**” limitações por excesso ou deficiência de água e “**c-**” limitações climáticas.

WEILL (1990)_a considera que uma grande evolução tem ocorrido nos sistemas de avaliação de terras, com relação à crescente quantificação dos atributos e envolvimento da teoria de sistemas e de modelos de simulação matemática. **BURROUGH (1993)**, discutindo métodos para análise de informações pedológicas, sugere que os levantamentos passem a adotar preferencialmente procedimentos quantitativos. **OLIVEIRA & BERG (1985)** estabeleceram um método quantitativo para a determinação da aptidão agrícola das terras.

OLIVEIRA & SOSA (1995) formularam um método que identifica as classes de capacidade de uso, para três níveis de manejo, baseado em uma escala de graus de limitação dos atributos diagnósticos (fatores edáficos, climáticos e ambientais). **GIBOSHI (1999)** elaborou um sistema especialista, cuja base de conhecimento possui regras formuladas para a execução de classificações de capacidade de uso segundo os métodos adaptados por **LEPSCH et al. (1983)** e **OLIVEIRA & SOSA (1995)**.

Por último, **HUDSON (1971)** lembra que não deve existir apenas uma classificação de capacidade agrícola da terra, mas muitas, uma vez que em cada região há diferentes fatores a serem levados em conta. Os solos e os climas variam, assim como também os costumes sociais, a posse da terra e a economia, de forma que a melhor utilização da terra é diretamente dependente desses fatores. Como o uso da classificação da capacidade de uso se difunde, muitas modificações e variações devem ser adicionadas. Segundo o autor, todavia, os métodos em geral, seguem aquele desenvolvido originalmente nos EUA (**KLINGEBIEL & MONTGOMERY, 1961**).

3.7 Parâmetros agroclimáticos da Cafeicultura no Estado de São Paulo.

O café há mais de um século constitui pilar básico da economia brasileira. Da independência até 1938, em um total de exportação de 3 bilhões e 400 milhões de libras, o café sozinho concorreu com 2 bilhões (**ARAÚJO FILHO, 1992**). A EMBRAPA informa que em 1998, a receita de exportação do café, atingiu US\$ 2,6 bilhões correspondendo a 5% do valor das exportações brasileiras¹. Os cafezais empregam 4 milhões de pessoas, de forma permanente ou temporária (**MATIELLO, 1991**).

Em São Paulo, a marcha do café em busca de terras férteis, teve seu início no Vale do Paraíba onde permaneceu por menos de meio século (exaustão dos solos). Simultaneamente à decadência dos cafezais valeparaibanos (por volta de 1880), ocorreu a expansão dos cafezais para a região oeste paulista e contrafortes ocidentais da Mantiqueira, sendo que as condições físicas desta última região eram muito similares às encontradas no Vale do Paraíba, particularmente no que diz respeito aos solos de origem cristalina (antigos “massapé” e “salmourão”), e ao relevo movimentado.

MATIELLO (1991), a respeito da dinâmica da cafeicultura, comenta que é preciso refletir profundamente sobre a história da cafeicultura no passado, marcada pela derrubada de matas, de forma indiscriminada, e por plantios de café sem a utilização de quaisquer métodos de conservação do solo. Com os conhecimentos atuais, a manutenção ou a expansão da cafeicultura deve ser tecnicamente orientada, pela seleção de áreas aptas (clima e solo) e uso de sistemas racionais de manejo.

3.7.1 Análise climática

ORTOLANI et al. (1970) relatam que o cafeeiro (*Coffea arabica*) é uma planta tropical de altitude, adaptada a clima úmido e de temperatura amena. Num cafeeiro adulto, a máxima taxa de fotossíntese ocorre a uma temperatura de 24°C, havendo um decréscimo de 10% para cada grau acrescido; assim, a 34°C a fotossíntese é nula. Devido a esse fenômeno, o crescimento e a produção do cafeeiro (arábica) são maiores em regiões de clima mais ameno. O autor comenta ainda que o café é planta pouco tolerante ao frio; temperaturas de -2,0°C junto às folhas já provocam danos nos tecidos.

THOMAZIELLO et al. (1998) relatam que a exigência do cafeeiro em umidade é bastante variável, uma vez que a necessidade hídrica depende de fatores como a

distribuição anual de chuvas, ou as condições de evapotranspiração. De forma geral, pode-se considerar que precipitações anuais de 1200mm, bem distribuídas anualmente, são suficientes para permitir um cultivo comercial. A ocorrência de períodos de seca relativa no inverno não chega a prejudicar a cultura, favorecendo a colheita e a obtenção de um produto de melhor qualidade. A análise do clima para a cafeicultura pode ser feita em três níveis: macro, topo e microclima. O *macroclima* reflete as condições regionais, avaliadas pelas estações meteorológicas, influenciado pela situação geográfica das áreas (*latitudes*, *longitudes* e *altitudes*). A altitude é um fator importante nesse zoneamento, pois influi sobre a temperatura e as chuvas. A cada 100 metros de acréscimo na altitude, a temperatura cai ao redor de 0,7°C, aumentando também, proporcionalmente, o volume das chuvas.

O *topoclima* está relacionado com a situação topográfica das áreas. Para a introdução da cafeicultura, deve-se sempre preferir as vertentes voltadas para a face norte de exposição, restringindo ao mínimo a exposição sul, tendo em vista que, os ventos frios do sul provocam danos nas folhas e nos ramos novos das plantas (porta de infecção por patógenos). À noite, a configuração dos terrenos afetam a formação de neblina, orvalho e geadas. As áreas planas, côncavas ou de baixada, onde a drenagem do ar frio é pequena, são muito sujeitas ao resfriamento e à formação de geadas. Nas zonas sujeitas ao fenômeno das geadas (sul do paralelo 19° e a oeste do meridiano 44°), deve ser evitado a localização de cafezais em encostas que tenham logo abaixo matas ou qualquer outra barreira que venha represar o ar frio. Uma medida eficiente também nessas áreas é a arborização com faixas de vegetação arbustiva, objetivando-se a perda parcial da radiação de calor.

O *microclima* depende da cobertura do solo. Quando a superfície do solo acha-se coberta, recebe menos calor. Já o solo limpo, recebe radiação solar direta e armazena calor durante o dia e, à noite, esse calor mantém a superfície e o ar próximo, mais quentes, reduzindo o risco de geadas. O microclima dentro do cafezal, depende do espaçamento, do número de plantas por cova, da variedade, do tipo de poda, do manejo do mato etc. Variando essas condições, variam também os aspectos microclimáticos, como o arejamento, a insolação, a umidade, a temperatura do solo etc.

¹ Fonte: “EMBRAPA – Café”, extraído em 09/03/2001 do endereço WEB: <http://www.embrapa.br/cafe/produtos/index.htm>

Entre os parâmetros climáticos que comprovadamente influem na produtividade da cultura do café, na região centro sul do Brasil, encontram-se: *temperatura no florescimento* (botões florais abortam não produzindo frutos, quando a temperatura diurna atinge 30°C); deficiência hídrica nos estádios fenológicos do *florescimento* (setembro - outubro) e da *granação* (janeiro à março); *seca no inverno* (pequenos déficits hídricos no período resultam em floradas uniformes e maturação igualada produzindo um café de melhor qualidade, do tipo “bebida dura”, e por último, ocorrência de geadas.

Mais recentemente, o entendimento das interações clima-produção tem se desenvolvido com o uso de modelos que procuram quantificar os efeitos climáticos sobre a produção. Os seguintes trabalhos versam sobre o teste e desenvolvimento de modelos agrometeorológicos para predições no desenvolvimento e produtividade do cafeeiro: **CAMARGO et al. (1984)**; **WEILL (1990)_b**; **PICINI et al. (1999)**.

Trabalhos pioneiros, como **(ORTOLANI et al., 1970)**, e mais recentes, como **(CAMARGO & PEREIRA, 1994)**, estabelecem os seguintes parâmetros para a definição de limitações agroclimáticas na cafeicultura:

- ***Temperatura média mínima anual* (T_a) = 18°C**: indicando o limite inferior da faixa térmica apta à cafeicultura. Abaixo disso, a cultura sofre deficiência térmica.
- ***Temperatura média máxima anual* (T_a) = 22°C**: indicando o limite superior da faixa térmica. Acima desse limite, a cultura sofre redução em sua produtividade, ocasionada pelas elevadas temperaturas na estação de florescimento.
- ***Deficiência hídrica anual* (D_a) = 200mm** : Através da análise de balanços hídricos, comprovou-se que a cafeicultura suporta deficiências de até 200mm anuais, em especial quando ocorrem no período de colheita e repouso (Junho à Setembro).

3.7.2 Exigências Edáficas

MATIELLO (1991) comenta que no cafeeiro, os fatores edáficos de maior importância são aqueles relacionados com a profundidade do solo, isto é, a camada de solo que pode ser explorada livremente pelas raízes, para suprimento de água, ar e nutrientes. Embora existam cafezais que se desenvolvam em solos com profundidade em torno de 1,0 m, estima-se que a profundidade mais adequada, especialmente nas áreas com carência hídrica, deva ser superior a 1,50 m. Os solos mais adequados ao cultivo do café são os profundos, bem drenados, porosos que apresentam textura média. Não se recomendam solos com teor de argila menor que 20% ou, quando muito argilosos, apresentarem estrutura e porosidade desfavoráveis à cultura. As áreas com grande presença de pedras e cascalhos devem ser evitadas, pois reduzem a massa do solo, deixando-o excessivamente drenado ocasionando deficiências no crescimento das raízes.

MALAVOLTA et al. (1981) ressaltam que na cafeicultura, as limitações nutricionais dos solos, podem ser corrigidas através de adubações adequadas. A análise das partes constituintes do cafeeiro (folhas e frutos) revelam uma elevada exigência quanto aos macroelementos Nitrogênio (*N*) e Potássio (*K*). Quanto ao Fósforo (*P*), o café é altamente eficiente em sua extração do solo. Em termos quantitativos, o Fósforo é o macronutriente menos exigido para o crescimento e produção do cafeeiro. Trabalhos de pesquisa revelam que os elementos Cálcio (*Ca*) e Magnésio (*Mg*) são altamente exigidos pelos cafeeiros. Em geral, a realização da calagem com calcário dolomítico, para a neutralização da acidez, resolve deficiências destes elementos. A gessagem é recomendada para solos álicos e distróficos. Em relação aos micronutrientes, relata-se em nossos solos, deficiências de Boro (*B*), Zinco (*Zn*) e Cobre (*Cu*).

Em solos depauperados, adubações orgânicas associadas à adubação química são altamente recomendáveis. A matéria orgânica auxilia na retenção da umidade do solo, aumenta o arejamento, permeabilidade e Capacidade de Troca de Cátions - CTC, melhora a assimilação de Fósforo (*P*) e o aproveitamento dos adubos químicos, fornecendo nutrientes e ativando o crescimento de microorganismos responsáveis pela mineralização dos macronutrientes, dentre outros fatores. Para a redução dos custos

com a adubação orgânica, é conveniente programar, sempre que possível, atividades que possam fornecer adubos para o cafezal. Neste caso, a palha de café e outras palhas podem ser usadas como “*cama*” no confinamento de animais, ou entrar na fabricação de compostos. Como exemplo, no caso específico da palha de café, a sua devolução ao cafezal faz retornar 40-50% dos nutrientes extraídos pela produção. O aproveitamento do mato (ervas daninhas), mediante manejo adequado, com roçadas, capinas e uso de herbicidas, é também uma forma de suprimento de material orgânico.

3.7.3 Manejo do cafezal

FERNANDES (1986) comenta que a forma de condução do cafezal depende basicamente do sistema de plantio adotado. Sendo indicados dois sistemas principais de plantio: *Sistema tradicional* (grandes espaçamentos com plantas dispostas em quadro) e *Plantio adensado* (menor espaçamento entre ruas e entre plantas na linha, o que torna o sistema altamente dependente da realização de podas e diminui o espaço para a motomecanização). Na condução do cafezal, a realização do plantio em nível, alternância de capinas, roçada do mato / utilização de herbicidas, utilização de cobertura morta (**MEDCALF, 1956**), instalação de renques de vegetação (quebra-ventos e arborização) e a construção de estruturas mecânicas (terraços, cordões em contorno etc.) garantem um controle satisfatório da erosão. O cafeeiro é muito sensível à concorrência que lhe fazem as ervas daninhas. Normalmente o controle das mesmas dá-se pela realização de quatro capinas anuais: no período da seca, o cafezal é mantido completamente limpo para não haver concorrência em água com as plantas invasoras; já no período chuvoso, visando diminuir os perigos da erosão, as capinas podem ser alternadas. As capinas podem ser manuais, mecânicas ou químicas (herbicidas pré e pós-emergentes). A utilização do implemento *roçadeira*, mantendo o mato a 10 cm da superfície, permite excelente controle da erosão, uma vez que o solo fica protegido no período das águas. Em áreas montanhosas, pode se empregar a arruação permanente como prática de controle da erosão. Durante dois ou três anos, as leiras niveladas, provenientes da varrição, vão sendo elevadas no meio das ruas. Sem a esparramação subsequente, as leiras constituem excelentes barreiras à formação de enxurradas.

3.8. Utilização de técnicas de geoprocessamento no planejamento agroambiental.

A utilização de computadores, especificamente de programas computacionais do tipo SIG, acelerou, em muito, o processamento de informações referentes a levantamentos dos recursos naturais.

JOHNSON et al. (1992) definem *SIG* como uma coleção de equipamentos, programas computacionais e dados geográficos projetados para a armazenagem, manipulação, análise, e exibição de informação geográfica georreferenciada. **CÂMARA et al. (1996)** definem *SIG* como um sistema de informação construído para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos em que a localização geográfica é uma característica inerente para tratá-los.

PAREDES (1994) analisa que a filosofia SIG é resultado da necessidade de se exercer controle dos processos ambientais, econômicos e sociais. Desde o seu surgimento, os programas *SIG* são divididos, quanto à estrutura de dados com os quais trabalham, em duas categorias:

- **Sistemas matriciais (“raster”)**: trabalham com estrutura de dados similar a uma matriz de pontos (*pixels*), composta por linhas e colunas, sendo melhor adaptados para a integração de dados espacialmente descontínuos (modelos ambientais).
- **Sistemas vetoriais**: armazenam os limites dos objetos, e não diretamente, o que está dentro desses limites; descrevem os dados por meio de vetores, isto é, linhas contendo direção e sentido. Os mesmos são apropriados para a criação de conexão (via código) desses objetos à ponteiros de bancos de dados.

SENDRA (1992), revisando o desenvolvimento da ferramenta SIG, relata que já em 1964 surgiu no Canadá o primeiro SIG, denominado *CGIS (Canadian Geographical Information System)*. O autor comenta que uma das instituições que mais contribuíram para o desenvolvimento dos programas *SIG* foi o laboratório de computação gráfica e análises espaciais da Universidade de Harvard. Na década de 70, esse laboratório desenvolveu o sistema *POLYVERT*, e posteriormente o sistema *ODISSEY* (primeiro SIG vetorial). Estes sistemas serviram de base para a criação do programa *MAP*, na Universidade de Yale, que influenciou programas posteriores, tais como *REGIS* e *IDRISI*.

As primeiras ferramentas SIG já estavam voltadas para a sistematização de dados de planejamento agrícola. A utilização de SIG no planejamento conservacionista possibilitou a geração de bancos de dados codificados espacialmente, e a realização de cruzamentos de uma grande diversidade e volume de informações ambientais, que, se realizados de forma manual, levariam muitos anos para serem concluídos. De igual importância, foi a utilização de procedimentos de classificação digital de imagens orbitais, visando à determinação de mapas de uso do solo.

FORMAGGIO et al. (1992) comentam que a disponibilidade de um sistema *automatizado e não subjetivo* para a obtenção de aptidão agrícola, associado à verificação periódica da existência de conflitos entre o melhor uso possível e o uso atual dado às terras agrícolas, afiguram-se como meios às entidades governamentais no monitoramento ambiental.

VALÉRIO FILHO & PINTO (1987) explicam que o processamento digital de imagens consiste na aplicação de funções matemáticas ou algoritmos aos dados gerados pelos sensores, os quais são transformados em novos produtos (imagens). Para melhor entendimento, deve-se ter em mente que a imagem digital é formada pela conversão do sinal analógico medido pelo sensor, armazenado em forma digital numa fita magnética compatível com o computador, para posterior processamento em SIG. Assim, a imagem digital é uma representação numérica dos valores de radiância (fluxo de energia solar refletido pelo alvo), correspondentes a cada pequena cela unitária imageada no terreno (*pixel*). Estes valores digitais são normalmente referidos como níveis de cinza, número digital ou ainda valores de brilho (percepção visual do mais claro ou mais escuro) e, somente valores inteiros ou discretos são assumidos (0 a 255).

PINTO (1991) observa que os alvos absorvem, refletem e emitem radiação eletromagnética (*REM*) de forma diferenciada, em função de suas propriedades específicas. O comportamento espectral dos diferentes alvos presentes na superfície terrestre é produto da complexa interação entre a energia solar e a matéria, condicionado também por outros aspectos do contexto ambiental, tais como: influências da variação do ângulo de elevação solar, do ângulo de visada do sistema sensor e também de parâmetros de ordem meteorológica (cobertura de nuvens, umidade etc.).

As imagens geradas por sensores remotos estão sujeitas a distorções decorrentes de oscilações na plataforma dos sensores, causando imprecisão cartográfica. A *correção geométrica* tem por objetivo corrigir esses efeitos. A técnica consiste em localizar pontos de controle na imagem e em mapas (*coordenadas LAT/LONG ou UTM - Universal Transverse Mercator*) ou obtidos através de *Global Positioning system - GPS*, fazendo-se a correção das distorções da imagem a partir de um modelo matemático baseado no arquivo com os pontos coletados.

DONZELI (1998) comenta que as principais técnicas de processamento digital de imagens utilizadas em trabalhos de determinação do uso do solo são: ampliação de contraste, operações aritméticas entre bandas, elaboração de composições coloridas e classificações das imagens. Essas operações proporcionam uma melhoria na qualidade da imagem, realçando as informações nas mesmas.

A ampliação linear de contraste consiste numa expansão do intervalo de níveis de cinza da imagem original, numa tentativa de fazer ocupar os 255 níveis possíveis, obtendo-se, assim, uma maior discriminação dos alvos. Já os filtros, são operações que visam realçar, suavizar ou eliminar diferenças entre *pixels* dentro de uma imagem. Os filtros de suavização, também denominados de “passa baixa”, utilizam média, moda e mediana para modificar a imagem. Os filtros de realce, também chamados de “passa alta”, realçam as diferenças, atribuindo valores maiores para o pixel central da janela.

A composição colorida consiste em combinar diferentes bandas de uma mesma imagem, para produzir uma imagem final colorida. Essa operação tem como objetivo facilitar a identificação de alvos na superfície. Para formar a imagem colorida é necessário que cada banda da imagem esteja associada a uma das três cores primárias (**R**ed - vermelho, **G**reen - verde, **B**lue - azul). Desta forma, os níveis de cinza das bandas espectrais definem o padrão de esquema de cores **RGB** (padrão utilizado pelos monitores de vídeo). Por exemplo, quando se associa a banda 4 **LANDSAT / TM** (que apresenta a energia refletida pela vegetação) ao vermelho no esquema de cores, a imagem final mostrará a vegetação em tons de vermelho; neste caso, a composição colorida é denominada composição “falsa cor”.

A classificação digital de imagens é um processamento utilizado para separar classes de “*pixels*” dentro do universo de dados de uma imagem. A classificação poderá

ser do tipo supervisionada ou não supervisionada. Na classificação não supervisionada o sistema decide quantas classes serão separadas e quais *pixels* pertencerão a cada classe. Já na supervisionada, o usuário identifica *pixels* pertencentes às classes desejadas (através da demarcação de áreas de treinamento), e o sistema computacional identifica os outros *pixels* pertencentes àquela classe, baseado em regra estatística.

CRÓSTA (1999) descreve três métodos de classificação supervisionada:

- **Método do paralelepípedo:** considera uma área no espaço ao redor do conjunto de treinamento. Este volume tem a forma de um quadrado ou paralelepípedo.
- **Método da distância mínima:** calcula a média estatística para cada classe, em cada banda espectral, segundo o conjunto de treinamento definido, e classifica os demais pixels de acordo com a proximidade dos mesmos em relação a esta média.
- **Método da máxima verossimilhança:** estima a probabilidade de um determinado pixel pertencer a uma determinada classe, o método prescinde de um conjunto elevado de pixels para cada conjunto de treinamento. Caso os mesmos não sejam representativos, corre-se o risco de que a classificação contenha imprecisões sérias.

Maior detalhamento das técnicas de processamento digital de imagens, bem como, especificações sobre produtos de sensoriamento remoto (**LANDSAT/TM**, **SPOT** etc.), podem ser obtidos em **GARCIA (1982)**; **NOVO (1992)** e **CRÓSTA (1999)**.

A utilização do geoprocessamento e a integração de PI's via SIG no planejamento conservacionista já foi tema de vários trabalhos, destacando-se: **NIERO & LOMBARDO (1979)** avaliaram o uso da terra em imagens orbitais **LANDSAT**. **IPT (1986)** utilizou imagens **LANDSAT** no estudo de controle de erosão dos solos na bacia do Rio do Peixe - Paranapanema - SP.

CAVALLI (1999) apresentou metodologia para integração de imagens **LANDSAT** e **NOAA** na determinação da degradação do solo por erosão. **JAKUBAUSKAS et al. (1992)** avaliaram produtos dos sensores **LANDSAT** e **SPOT** para a entrada de dados no modelo - **AGNPS**.

MELONI & TOLEDO (1996) realizaram avaliação de algoritmos de classificação supervisionada do SIG-IDRISI 2.0. **PINTO (1991)** elaborou metodologia utilizando

técnicas de sensoriamento remoto e integração de dados via *SIG* - *INPE* visando à caracterização de erosão do solo no município de Casa Branca - SP.

DONZELI et al. (1992) empregaram técnicas de sensoriamento remoto e integração de dados para o planejamento da Microbacia Córrego São Joaquim - Pirassununga - SP.

LOMBARDI NETO et al. (1995) realizaram o planejamento agroambiental, via SIG, de uma microbacia no município de Iracemápolis - SP, visando à melhoria qualitativa e quantitativa do fornecimento de água para o Município. **HAMADA et al. (1995)** calcularam o risco de erosão (perda de solo dividida por índices de tolerância a perda dos mesmos) pela aplicação do modelo EUPS.

CASTRO & VALÉRIO FILHO (1997) avaliaram o impacto de diferentes estratégias de manejo Florestal por intermédio de simulação de “cenários” em *SIG*. **CAVALIERI (1998)** comparou métodos de avaliação de terras para a quadrícula de *Moji-Mirim-SP*, utilizando técnica de integração de *PI's* via *SIG* IDRISI-2.0.

CAVALLI (1998) determinou classes de risco de erosão para doze subdivisões da bacia do Piracicaba através da utilização da EUPS e integração de *PI's* via *SIG*.

RANIERI (1996) analisou dois métodos de predição de perda (EUPS e método qualitativo) em duas escalas de representação, através da integração de *PI's* via SIG. Outros trabalhos com a mesma abordagem metodológica, à serem citados, são: **PINTO (1983); BUENO (1994); PINTO (1994); KUNTSCHIK (1996); SAIZ (1996); VASQUES FERNANDES (1996); FADINI (1998); NASCIMENTO (1998); SILVA (1999); CERRI (1999); LIMA (2000); YOUNG (2000).**

4. MATERIAL E MÉTODOS

O capítulo material e métodos está organizado em quatro itens.

- O primeiro item (4.1), apresenta uma descrição fisiográfica (geologia, drenagem, solos, clima etc.) das duas unidades de paisagem propostas no estudo (município e microbacia). No sub-item 4.1.7; são abordados aspectos sócio-econômicos do município (dados **IBGE** e **SEADE**), bem como, aspectos relacionados aos sistemas de produção e níveis de manejo empregados nas 488 propriedades constituintes do Município (dados provenientes do Levantamento de Unidades de Produção Agropecuária – **LUPA**, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo).
- O segundo item (4.2), relata os métodos utilizados na preparação dos produtos digitais de análise. Os sub-itens 4.2.1 e 4.2.2, descrevem respectivamente, a elaboração dos produtos digitais de análise “Risco de erosão” e “Adequação do uso do solo” nas escalas de município e microbacia. O sub-item 4.2.3. descreve a elaboração de produtos digitais correspondentes à parâmetros de aptidão climática na cafeicultura (somente para a escala municipal de paisagem). O item 4.2.4, descreve a aplicação do Índice de comparação estatística (Kappa), utilizado para comparação dos produtos digitais (declividades, risco de erosão e adequação de uso) elaborados à partir de bases topográficas distintas.
- O terceiro item (4.3), relata os trabalhos de reconhecimento e coleta de dados no campo (Geoprocessamento).
- O quarto item (4.4), consiste na listagem da documentação, materiais e equipamentos, utilizados na realização da presente proposta de planejamento agroambiental.

4.1 Caracterização geral da área de estudo.

4.1.1. Localização do município.

O município de *Santo Antônio do Jardim - SP* (Figura 1), possui área de 10.875 ha (108km²), localizada entre as coordenadas: 22° 06' - 22° 11' S e 46° 36' - 46° 46' W, altitudes entre 776-1317m, fazendo divisa ao norte e a leste com o Estado de Minas Gerais (Rio Jaguari-Mirim e Serra da Mantiqueira), e ao sul, com o município de Espírito Santo do Pinhal - SP (Serra do Bebedouro).

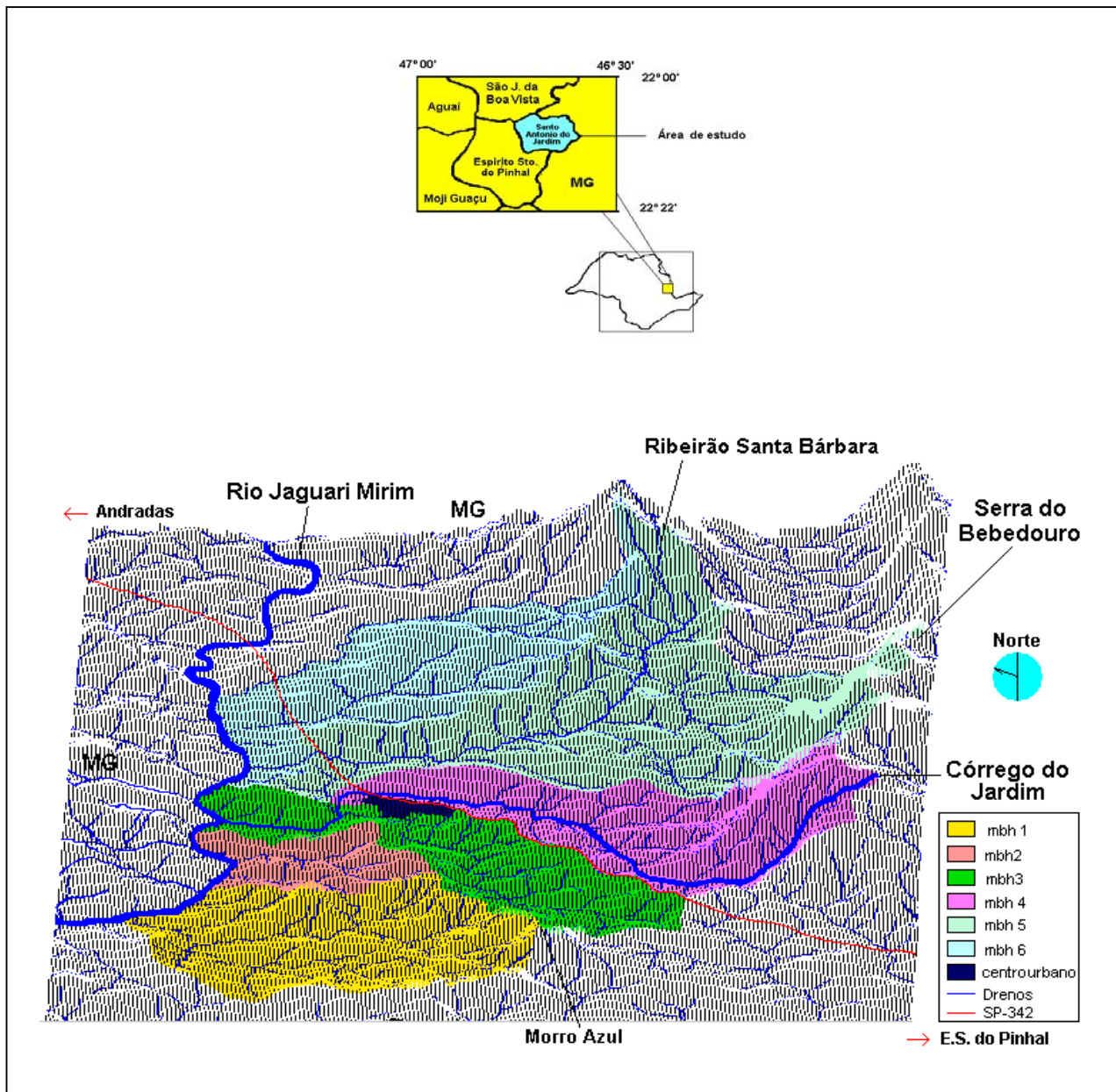


Figura 1. Área de estudo: localização, drenagem e divisão em microbacias.

4.1.2. Caracterização fisiográfica da MBH do Córrego do Jardim .

A área de captação da Microbacia do Córrego do Jardim (Figura 1) ocupa 1634 ha, seu sistema de drenagem corresponde ao padrão dendrítico, sobressaindo-se dois drenos de primeira ordem, originários de nascentes do alto da Serra do Bebedouro, que ao se juntarem mais abaixo, formam o córrego que dá nome a cidade. A MBH pode ser dividida em duas regiões topograficamente distintas: **a região serrana** correspondente à parte da Serra do Bebedouro (*anexo7–foto1*), com predomínio de declividades superiores à 25%, apresentando solos com presença variável de cascalho e afloramentos rochosos. Esse segmento possui grande importância no contexto ambiental regional, por comportar grande número de nascentes que abastecem o município. Não obstante a importância da preservação desses mananciais, constata-se a ausência de vegetação protetora nos cumes dos morros (*foto 2*), a ocupação com cafeicultura em áreas montanhosas (*foto 3*), e, presença de lavouras de subsistência e cafeicultura nos contrafortes da serra do Bebedouro (*foto 4*).

O outro compartimento da MBH é a **região de morros paralelos** (*foto 5*), cujo limite à montante é a região serrana e a jusante é o núcleo urbano do município, a mesma é composta por terrenos onde predominam declividades em torno de 12 -18%, formados por solos relativamente profundos sem a presença de cascalho. Esses terrenos com declives mais suaves estão ocupados, quase em sua totalidade, com a cafeicultura tradicional (maiores espaçamentos, mecanização e presença da variedade *Mundo Novo*), bem como, pela presença de pastagens para a pecuária leiteira.

O uso agrícola, intensivo nesta unidade, nem sempre acompanhado de medidas conservacionistas, acarreta problemas de erosão e deposição de sedimentos no Córrego do Jardim. Em áreas de cafeicultura ocorre (em maior ou menor grau) o processo de erosão laminar, devido a má cobertura da superfície do solo, escoamento de água de propriedades vizinhas, não reposição de matéria orgânica etc. Em áreas de pastagens ocorre a erosão em sulcos devida aos seguintes fatores: cobertura insuficiente do solo por pastagens mal manejadas; adoção de práticas conservacionistas inadequadas; formação de trilhos e pisoteio por concentração de animais na margem dos rios (*foto 6*).

4.1.3. Geomorfologia e Geologia

A compartimentação geomorfológica do Estado de São Paulo aponta a área de estudo como pertencente à província geomorfológica do Planalto Atlântico. **ROSS & MOROZ (1997)** enquadram a área de estudo em uma sub-unidade do Planalto Atlântico denominada Planalto de Serra Negra / Lindóia. Na mesma, predominam morros com topos aguçados ou convexos, entalhamento dos vales variando entre 20-160m, altimetrias entre 900-1100m e ocorrência de declividades superiores a 40% nas regiões serranas (Serra do Bebedouro e Morro Azul).

ABREU (1973) comenta que a complexidade na organização paisagística desta região, aumenta sensivelmente no contacto entre os sedimentos da Bacia do Paraná e o embasamento Cristalino, sendo inegável que o povoamento e a ocupação do solo refletem determinantes da paisagem. O autor acrescenta, que o conhecimento desta estrutura, adquire elevada importância na realização de planejamentos para a região.

Segundo o mapa geológico do Estado de São Paulo (**IPT, 1981**), a área em estudo localiza-se na unidade litoestratigráfica do Embasamento Cristalino, denominada Complexo Varginha. A referida unidade possui como litologia predominante uma associação de migmatitos e granitóides diversos; ocorrência de granitos e granitóides polidiapíricos de granulação variada. Em relação ao seu sistema de drenagem, a região manifesta as características comuns a toda morfoescultura do Planalto Atlântico, apresentando padrão dendrítico com adaptações às direções estruturais. O rio Jaguarí-Mirim (mais importante da região) reflete esse padrão. À medida que o mesmo deixa os terrenos cristalinos e ingressa na planície sedimentar, passa a depositar intensamente, pois, atravessando uma “fall-zone”, vai deixando atrás de cada soleira, detritos de calibre progressivamente menor (zona de intensa mineração de argila e areia).

O mapa de erosão do Estado (**IPT, 1995**), estabelece a região de estudo como altamente susceptível a processos erosivos devido aos fatores: relevo acidentado, baixa coesão do saprolito e rampas médias e longas, que favorecem a ocorrência de erosão laminar intensa, sulcos, ravinas, rastejos e escorregamentos muito frequentes.

4.1.4. Solos

O presente trabalho utiliza informações dos levantamentos pedológicos semi-detalhados (**OLIVEIRA, 1992; OLIVEIRA et al., 1982**). Buscou-se através desse procedimento, aproveitar a pormenorização das informações fornecidas por esses levantamentos, bem como tirar proveito da proximidade relativa entre a escala do levantamento pedológico e a das bases topográficas utilizadas. Desse modo, optou-se pela utilização do nível categórico “unidade de solo”, excetuadas as referências genéricas feitas aos grandes grupos de solos (latossolos, argissolos etc.).

A Tabela 1 apresenta a correspondência entre a classificação adotada nos levantamentos semidetalhados e a nomenclatura utilizada no mapa pedológico do Estado de São Paulo por (**OLIVEIRA, 1999**), baseada em (**EMBRAPA, 1999**).

Tabela 1. Correspondência de Nomenclatura entre o levantamento semidetalhado e a atual classificação para os solos da região de estudo.

Levantamento semidetalhado (OLIVEIRA, 1992)			Classificação atual (OLIVEIRA, 1999)	
Classe	Unidade	Descrição	Classe	Sigla
Podzólico Vermelho Amarelo (PV5)	Cristalino	Indiscriminados	Argissolo Vermelho Amarelo	PVA
Podzólico Vermelho Amarelo com cascalhos (PV5c)	Cristalino com cascalhos	Indiscriminados	Argissolo Vermelho Amarelo	PVA
Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico (PVL)	Cristalino Latossólico	Latossólicos indiscriminados	Argissolo Vermelho Amarelo	PVA
Cambissolos (C1/p)	Sete Lagoas	A moderado, textura indiscriminada	Cambissolo	C
Latossolo Vermelho Escuro (Led3)	Limeira	Distrófico; A moderado; textura argilosa	Latossolo Vermelho	LV
Latossolo Vermelho Amarelo (LVd8)	Camarguinho	Álico, A húmico, textura argilosa leve	Latossolo Vermelho Amarelo	LVA
Latossolo Vermelho Amarelo (LVd3)	Mato Dentro	Distrófico ou Álico, A moderado, textura argilosa leve	Latossolo Vermelho Amarelo	LVA
Latossolo Vermelho Amarelo (LVd4)	Ponte Funda	Distrófico ou Álico, A moderado, textura argilosa leve	Latossolo Vermelho Amarelo	LVA

O Levantamento de solos da quadrícula de Moji-Mirim confirma a seqüência das classes de solos ao longo do relevo (anexo 1a): Latossolos ocupam os topos aplainados (declividades entre 0-6%), Argissolos a média vertente (sendo que os com presença de cascalho predominam em regiões serranas ou de escarpas). O levantamento registra também a ocorrência de um Cambissolo formado em terrenos aluvionais (pequenas várzeas) do Rio Jaguari-Mirim. Em relação à utilização agrícola dos solos, verifica-se a predileção dos Latossolos para a cafeicultura, recaindo nos Argissolos e nos Cambissolos, a ocupação com pastagens (anexo 1b).

PRADO (1997) esclarece que a intensidade do processo de intemperismo nos domínios tropicais (dessilicatização e acúmulo de sesquióxidos de ferro e alumínio) condiciona a presença de solos profundos e bem drenados, com baixos valores de saturação por bases (V) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) nos horizontes superficiais. Confirmando essa definição, nenhum Latossolo da área possui caráter eutrófico ($V > 50\%$); os Latossolos distróficos ($V < 50\%$) apresentam limitações no tocante à fertilidade, a qual, entretanto, pode ser corrigida sob sistemas de manejo intensivo. Já os solos com caráter álico (presença de alumínio tóxico no horizonte subsuperficial) são mais difíceis de serem corrigidos. Os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA), mesmo quando bem drenados e profundos, apresentam alto risco de erosão e dificuldades para motomecanização impostas pelos declives acentuados.

4.1.5. Vegetação original

A vegetação original da área de estudo enquadra-se na definição de florestas latifoliadas tropicais, variando de decíduas a perenifolias conforme vão aumentando as altitudes da Serra da Mantiqueira. Essa variação é proporcionada pelo aumento da umidade, conseqüência da barreira orográfica. A referida formação está *preservada* somente nas escarpas mais íngremes das regiões serranas. Nos setores rebaixados ela já foi praticamente toda destruída, restando vestígios, apenas nos altos dos morros mais salientes e em algumas reservas florestais particulares.

4.1.6 Clima

RUSSO JR. (1980) utilizando a classificação de **Köppen**, observa na região o contato entre dois sub-tipos do domínio tropical: **Cwa** - caracterizado pela ocorrência de inverno seco e verão chuvoso para as áreas de menor altitude (próximas ao Rio Jaguarí-Mirim), e **Cwb** caracterizado pela ocorrência de verões com temperaturas mais amenas para as regiões serranas limítrofes com o Estado de Minas Gerais. Escolheram-se como representativos para o estudo climático da região, os dados gerados pelo posto meteorológico do Departamento de Águas e Energia Elétrica - **DAEE**, localizado no município de Espírito Santo do Pinhal (22°16' de latitude Sul, 46° 45' de longitude Oeste e altitude de 760 m). Segundo os registros, o município apresenta uma estação chuvosa de outubro a março, com 1.252mm, com uma temperatura média variando de 21,5°C a 23,3°C e uma estação mais seca, de abril a setembro, com 325 mm (21% da precipitação média anual) e temperatura média variando de 17,1°C a 20,8°C. O valor do total pluviométrico anual médio é de 1577 mm (período 1961-1991), sendo que nos meses mais secos (junho, julho e agosto) o total pluviométrico mensal médio gira em torno de 40 mm; durante os meses mais chuvosos (dezembro, janeiro e fevereiro) o total pluviométrico mensal médio gira em torno de 223 a 275 mm mensais.

4.1.7 Aspectos sócio-econômicos

A região que engloba o município de Santo Antônio do Jardim constitui importante área de circulação, sendo que a rede viária local dá acesso às cidades turísticas do sul do Estado de Minas Gerais, e também aos municípios que compõem o circuito das águas minerais paulistas. A agropecuária é a principal atividade regional, associada à agroindústria de transformação dos produtos agrícolas (laticínios, café, conservas), constituindo-se nos principais pólos atrativos de mão de obra.

Segundo o *Sistema Estadual de Análise de Dados - SEADE (dados de 1997)*, o município possui 6251 habitantes (densidade demográfica de 60 habitantes por km²), dos quais, aproximadamente 53% residem e trabalham na sede do município, ocupados com as atividades de comércio e prestação de serviços. O restante da população habita e trabalha na zona rural, ficando um grande contingente desta, restrito à oferta sazonal de empregos oferecidos na agricultura. Em relação à condição de trabalho, a agricultura

e os serviços vinculados à agroindústria são responsáveis por uma grande quantidade da oferta. A taxa de analfabetismo da população adulta aproxima-se de 20%, sendo de quatro anos, em média, o período de anos de estudo dos chefes de família. A quase totalidade dos domicílios e estabelecimentos urbanos e rurais é atendida pelo abastecimento de água tratada (97% no ano de 1991); a totalidade do município conta com serviço de coleta de lixo; sendo que os rejeitos industriais são depositados em áreas comuns ao lixo domiciliar (o município não possui aterros sanitários); 85% do esgoto sanitário recebe tratamento; 78% das propriedades dispõem de energia elétrica para uso residencial ou para a atividade agrícola

Segundo dados do *Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agropecuária - LUPA*, o município é composto por 458 propriedades rurais, das quais: 75% possuem dimensões inferiores a 20 ha (apenas 4 propriedades possuem dimensão superior a 200 ha); 32% são ocupadas pelos proprietários, 51% ocupam trabalhadores temporários. Essas características de módulo pequeno e emprego de mão de obra temporária denotam adoção de exploração intensiva. Outra característica importante é o alto nível de manejo adotado pelos agricultores do município na condução da atividade: 85% dos mesmos utilizam assistência técnica; 87% fazem análise do solo; 89% realizam calagem; 87% realizam adubação orgânica; 89% utilizam práticas de conservação do solo; 88% utilizam sementes melhoradas.

Uma grande parcela das unidades de produção apresentam a cafeicultura como atividade agrícola principal (78%); uma parte significativa destas mescla a cafeicultura com a atividade pecuária e a criação de pequenos animais, prova disso, são os números expressivos de unidades de produção ocupadas com espécies forrageiras (gramíneas, milho e cana-de-açúcar). Em relação à pecuária, mais da metade das unidades de produção (56%) possuem rebanho bovino (apenas duas se dedicam a bubalinocultura); 33% das propriedades possuem um ou mais animais eqüinos; 23% das propriedades possuem asininos ou burros; 17% das unidades dedicam-se à avicultura (corte e postura); 3% dedicam-se à caprinocultura (demais estatísticas agrícolas em anexo2).

4.2. Produtos digitais de análise.

O Planejamento agroambiental consistiu na elaboração e análise de produtos digitais. Na escala **municipal** foram elaborados os produtos: “Risco de Erosão” (EUPS); “Adequação de uso” (capacidade de uso x uso atual) e “Parâmetros de aptidão climática na cafeicultura” (balanço hídrico, aptidão térmica e orientação de vertentes). Já na escala de **microbacia**, elaborou-se produtos relativos aos riscos do uso inadequado das terras. O estudo dos parâmetros climáticos não foi realizado nessa escala devido à ausência de dados agroclimatológicos para a unidade hidrográfica.

O primeiro passo na confecção dos produtos digitais foi a digitalização de informações cartográficas básicas das duas unidades de estudo. Utilizou-se nesse processo uma mesa digitalizadora conjugada ao programa *AutoCAD 12*, convertendo-se, as informações das cartas planialtimétricas do *IBGE Esc:1:50.000* (folhas de Aguai e Pinhal) e das folhas do Levantamento Grande São Paulo *SEPLAN Esc:1:10.000* para o formato digital. O mesmo procedimento foi repetido para aquisição de dados da carta pedológica semidetalhada: *Quadrícula de Moji-Mirim, Esc:1:100.000 (OLIVEIRA, 1992)*.

Após a preparação dos “layers” nos arquivos de desenho *AUTOCAD*, converteu-se os mesmos para o formato geral de exportação (*DXF*). Utilizando-se o aplicativo *DXFCON (SANTOS, 1998)* para conversão dos dados de “altimetria” (*DXF*) para o formato texto (*XYZ*), utilizando-se esse arquivo como “input” no processo de interpolação no ambiente *SURFER*. Na interpolação do Modelo Digital de Elevação adotou-se o método da “*Curvatura mínima*” para ambas as escalas de representação.

Para a representação do MDE municipal, adotou-se a resolução espacial de 30 metros (*píxel de 30 x 30m*), estabelecendo-se como limites, as coordenadas **UTM** (eixo X mínimo = 317990; eixo X máximo = 335990; eixo Y mínimo = 7546000; eixo Y máximo = 7558000), fuso 23 (meridiano central 45°), Datum Córrego Alegre, com representação “*raster*” de 600 colunas por 400 linhas. Para a representação do PI topográfico da microbacia adotou-se a mesma resolução, visando possibilitar a integração desse PI topográfico detalhado com os demais PI’s oriundos do planejamento municipal.

4.2.1. Produto de análise “Risco de Erosão”

Para a predição da perda de solo no município, procedeu-se à integração dos PI's correspondentes aos fatores da Equação Universal de Perda de Solo - EUPS (conforme a figura 2). Para a predição da perda de solo na MBH, utilizou-se recorte (com a área da MBH) dos PI's gerados para o município (uso atual e solos) em conjunto aos demais planos elaborados à partir da base planialtimétrica detalhada.

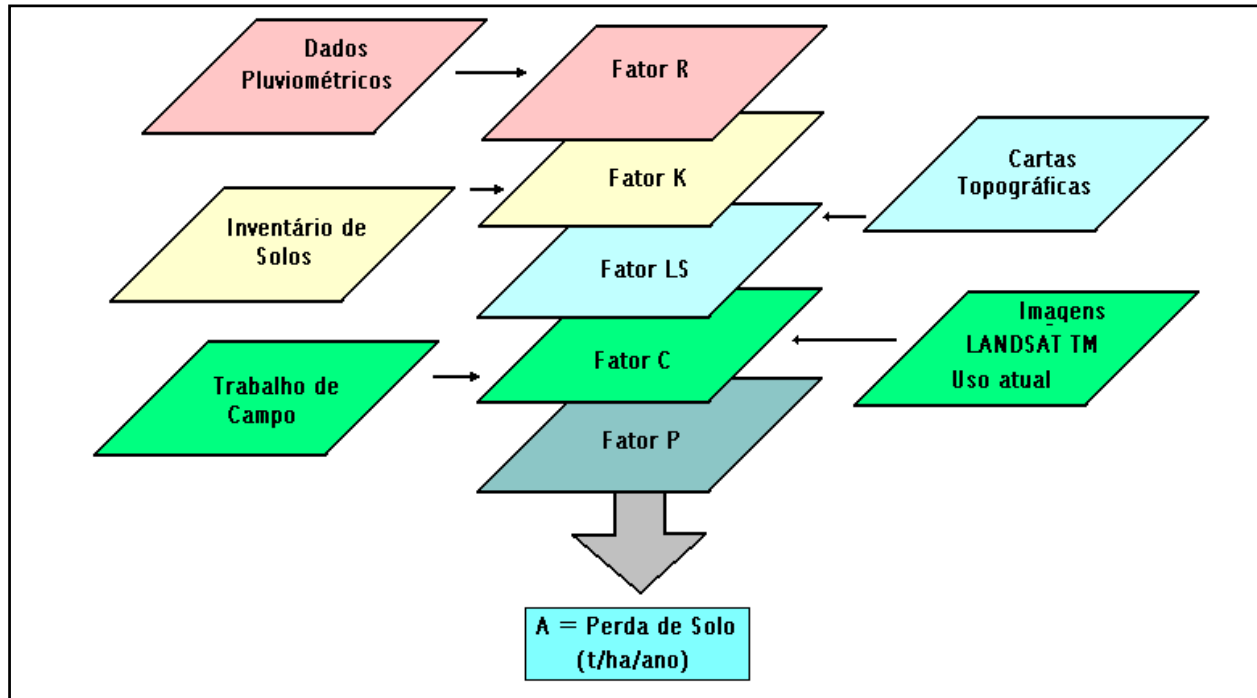


Figura 2. Esquema de Integração de PI's para o cálculo de perda de Solo (A).

4.2.1.1. Fator erosividade (R)

No cálculo do potencial erosivo foi utilizado o modelo de **LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992)** modificado por **LOMBARDI NETO (1995)**¹, que correlaciona a precipitação média mensal e a média anual de uma localidade.

$$EI = 89,823 \times (r^2 / P)^{0,759}$$

Onde: **EI** é a erosividade da chuva do mês *i* (em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹)
r é a precipitação média mensal do mês *i* (em mm)
P é a precipitação média anual (em mm)

¹ **Fonte:** Comunicação pessoal.

Para a aplicação no modelo, utilizou-se os totais pluviométricos mensais e anuais do período 1961-1991 (anexo 3), coletados no posto meteorológico do Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, situado na cidade de Espírito Santo do Pinhal -SP (22° 16' de latitude sul, 46° 45' de longitude Oeste e altitude de 760m).

4.2.1.2. Fator erodibilidade (*K*)

Os valores de erodibilidade para os solos da região são resultantes da aplicação do modelo formulado por **DENARDIN (1990)**, modificado por **LEVY (1995)**. A Tabela 2 apresenta os solos do município (**OLIVEIRA, 1992**). Os valores de tolerância à perda dos mesmos foram estimados por **BERTONI & LOMBARDI NETO (1990)**.

Tabela 2 Valores de erodibilidade (Fator K), tolerância à perda e área para solos de Santo Antônio do Jardim - SP.

Unidade	Relevo	Fator K Mg h MJ ⁻¹ mm ⁻¹	Tolerância Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Área (ha)
LIMEIRA (LV)	Suave ondulado	0.0167	12.3	30.8
CRISTALINO (PVA)	Suave ondulado + ondulado	0.0396	7.0	2714.9
CRISTALINO COM CASCALHOS (PVA)	Fortemente ondulado	0.0396	7.0	84.4
CAMARGUINHO (LVA)	Suavemente ondulado	0.0125	12.6	932.4
SETE LAGOAS (C)	Plano	0.0350	6.7	96.1
CRISTALINO (PVA)	Ondulado	0.0396	7.0	1999.5
MATO DENTRO (LVA)	Suavemente ondulado	0.0246	12.6	87.2
PONTE FUNDA (LVA) + LATOSSÓLICO (PVA)	Suavemente ondulado + Suavemente ondulado	0.0201	11.5	1385.1
CRISTALINO COM CASCALHOS (PVA)	Fortemente ondulado	0.0396	7.0	340.2
CRISTALINO COM CASCALHOS (PVA)	Montanhoso	0.0396	7.0	1130.9
CRISTALINO (PVA)	Plano (platô)	0.0396	7.0	26.6
CRISTALINOS LATOSSÓLICOS (PVA) + CRISTALINO (PVA)	Ondulado + suavemente ondulado	0.0357	8.7	1909.0

4.2.1.3. Fator topográfico (*LS*)

A intensidade de erosão pela água é grandemente afetada pelo comprimento do declive e por seu gradiente. Para o cálculo do fator topográfico utilizou-se o modelo de **BERTONI & LOMBARDI NETO (1990)**, baseado nos dois parâmetros citados.

$$LS = 0.00984 C^{0.63} * D^{1.18}$$

Onde: **C** = comprimento de rampa (em metros);

D = declividade (em %)

O parâmetro “Declividade” (**D**) foi gerado mediante o emprego do módulo *SURFACE – IDRISI*, utilizando-se como entrada, os dados planialtimétricos gerados por interpolação no programa *SURFER*. O mapa contínuo de declividade assim obtido, foi reclassificado adotando os seguintes intervalos: *A* (0-3%); *B* (3-6%); *C* (6-9%); *D* (9-12%); *E* (12-18%); *F*(18-25%); *G* (>25%). Adotou-se para o Parâmetro “Comprimento de rampa”, valores similares aos calculados como espaçamento entre terraços para os dois principais usos do solo no município (cafeicultura e pastagens).

A adoção de valores de comprimento de rampa similares aos de espaçamento de terraços (variáveis de acordo com os valores médios de cada classe de declividade, conforme a tabela 3), deveu-se ao pressuposto da região de estudo ser altamente sistematizada, com larga utilização de práticas mecânicas de conservação do solo (terraços, cordões em contorno etc). Os valores de comprimento de rampa segundo as classes de declividade, foram obtidos de forma similar aos obtidos por **JUAREZ SALES (1998)**, acrescidos de informações fornecidas por **LOMBARDI NETO**.

Tabela 3. Comprimentos de rampa correlacionados às classes de declividade.

Classes de declividade (%)	Comprimento de rampa (m)
0 – 3	200
3 – 6	120
6 – 9	60
9 – 12	30
12 – 18	20
18 – 25	20
> que 25	20

4.2.1.4. *Uso do solo e determinação do fator uso - manejo (C)*

O fator C “*Uso e manejo do solo*” representa a eficiência da proteção oferecida ao solo pela cobertura vegetal e pelos variados manejos adotados para as culturas agrícolas em uma dada região. O primeiro passo em sua obtenção vem a ser o levantamento do uso e da cobertura vegetal do solo (uso atual). No presente estudo, levantou-se o uso atual com o auxílio de técnicas de geoprocessamento aplicadas à uma imagem *LANDSAT / TM* (datada de Julho de 1997), processando-se seus canais *TM3* (vermelho no espectro eletromagnético), *TM4* (infravermelho próximo) e *TM5* (infravermelho médio); os métodos adotados são descritos à seguir.

Para a eliminação da *distorção geométrica da imagem* colheram-se pontos (identificáveis tanto na imagem quanto na base cartográfica) mediante a utilização de aparelho GPS da marca Trimble (modelo Pathfinder Basic Plus). Em seguida, utilizou-se o módulo *RESAMPLE - IDRISI* para efetuar a correlação (através de modelo matemático) entre as coordenadas dos pontos lidos diretamente da imagem e do mapa topográfico, e os obtidos pelo aparelho *GPS* (correção diferencial de 1-5m).

Após a realização da correção, utilizou-se um filtro de borda (*EDGE ENHANCEMENT - IDRISI*) na banda *TM4*, visando a obtenção de realce nos limites de cultivo agrícola. Em seguida, associou-se cada banda da imagem a uma cor primária, visando a criação de uma composição multispectral colorida do tipo RGB (*RED-GREEN-BLUE*). Objetivando a melhor distribuição possível dos pixels da imagem, utilizou-se o módulo *COMPOSIT - IDRISI*, com a opção de contraste linear nas três bandas e saturação de 2,5%. Para uma identificação preliminar dos padrões de uso do solo, realizou-se uma classificação não supervisionada (módulo *CLUSTER - IDRISI*), limitando-se o número de **clusters** a 5 (anexo 4a). À partir dessas informações, foram definidas “*áreas de treinamento*”, delimitadas na composição colorida por meio de pequenos polígonos digitalizados (tomada de amostra). A etapa seguinte consistiu na criação de assinaturas (padrões de resposta espectral) para cada classe de uso do solo (*MAKESIG - IDRISI*). Para a comparação das respostas espectrais nas três bandas da imagem *LANDSAT/TM* foi utilizado o módulo *IDRISI: SIGCOMP* (gráficos obtidos constantes no anexo 4b).

Na realização da classificação supervisionada, adotou-se o método da *máxima verossimilhança* (*MAXLIKE* - *IDRISI* com exclusão de 5% dos *pixels*), o qual, utilizou as assinaturas espectrais para calcular as probabilidades de cada *pixel* da imagem pertencer a uma determinada classe de uso. Após a realização da interpretação visual (amostragem) e da realização da classificação supervisionada, efetuou-se análise do histograma da composição colorida e trabalho de campo com *GPS* para aferição e retificação de unidades de mapeamento, procedendo-se repetidas classificações supervisionadas ao final das etapas de campo. Outro recurso utilizado para aumentar a precisão das classificações foi a montagem de arquivos com os “*Digital Numbers - DN*” representativos de cada uso (módulos *EDIT* e *ASSIGN* – *IDRISI*) e a posterior transformação desses valores em arquivos vetores para apresentação sobreposta à imagem. Outros produtos utilizados para aferição do uso do solo, foram: **LUPA-SAA** (1997); Inventário Florestal da Secretaria do Meio Ambiente - SP (**SÃO PAULO, 1993**) e Carta de Uso da terra do Instituto Geográfico e Cartográfico (**IGC, 1980**).

Os valores para o fator C foram extraídos de **CAVALIERI (1998)**, o qual estabeleceu a proteção oferecida ao solo, por diferentes culturas e sistemas de manejo, baseada em dados de uso da terra e índices médios de erosão acumulada (anexo 4C). No presente trabalho, o valor de C para culturas anuais, foi calculado pela média ponderada das culturas de milho, soja e algodão. Do mesmo modo, o fator C calculado para *citrus*, é empregado como índice para o café. Utilizou-se para a atribuição dos valores do Fator C (tabela 4), os módulos *EDIT* e *ASSIGN*

Tabela 4. Classes de uso - manejo do solo (fator C).

Uso	Condições adotadas	Fator C
Culturas anuais	Média ponderada entre as culturas do milho (50%), soja (30%) e algodão (20%); com preparo do solo em 15/08. plantio em 15/10 e colheita em 15/03	0,2013
Eucalipto	Exploração com corte programado aos 7 anos	0,0491
Café	Exploração prevista para 25 anos	0,0887
Pastagem	Pastagem cultivada	0,0010
Mata nativa	Mata Atlântica inexplorada	0,0004

4.2.1.5. Fator práticas conservacionistas (P)

Os valores para o fator P nesse trabalho, foram estabelecidos pelo modelo referente à prática “plantio em nível”, ajustado através de dados experimentais obtidos por **WISHMEIER & SMITH (1978)** e **BERTONI & LOMBARDI NETO (1990)**.

$$P = 0.69947 - 0.08991 * S + 0.01184 * S^2 - 0.000335 * S^3$$

Onde : **P** = Fator P da EUPS

S = Declividade (%)

A Tabela 5 mostra os valores do fator P obtidos à partir da aplicação do modelo, considerando-se como valores de entrada, as declividades médias de cada classe.

Tabela 5. Práticas conservacionistas (Fator P).

Classes de declividade (%)	Fator P
0 – 3	0,59
3 – 6	0,50
6 – 9	0,55
9 – 12	0,67
12 – 18	0,88
> 18	1,00

4.2.1.6. Predição de perda de solo e fator de risco de erosão.

O produto digital de análise “*Perda de solo*”, foi obtido, em ambas escalas de representação, pela multiplicação dos termos da EUPS, com a calculadora de imagens do *SIG IDRISI 2.0*. Na confecção do PI “Tolerância à perda” utilizou-se os módulos IDRISI: *EDIT* e *ASSIGN* para a atribuição dos valores de tolerância à perda (Tabela 2). Dividindo-se o PI “*Predição de perda de solo*” pelo de tolerância, obteve-se o PI “*Risco de erosão*”. Para esse PI foram definidas as classes: *muito baixa* (valores menores que 1); *baixa* (entre 1-2); *moderada* (2-5); *alta* (5-10) e *muito alta* (>10). À partir das classes de risco foram estabelecidas diretrizes de conservação e manejo, de forma a garantir, uma condição satisfatória no controle de processos erosivos para a região de estudo. Após a elaboração do produto “Risco de erosão” nas duas escalas de representação (município e microbacia) aplicou-se o teste de Kappa entre os mesmos, para verificação do grau de similaridade entre ambos

4.2.2. Capacidade de uso e adequação do uso atual do solo.

Para a elaboração do *PI* “Capacidade de uso”, utilizou-se o sistema de capacidade de uso (**LEPSCH et al., 1983**). O sistema em questão, avalia as limitações inerentes ao aproveitamento dos solos, considerando a adoção de variados usos e manejos. Como fonte de dados para a determinação das referidas limitações utilizou-se o levantamento semi-detalhado da quadícula de Moji-Mirim (**OLIVEIRA, 1992**).

Em razão da pequena dimensão da área e da verificação, via dados sócio-econômicos, do alto emprego de capital e insumos na atividade agropecuária, convencionou-se a ocorrência de um alto nível de manejo, característica esta, compatível com a adoção do sistema de capacidade de uso.

As classes de capacidade de uso comportaram as seguintes subclasses, qualificadas em função da natureza de sua limitação: **f-** fertilidade (em função da disponibilidade de nutrientes e toxidez em alumínio); **e-** erodibilidade (em função da ocorrência de gradiente textural e presença de horizonte superficial arenoso) e **s-** características dos solos (pedregosidade e profundidade efetiva). O sistema adotado diferiu portanto do original (**LEPSCH et al. 1983**) pela introdução do fator **f-**, podendo uma classe receber a indicação de limitação tríplice “-efs”

Para determinar o grau de limitação à disponibilidade de nutrientes (faixas de saturação em bases - **V%**) e toxidez em alumínio (**m%**), adotaram-se os valores relacionados com a CTC (**OLIVEIRA & BERG, 1985**), conforme as Tabelas 6 e 7.

Tabela 6. Grau de limitação quanto a disponibilidade de nutrientes.

CTC Cmol _c / Kg TFSA	Faixa de saturação em bases (V%)*			
	50-100	25-50	10-25	0-10
> 5	Nula	Ligeira	Forte	Muito Forte
3 – 5	Ligeira	Moderada	Forte	Muito Forte
2 – 3	Moderada	Moderada	Muito Forte	Muito Forte

V% = Saturação em bases = $100 \cdot S / CTC$; **S** = soma de bases = $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+}$; **CTC** = $S + H^{+} + Al^{3+}$

* Fonte: **OLIVEIRA & BERG (1985)**.

Tabela 7. Graus de limitação por toxicidade em alumínio.

CTC Cmol _c / Kg TFSA	Saturação por alumínio (m%) *				
	0-10	10-30	30-50	50-70	70-100
5-10	Nula	Ligeira	Moderada	Forte	Muito Forte
1-5	Nula	Ligeira	Ligeira	Moderada	Forte

* $m\% = 100 \cdot Al^{3+} / S + Al^{3+}$

* Fonte: OLIVEIRA & BERG (1985).

Na classificação empregada, os fatores *saturação por bases* (V%) e *saturação por alumínio* (m%) foram utilizados para a especificação do caráter *distrófico* (V% < 50) e *állico* (m% > 50). Solos com alta concentração de alumínio e baixa saturação em bases receberam o fator (*f-*) de limitação. Para a avaliação do grau de limitação relativa à *erodibilidade* (*e-*), considerou-se a relação textural entre o horizonte sub-superficial e o superficial, além da porcentagem de fração grosseira no horizonte superficial. Adotou-se a sub-classe *características dos solos* (*s-*), para o estabelecimento de limitação relativa à presença de cascalhos e conseqüente diminuição da profundidade nos Argissolos das regiões serranas do município (PV5c). O PI “*declividade*” utilizado para a geração do produto “capacidade de uso” foi o calculado para o item 4.2.1.3).

Para o isolamento das áreas de preservação permanente correspondentes às margens de cursos d’água e de nascentes (Lei Federal nº 4.771/65 alterada pela Lei nº 7.803/89), procedeu-se primeiramente à digitalização da rede hidrográfica do município, em seguida, delimitou-se uma faixa de 30 metros em ambas margens dos cursos de água (“*buffer*”). Calculada a área *buffer*, recortou-se a mesma no mapa de uso atual, dimensionando-se assim, as regiões ribeirinhas onde a ocupação não obedece a legislação específica. Muito embora a área “*buffer*” tenha sido contabilizada como área de preservação permanente (classe VIII), a mesma recebeu coloração diferenciada na legenda dos mapas de conservação de solo (preta) uma vez que o manejo para a mesma é diferenciado. Para a obtenção do estudo de adequação de uso agrícola realizou-se uma tabulação cruzada entre os *PI’s* “*Capacidade de uso*” e “*Uso atual*”. O referido cruzamento permitiu a identificação de classes de adequabilidade de uso dos recursos naturais.

4.2.3. Aptidão Agroclimática da Cafeicultura no município.

O estudo de aptidão climática da cafeicultura no município foi elaborado a partir da criação e cruzamento dos seguintes *PI's*: “*Deficiência hídrica*” (balanço hídrico), “*Temperatura calculada a partir das coordenadas geográficas: altitude e latitude*” e “*Orientação de vertentes*”. As operações incluíram: cálculo do balanço hídrico para valores médios de precipitação mensal no período de abrangência de 1961-1991; conversão do sistema de georreferenciação (**UTM - 23°S datum Córrego Alegre** para o sistema de Latitudes e Longitudes **LAT-LONG**) para aplicação de modelo de cálculo de temperaturas; interpolação de valores de latitude no ambiente *SURFER*; e, por último, sobreposição de *PI's* no ambiente *IDRISI*.

4.2.3.1. *PI “Deficiência hídrica” (Balanço hídrico)*

Objetivando a compreensão do regime hídrico da região de estudo, aplicou-se o método do balanço hídrico (**THORNTWAITE & MATHER, 1955**). O método funciona como um sistema de contabilidade da água no solo, considerando como “*entrada*” do sistema, a chuva, e como “*saída*”, a evapotranspiração. Utiliza ainda, um fator que avalia a capacidade máxima de retenção de água pelo solo (125mm no presente caso). Como entrada de dados pluviométricos, utilizou-se os totais de chuvas mensais, representativos do período 1961-1991 (anexo 3). Em razão da inexistência de observações de temperatura no local (município), utilizou-se valores resultantes da média aritmética dos valores das médias mensais máximas e mínimas calculadas para o Estado de São Paulo pelo modelo formulado por (**PEDRO JUNIOR, 1991**). Os valores médios de temperatura mensal ajudaram na análise da aptidão climática do município. O modelo preconizado consiste em equações de regressão múltipla do tipo:

$$Y = a + bx + cx1$$

Onde : **y** = temperatura média mensal máxima ou mínima (em °C);

A, b e c = coeficientes (tabelados) da equação de regressão;

x = altitude (em metros);

x1 = latitude (em minutos).

4.2.3.2. PI “Temperatura calculada a partir de valores de altitude e latitude”

Tendo por finalidade, a aplicação dos critérios de aptidão térmica estabelecidos pelo IBC, e, em razão da inexistência de observações de temperatura média para o município, calcularam-se as temperaturas utilizando-se a equação para estimativa das temperaturas médias compensadas anuais para o Estado de São Paulo em função dos parâmetros *altitude* e da *latitude* (PINTO et al., 1972).

$$Y_{ano} = 38.98 - 0.005783X - 0.011250X1$$

Onde: Y_{ano} = temperatura calculada média anual (graus centígrados)

X = Altitude (em metros)

$X1$ = Latitude (em minutos)

Como entrada para o parâmetro altitude da equação, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (interpolado anteriormente no ambiente *SURFER*). Para o estudo da distribuição da cultura do café ao longo das classes de altitude, reclassificou-se o MDE (em classes de 50m), tabulando-se em seguida, o mesmo com o PI “Uso do solo”.

Para a elaboração do parâmetro latitude (em minutos), converteu-se o sistema de coordenadas do PI *altitudes*, de *UTM* para *LATITUDE / LONGITUDE*, procedendo-se a seguir, a montagem de um arquivo texto (*ASCII*) composto de três colunas (*XYZ*), onde: a coluna (*X*) correspondeu aos valores decimais da Longitude, a coluna (*Y*) aos valores decimais da Latitude e (*Z*) aos valores de latitude convertidos em minutos. Utilizaram-se como valores, para os parâmetros (*XYZ*), os valores das extremidades do mapa (convertidos em minutos), conforme a Tabela 8.

Tabela 8. Tabela para conversão dos Valores de Latitude (graus / minutos).

Número Do Ponto	Longitude decimal (X)	Latitude decimal (Y)	Latitude em graus	Latitude (Z) (em minutos)
1	-46.7647	-22.07542	-22° 04'	-1324
2	-46.76537	-22.18172	-22° 11'	-1331
3	-46.58961	-22.07542	-22° 04'	-1324
4	-46.5905	-22.18091	-22° 11'	-1331

Em seguida, utilizou-se o arquivo (*ASCII*) para a interpolação dos valores de latitude (*SURFER* - curvatura mínima), exportando-se, em seguida, os mesmos para o padrão *IDRISI*. A Figura 3, mostra o PI “Valores interpolados de latitude em minutos”.

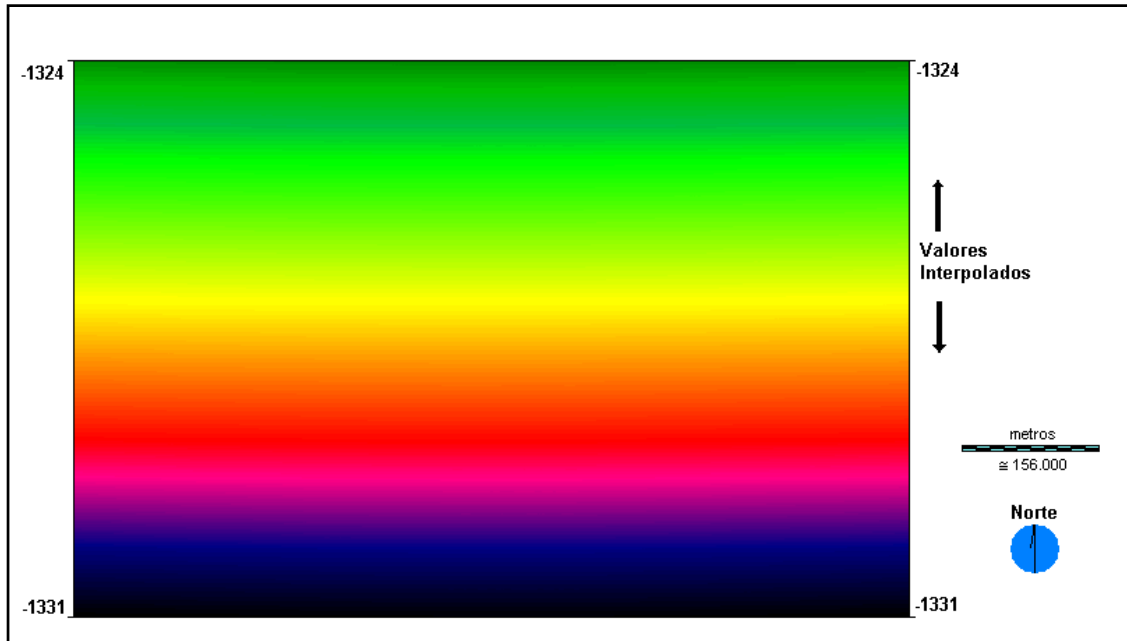


Figura 3. *Valores interpolados de latitude em minutos.*

Para a obtenção da área de aptidão térmica compreendida entre 18 - 22°C (**ORTOLANI et al., 1970; CAMARGO & PEREIRA, 1994**) aplicou-se o modelo de estimativa de temperaturas através da calculadora de imagens *IDRISI*, em seguida, reclassificou-se o PI obtido.

4.2.3.3. *PI “Orientação de vertentes”*

Para confecção do mapa de orientação de vertentes utilizou-se a opção “*aspecto*”, componente do módulo *SURFACE* - *IDRISI*, após o que, reclassificou-se o produto dessa operação em dois hemisférios: norte (1º e 2º quadrantes) e sul (3º e 4º quadrantes), calculando-se, em seguida, a distribuição da cultura de café nas duas faces de exposição (tabulação cruzada dos PIs “*Aspecto*” x “*Uso do solo*”). A avaliação de aptidão das terras para a cafeicultura, sob o parâmetro orientação de vertentes, considerou aptas para a cafeicultura aquelas voltadas para a face norte.

4.2.4. Índice de comparação estatística (Kappa)

Para a comparação estatística entre os produtos elaborados na escala de representação municipal e os PI's elaborados com a base planialtimétrica detalhada (SEPLAN 1:10.000), utilizou-se o índice de KAPPA.

O referido índice é utilizado para testar a concordância entre os resultados observados e os classificados em uma tabela de contingência (matriz de erro). Os valores resultantes da utilização do método podem variar de “zero” a “um”: Valores iguais a zero (0) indicam nenhuma similaridade (total independência) e valores tendendo a 1.00 (um) indicam igualdade (total dependência).

Segundo **LANDIS & KOCH (1977)** a qualidade da classificação associada a valores da Estatística Kappa, pode ser dividida nas seguintes classes: *Ruim* (0.0 - 0.2); Razoável (0.2 - 0.4); Boa (0.4 - 0.6); Muito boa (0.6 - 0.8) e Excelente (0.8 - 1.0). A formulação da estatística KAPPA no caso de uma matriz é:

$$\text{Kappa (K)} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{1 - \theta_2}$$

Onde:

$$\theta_1 = \sum_{i=1}^r x_{ii} / N$$

$$\theta_2 = \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i}) / N^2$$

X_{ij} = valor da soma na “*ii ésima*” célula da matriz de erro

N = Valor total da soma na matriz de erro

x_{i+} = Total da linha i

x_{+i} = Total da coluna i

4.3. Coleta de dados em campo.

Para a realização da fase de geoprocessamento foram realizadas coletas de pontos com aparelho GPS no campo. Essa amostragem serviu para a realização da correção geométrica da imagem LANDSAT e *controle em campo* de padrões de vegetação identificados na imagem (identificação visual). Em laboratório, realizou-se a escolha de pontos de fácil identificação no campo e na imagem (pontes, cruzamentos, bifurcações etc.). Em seguida, esses pontos foram plotados em ampliações LANDSAT que serviram como roteiro na tomada de amostras. Antes da amostragem, procedeu-se à teste de calibração dos aparelhos GPS, verificando-se o afastamento horizontal e vertical de pontos conhecidos (marcos de referência).

As informações provenientes dos trabalhos de campo serviram para o aumento da precisão na escolha de amostras de treinamento (*“training sites”*) no processo de classificação supervisionada. Para a identificação de padrões de vegetação foram plotadas ampliações da imagem sobrepostas por vetores da rede viária e de drenagem (visando a melhor localização) com vistas a identificação em campo das variações de resposta espectral entre as diferentes culturas e ocupações do uso do solo, e mesmo, a diferenciação de fases fenológicas de uma mesma cultura.

Paralelo ao trabalho de amostragem, aproveitou-se as viagens à campo para as seguintes observações e reflexões: identificação de padrões de degradação das pastagens, zonas de reposição do aquífero e áreas desnudas (sem cobertura vegetal); correlação entre a ocorrência de processos erosivos (em seus diversos estágios) com a intensidade e adequação do uso agrícola; realização de descrições morfológicas expeditas (limpeza e descrição de horizontes em barrancos de estradas) objetivando a determinação da transição entre as diversas classes de solos; reconhecimento, caracterização e análise da estrutura viária do município; Controle e abstração do padrão antrópico de ocupação quando relacionado com o binômio “solo x paisagem”; Definição do sistema agrário; Definição de sistemas tecnológicos de produção local; Caracterização e tipificação dos agricultores (com apoio dos dados **LUPA**) e aferição de impactos ambientais ocasionados pelas atividades agropecuárias regionais.

4.4. Materiais utilizados

O presente trabalho de tese foi desenvolvido nas dependências da Faculdade de Engenharia Agrícola **FEAGRI - UNICAMP** - Departamento de Planejamento e Produção Agropecuária, em conjunto com o Instituto Agronômico de Campinas (Centro de Solos e Recursos Agroambientais). As etapas de confecção e integração dos PI's pertinentes aos objetivos do trabalho foram realizadas nos Laboratórios de Geoprocessamento da Faculdade de Engenharia Agrícola e nas dependências do Instituto Agronômico. Foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Cartas topográficas na escala de 1:50.000 IBGE: folhas de Aguaí e Pinhal;
- Cartas topográficas na escala de 1:10.000 SEPLAM - Secretaria de Planejamento do Governo do Estado de São Paulo;
- Carta pedológica semidetalhada do Estado de São Paulo: Quadrícula de Moji-Mirim, na escala de 1:100.000 (**OLIVEIRA, 1992**);
- Carta de Uso da terra do Instituto Geográfico e Cartográfico (**IGC, 1980**)
- Mapa de erosão do Estado de São Paulo (**IPT, 1995**)
- Mapa geológico do Estado de São Paulo. (**IPT, 1981**)
- Imagem do satélite *LANDSAT/TM* - órbita / ponto 219/76 - quadrante D; Julho/97.
- Computador Pentium 100 MHz IBM, 32 Mb de memória RAM e 2 Gb de HD; Cdrom 12x, vídeo 20", drive do tipo ZIP.
- Aparelho remoto ou rover de *GPS* (Global Positioning System) da marca Trimble Pathfinder Basic Plus com 6 canais, com estação base da marca Trimble CBS Community Base Station com 12 canais *GPS* ;
- Mesa digitalizadora Digicom tamanho A3; papel vegetal, caneta nanquim;
- Impressoras matriciais, jato de tinta e plotter;
- Scanner de mesa;
- Softwares: *IDRISI* versão 2.0 (SIG); *IDRISI* versão 3.2; *AutoCAD* versão 12; *AutoCAD* versão 14; *SURFER* versão 6.0; *ACCESS* versão 2.0 (gerenciador de banco de dados - BD); *EXCEL 97* (planilha), *MICROSOFT PHOTO EDITOR* (editor gráfico); *PAINT WINDOWS* (editor gráfico); *POWERPOINT* (editor de apresentações)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Apresentação e Análise dos produtos digitais.

5.1.1 Modelos digitais de elevação - MDE (município e MBH).

A Figura 4, é composta por uma representação do tipo “projeção ortográfica” do MDE municipal acompanhada de sua representação planialtimétrica (IBGE:1:50.000). À esquerda da figura podem ser observadas as regiões escarpadas do município, correspondentes à serra do Bebedouro.

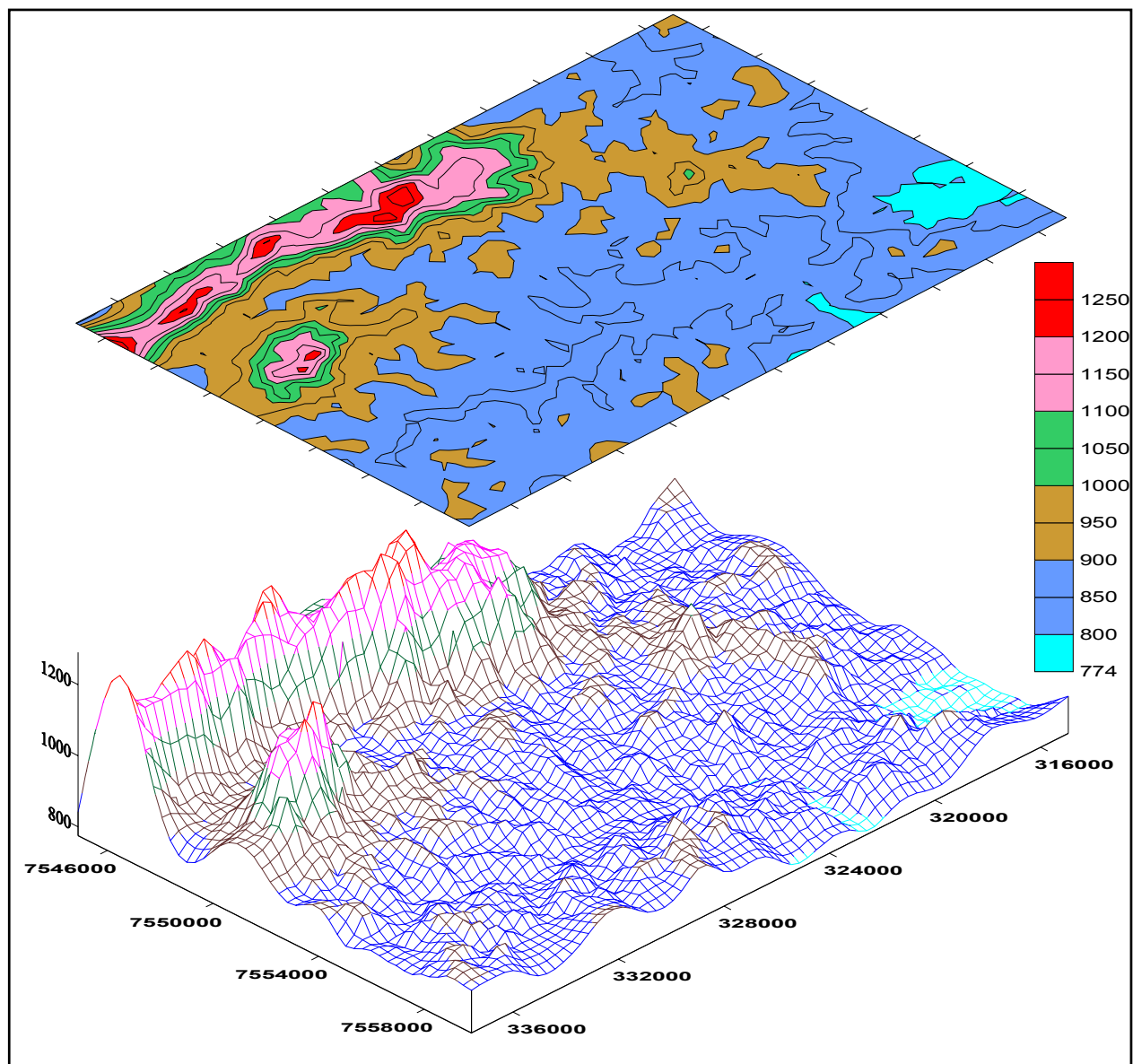


Figura 4. Modelo digital de elevação para o município de Santo Antônio do Jardim - SP.

A Figura 5, é composta pelo MDE da MBH Córrego do Jardim acompanhada de sua base planialtimétrica (SEPLAN:1:10.000). Na mesma, podem se observar os dois compartimentos topográficos distintos (regiões serranas e região de morros paralelos). A utilização da base topográfica SEPLAN:1:10.000, mais detalhada (maior número de curvas) possibilitou um melhor desempenho do algoritmo interpolador SURFER, gerando um MDE mais regular (com linhas mais suavizadas).

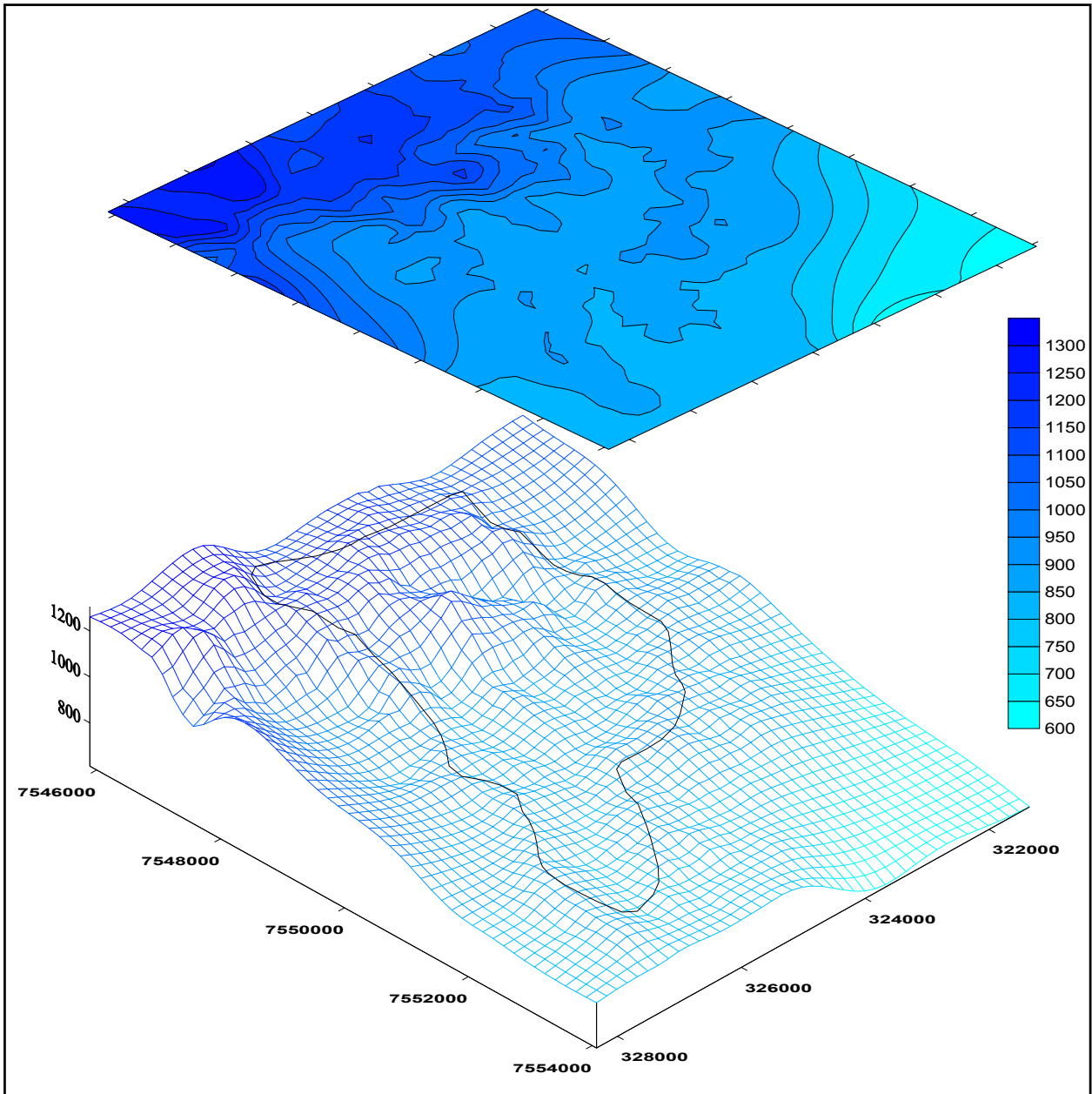


Figura 5. Modelo digital de elevação para MBH Córrego do Jardim.

5.1.2. Mapa de perda de solo - EUPS e fator risco de erosão.

O mapa “Perda de solo” foi obtido à partir da integração dos fatores da EUPS. O mapa “Risco de erosão” resultou da divisão do mapa de perda pelo PI “Tolerância à perda de solo”. Para o cálculo da perda de solo e risco de erosão na microbacia, foram recortados os PI’s da escala municipal, sobrepondo-os aos planos topográficos obtidos do MDE detalhado . Os sub-itens à seguir descrevem as operações realizadas.

5.1.2.1 Fator erosividade (R)

Devido à pequena extensão da área de estudo e a exiguidade / desuniformidade de dados pluviométricos para a região (postos pluviométricos mais próximos no Estado de Minas Gerais) foi calculado um fator R único para o município. A Tabela 9, evidencia a concentração da erosividade no período chuvoso para a região (outubro - março).

Tabela 9. Erosividade mensal (EI) e anual (fator R) para o município de S.A. do Jardim – SP (dados referentes ao período de coleta 1961-1991 – Posto D.A.E.E)

Precipitação		Erosividade mensal (EI)		
Meses	Mm	MJ.mm/ha.h	%	% acumulada
Julho	31,0	62	0,8	0,8
Agosto	41,0	94	1,2	2,0
Setembro	66,0	194	2,5	4,5
Outubro	147,0	655	8,5	13,0
Novembro	170,0	817	10,6	23,6
Dezembro	275,0	1695	22,0	45,6
Janeiro	245,0	1422	18,5	64,1
Fevereiro	223,0	1233	16,0	80,1
Março	192,0	982	12,7	92,8
Abril	86,0	290	3,8	96,6
Maiο	58,0	160	2,1	98,7
Junho	43,0	101	1,3	100,0
Anual	1577,0	Fator R = 7706	100,0	

5.1.2.2. Fator Erodibilidade (K)

A Figura 6 apresenta o PI “erodibilidade dos solos” (Fator K), no qual, cada unidade de solo da região, recebeu um valor correspondente de erodibilidade calculados através de modelagem matemática (DENARDIN, 1990). As siglas apresentadas na legenda da figura correspondem às unidades do Levantamento semidetalhado de solos (OLIVEIRA, 1992). Os símbolos apostos (grafados após a barra) representam a posição que a unidade ocupa no relevo (p/ exemplo “so+o” = suave ondulado + ondulado).

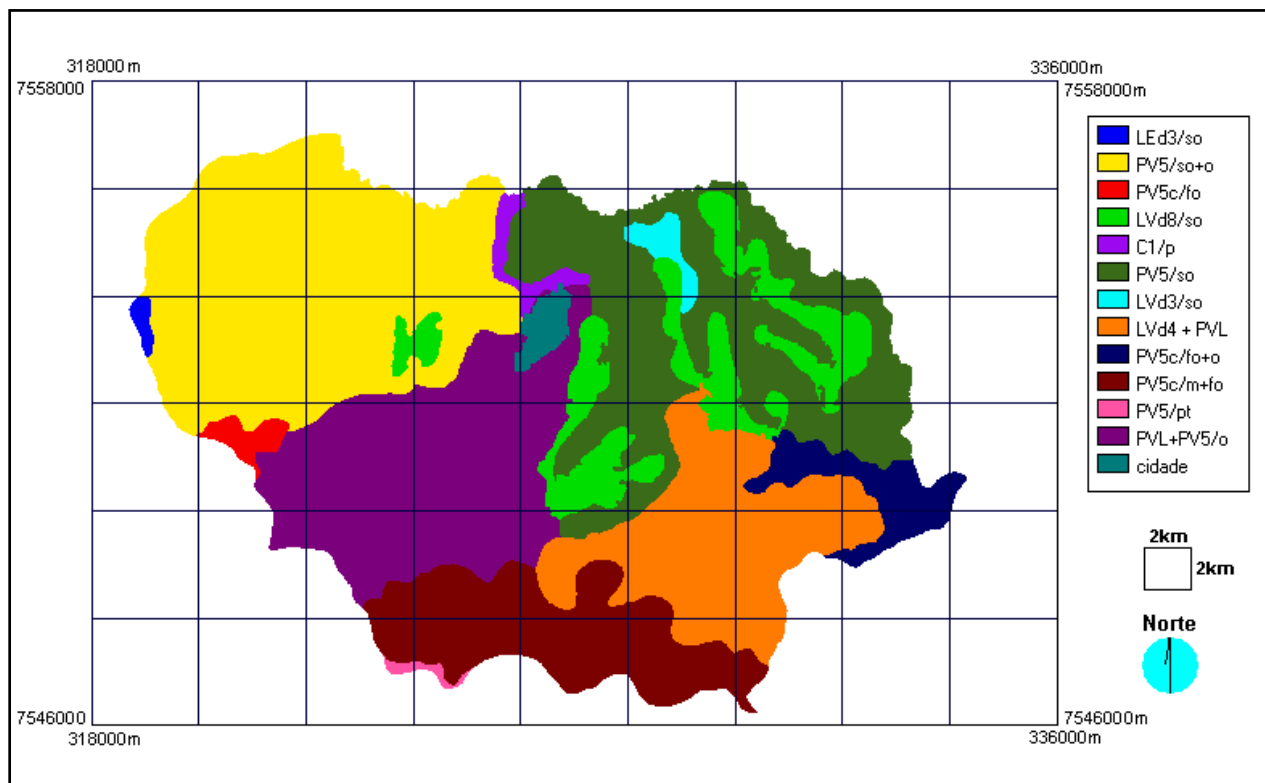


Figura 6. Mapa de erodibilidade (fator K) para a região de estudo.

5.1.2.3 Fator topográfico (LS)

Aplicando-se no modelo formulado por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), os valores obtidos nos PI's “declividade” e “comprimento de rampa” (em ambas escalas) calculou-se o Fator topográfico (LS). O fator LS mede o efeito combinado do comprimento de rampa e do grau do declividade nos fenômenos erosivos.

A Figura 7 apresenta o resultado da reclassificação de declividades para a escala municipal, evidenciando a ocorrência das maiores declividades nas duas regiões serranas do município (Bebedouro e Panelão). O mapa apresenta ainda, regiões planas descontínuas (pequenas várzeas) próximas ao leito do rio Jaguari Mirim, do Ribeirão Santa Bárbara e da foz do Córrego do Jardim.

No município, a soma das áreas potencialmente aptas aos serviços de motomecanização (inferiores a 18%) perfazem 75%, ficando a localização de áreas com restrição forte e muito forte à mecanização restritas quase exclusivamente às regiões serranas. Já a MBH do Córrego do Jardim apresenta 39% de sua área com restrições fortes e muito fortes, indicando ser essa unidade da paisagem proporcionalmente mais declivosa (acidentada), quando comparada ao município.

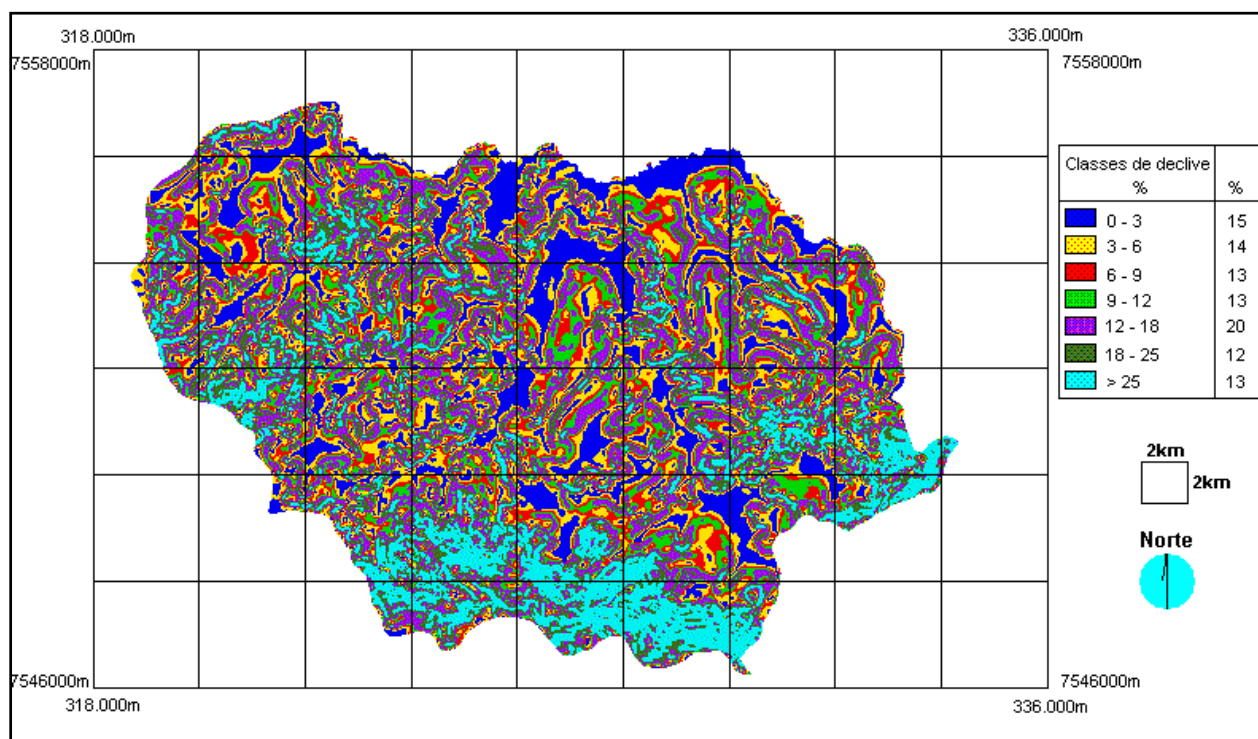


Figura 7. Classes de declividade para o município de Santo Antônio do Jardim - SP.

A Figura 8 apresenta o teste de comparação estatística “índice Kappa”, utilizado na avaliação da semelhança dos PI’s reclassificados de “*altitude*” e “*declividade*” (dados discretizados) elaborados à partir de bases planialtimétricas diferentes. Na aplicação do teste foram utilizadas áreas inteiras (recorte do município x área inteira da MBH). O valor de 0,62 e 0,63 resultante da aplicação do teste nos referidos PI’s indica a relativa similaridade entre os produtos elaborados nas duas escalas.

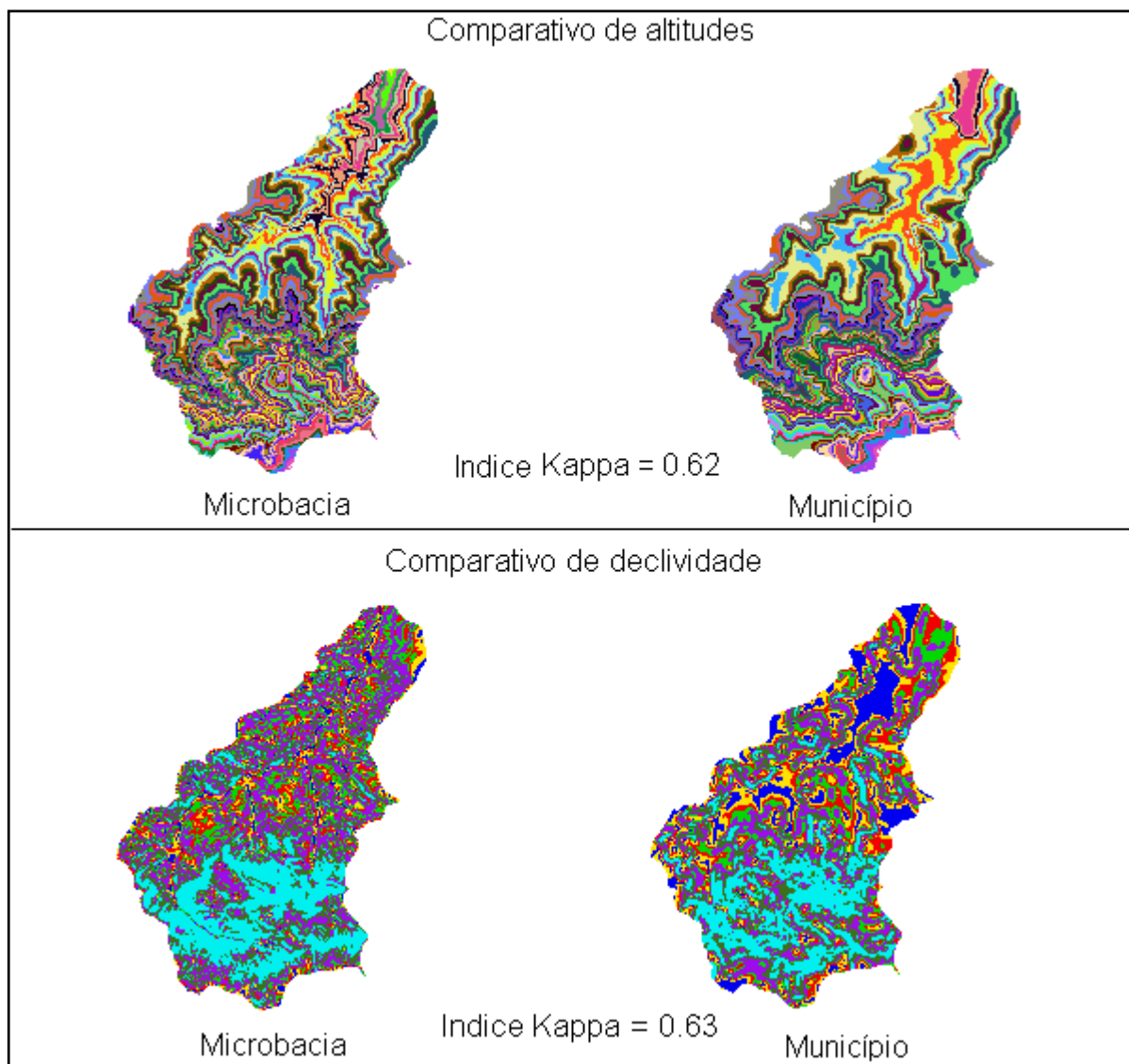


Figura 8. Comparativo entre PI's elaborados com bases planialtimétricas distintas.

5.1.2.4 Elaboração do mapa de uso do solo e determinação do fator uso - manejo (C).

Como primeira etapa na confecção do mapa de uso do solo, elaborou-se uma composição multiespectral colorida mediante a combinação de três bandas (canais) da imagem *LANDSAT/TM*. A Figura 9, apresenta a composição colorida georeferenciada que melhor distinguiu os diferentes tipos de uso da terra, resultante da atribuição das três cores primárias às bandas da imagem na seguinte ordem: o vermelho atribuído à banda corrigida TM4 (faixa espectral do infravermelho próximo); o verde à banda corrigida TM5 (infravermelho médio) e o azul à banda corrigida TM3 (vermelho), estabelecendo-se a configuração RGB(453). Na mesma pode-se verificar o perímetro do município e a delimitação da MBH do Córrego do Jardim.

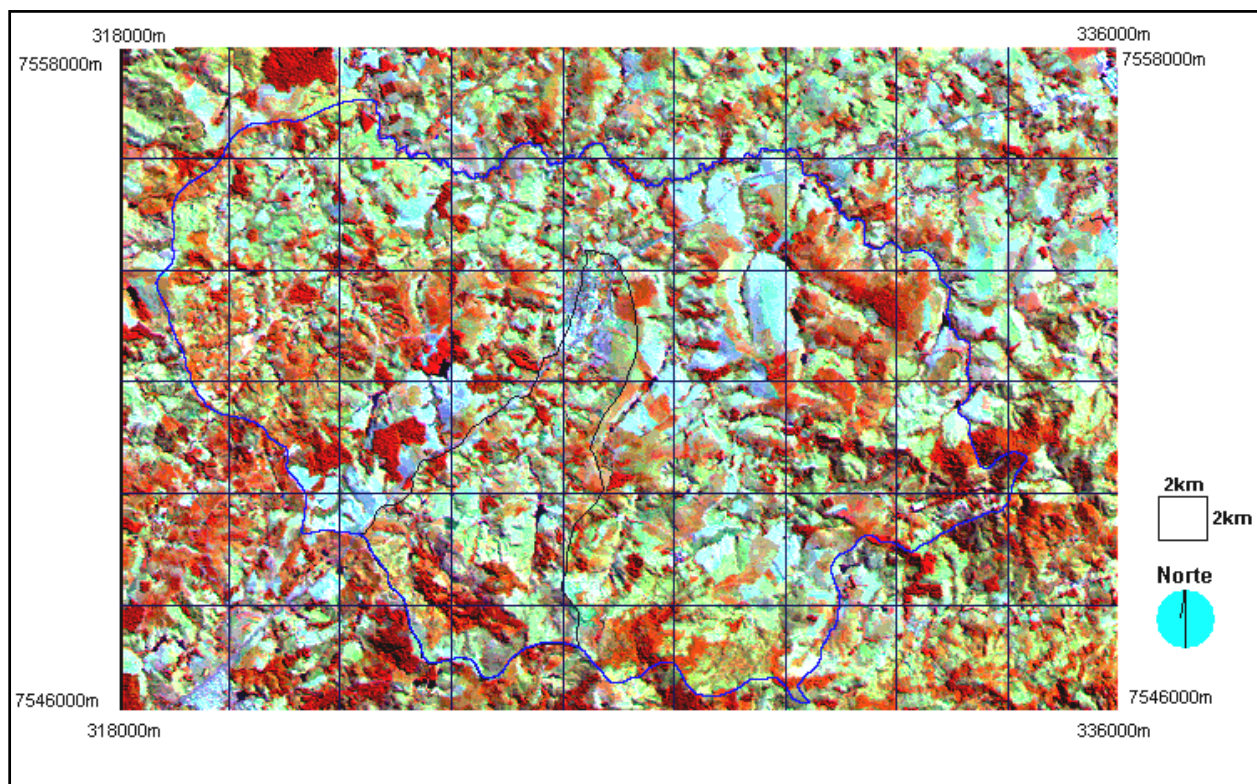


Figura 9. Composição colorida RGB(453).

A baixa *resolução da imagem* (grande tamanho de pixel); a heterogeneidade da paisagem (fragmentação de cultivos) e a “movimentação” de relevo (efeito de sombreamento na imagem) estabeleceram dificuldades para o levantamento do uso do solo. Para contornar tais problemas, adotou-se a comparação dos dados com outras fontes bibliográficas (LUPA, inventário Florestal etc.) e checagem em campo dos

padrões de vegetação identificados com aparelho *GPS*. O processo utilizado para o levantamento do uso do solo foi do tipo misto, englobando: Interpretação visual, classificações digitais e separação de pixels através de sucessivas reclassificações (juntamente com sucessivos controles de campo).

Adotou-se como referencial ao trabalho de classificação do uso da terra, os dados compilados do banco de dados – LUPA, referentes a área ocupada com as principais atividades agrícolas (anexo 2), definindo-se à princípio, cinco padrões de uso do solo: mata nativa, reflorestamento, cultura anual, pastagem e café (Tabela 10).

Tabela 10. Principais usos do solo no município de Santo Antônio do Jardim - SP.

Uso do solo	Nº Propriedades	Área (ha)			
		Mínima	Média	Máxima	Total
Área total	458	0.4	23.8	832	10.875
Mata nativa	195	0.1	3.5	96.8	683.5
Eucalipto	163	0.1	3.4	314.8	550.70
Cultura	206	0.1	4.4	72.6	900.9
Pastagem	395	0.1	11.2	320.9	4415.6
Café	358	0.1	8.24	237	2948.8

Fonte: banco de dados: LUPA (anexo 2)

Para a definição dos padrões de uso foram utilizadas as seguintes técnicas: Classificação não supervisionada (módulo *IDRISI: CLUSTER*); análise de assinaturas espectrais - padrões de resposta espectral (módulos *IDRISI: EDITSIG* e *SIGCOMP*) e análise do histograma da composição colorida (módulos *IDRISI: AREA* e *HISTO*).

O produto resultante da classificação não supervisionada (anexo 4a) foi descartado, uma vez ter apresentado valores muito diferentes daqueles apurados no banco de dados LUPA para as principais atividades agrícolas do município.

Não obstante, uma análise comparativa entre esse produto e a composição colorida, apoiada por reconhecimento em campo (*GPS*), permitiu o estabelecimento de padrões distintivos na composição colorida (cor, textura, formato etc.), além da

identificação de “*áreas de sombreamento*”, erroneamente associadas ao padrão “*corpos de água*” (corrigidas através de digitalização).

Os padrões de uso do solo que puderam ser associados a padrões distintivos na composição foram: mata (vermelho com presença de rugosidade); reflorestamento (vermelho vivo, ausência de rugosidade e geometria uniforme); solo exposto / preparado (coloração branco - azulada); pastagens naturais e formadas (diversas tonalidades de verde) e corpos de água (cores escuras).

Alguns padrões de uso do solo mostraram-se mais heterogêneos na tomada de amostra. O padrão “*pastagem*” foi o que mais diferiu, consequência da diversidade de gramíneas, associação das mesmas com leguminosas, porte diverso, presença de capineiras etc. O padrão “*café*”, aparece em duas tonalidades distintas na composição colorida (verde cáqui e alaranjado), talvez atestando fases distintas de desenvolvimento (muito embora as técnicas utilizadas e o controle de campo não fossem suficientes para essa comprovação). Já as áreas urbanas, devido apresentarem resposta espectral extremamente heterogênea, somente puderam ser discriminadas através da digitalização na própria composição aproveitando a identificação do traçado urbano e a transição abrupta entre o espaço urbano e o rural.

A partir da observação dos padrões distintivos na composição foram coletadas amostras para cada padrão de uso do solo identificado e confeccionadas as assinaturas espectrais para os mesmos. A análise comparativa da resposta dessas assinaturas, realizada através dos módulos IDRISI: *EDITSIG* e *SIGCOMP* demonstrou não haver distinção satisfatória entre as amostras coletadas (anexo 4b), evidenciando a ocorrência de confusão de resposta espectral inter-classes e (ou) mesmo alguma incorreção na definição das áreas de treinamento.

O passo seguinte na classificação digital foi o fatiamento do histograma da composição colorida. Ao utilizar esse produto, deixa-se de contar com a informação radiométrica (decorrência das operações de contraste e composição realizadas). No entanto, a análise do histograma da composição permite verificar picos de ocupação em determinados números digitais. A investigação desses pixels e de seus “*vizinhos*”, juntamente com a localização dos mesmos na composição permitiram a formulação de hipóteses de correlação com os padrões de uso do solo facilitando a redefinição das

áreas de treinamento. O anexo 5, apresenta uma relação dos números digitais (zero até 215), a área ocupada por eles na composição colorida, bem como, trechos de histograma da composição representativos dos padrões de uso (picos de ocupação). Pelo processo de pesquisa de pixel exposto, foi possível aferir ao máximo a tomada de amostras, refinando progressivamente a realização de classificações supervisionadas.

Os pixels da composição não relacionados a padrões distintivos, e que não puderam ser identificados através do método de pesquisa de pixel citado, foram incluídos em uma nova classe denominada “não identificados” (aproximadamente 3% da área total). A Figura 10, apresenta o produto de classificação supervisionada no qual as áreas das classes de uso se aproximam dos valores levantados no LUPA.

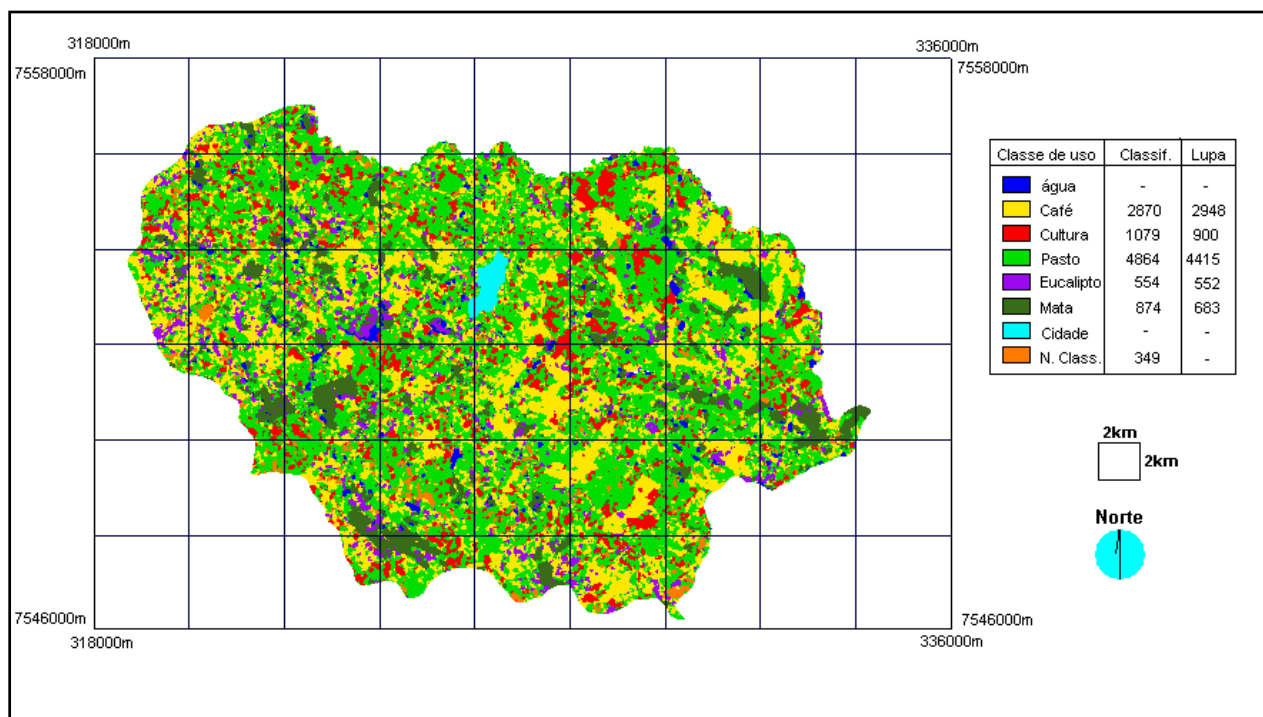


Figura 10. *Uso do solo para o município de Santo Antônio do Jardim - SP.*

5.1.2.5 Predição de perda de solo e risco de erosão.

A multiplicação dos termos da EUPS (para ambas escalas de representação) pela calculadora de imagens (módulo *IDRISI: IMAGE CALCULATOR*), resultou no produto digital “Perda de solo”, onde, cada pixel possui um valor associado de perda anual de solo ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) ou t/ha/ano .

A observação do histograma desse produto, permite verificar que: os valores médios de perda foram de aproximadamente 10 t/ha/ano ; aproximadamente 95% dos pixels apresentaram valores de perda menores que 100 t/ha/ano sendo que apenas 1% dos mesmos apresentaram valores maiores que 200 t/ha/ano ; o valor máximo de perda correspondeu à 732 t/ha/ano (condição extrema de declividade e uso inadequado em solos altamente erodíveis).

A Figura 11, apresenta a caracterização dos valores de perda obtidos pela aplicação do modelo EUPS. A classe “não calculadas” representa o somatório das regiões de: uso do solo “não identificado”; “áreas urbanas” e “corpos de água”.

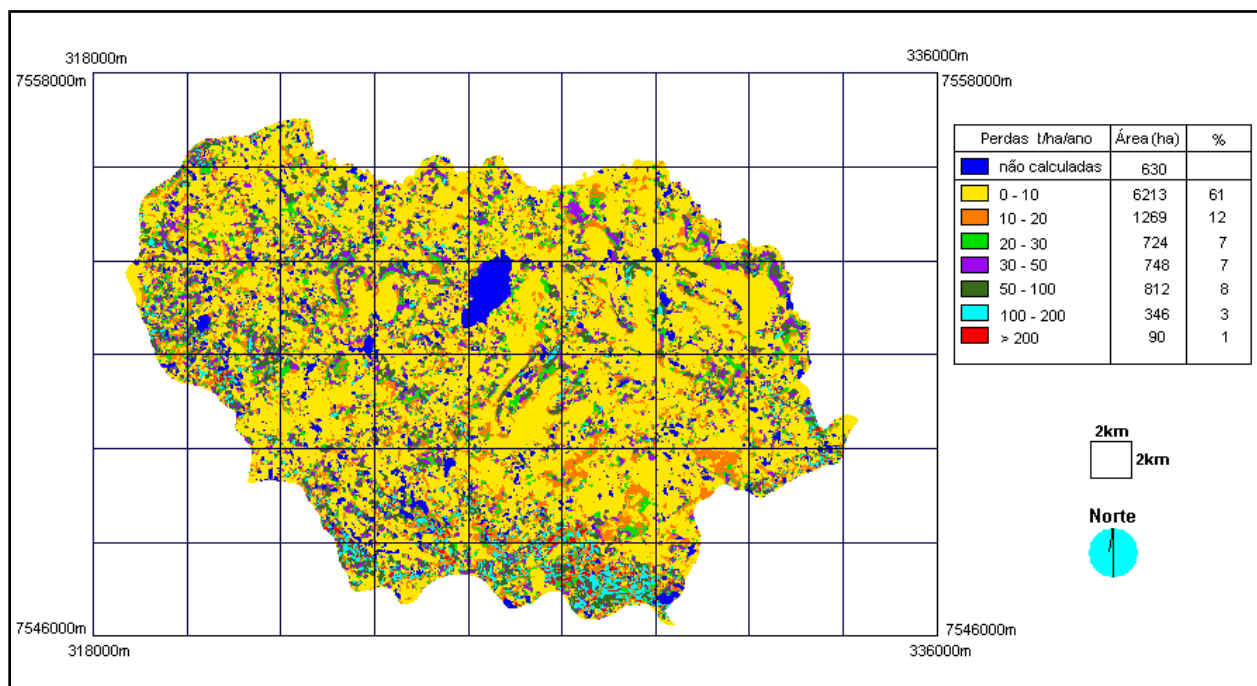


Figura 11. Perda de solo (t/ha/ano) para o município de Santo Antônio do Jardim - SP.

O produto “*Risco de erosão*”, resultante da divisão “*Perda de solo*” / “*Perda Tolerada*”, relaciona a perda calculada de solo, em condições de uso atual, com a capacidade máxima de suporte dos solos do município.

A reclassificação do PI “*Risco de erosão*” (Figura 12), aponta 54% de terras do município, na classe de risco *muito baixa* (valores de perda menores que os tolerados), nas quais prevalecem, a ausência de grandes problemas ambientais. As classes *baixa* e *moderada* (valores de perda de uma até cinco vezes a tolerância) ocupam 24% das terras. Nestas, os problemas de erosão podem ser solucionados com mudanças de manejo ou com introdução de práticas conservacionistas simples ou complexas.

As classes de risco de erosão *alta* e *muito alta* (valores de perda maiores que 5 vezes a tolerância), representam 15% das terras do município. Nestas, prevalecem condições críticas para o controle da erosão e seus impactos, representadas por relevo montanhoso, solos com baixa profundidade efetiva (presença de cascalhos) e utilização inadequada.

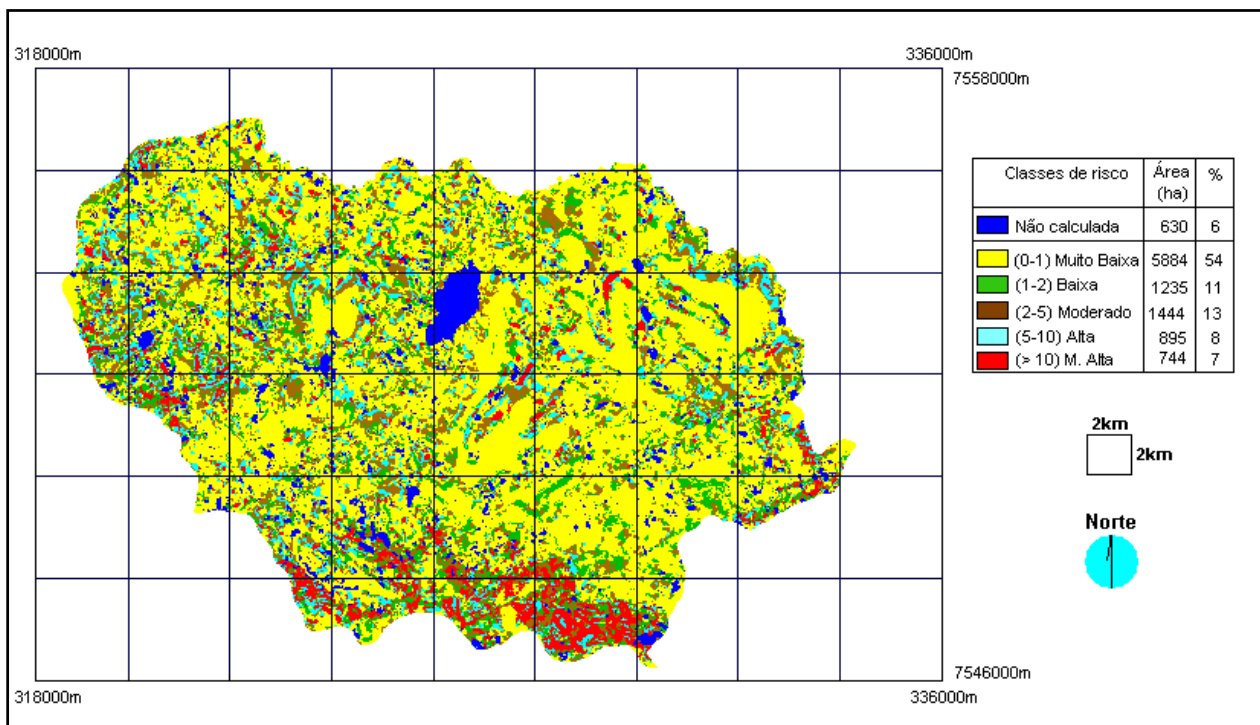


Figura 12. Risco de erosão para o município de Santo Antônio do Jardim - SP.

A Figura 13 apresenta o PI “Risco de erosão para a MBH Córrego do Jardim”, resultante da multiplicação dos PI’s recortados da escala municipal (Fator C e Fator K) pelos PI’s topográficos obtidos do levantamento planialtimétrico (SEPLAN:1:10.000).

A reclassificação do PI “Risco de erosão”, aponta 47% de terras da MBH na classe de risco muito baixa (*ausência de problemas ambientais*), .As classes baixa e moderada ocupam 27% das terras da MBH (*problemas podem ser solucionados com mudança de manejo e/ou introdução de práticas conservacionistas*) . As classes de risco de erosão alta e muito alta representam 19% das terras da MBH. Nestas, prevalecem condições críticas para o controle da erosão e seus impactos.

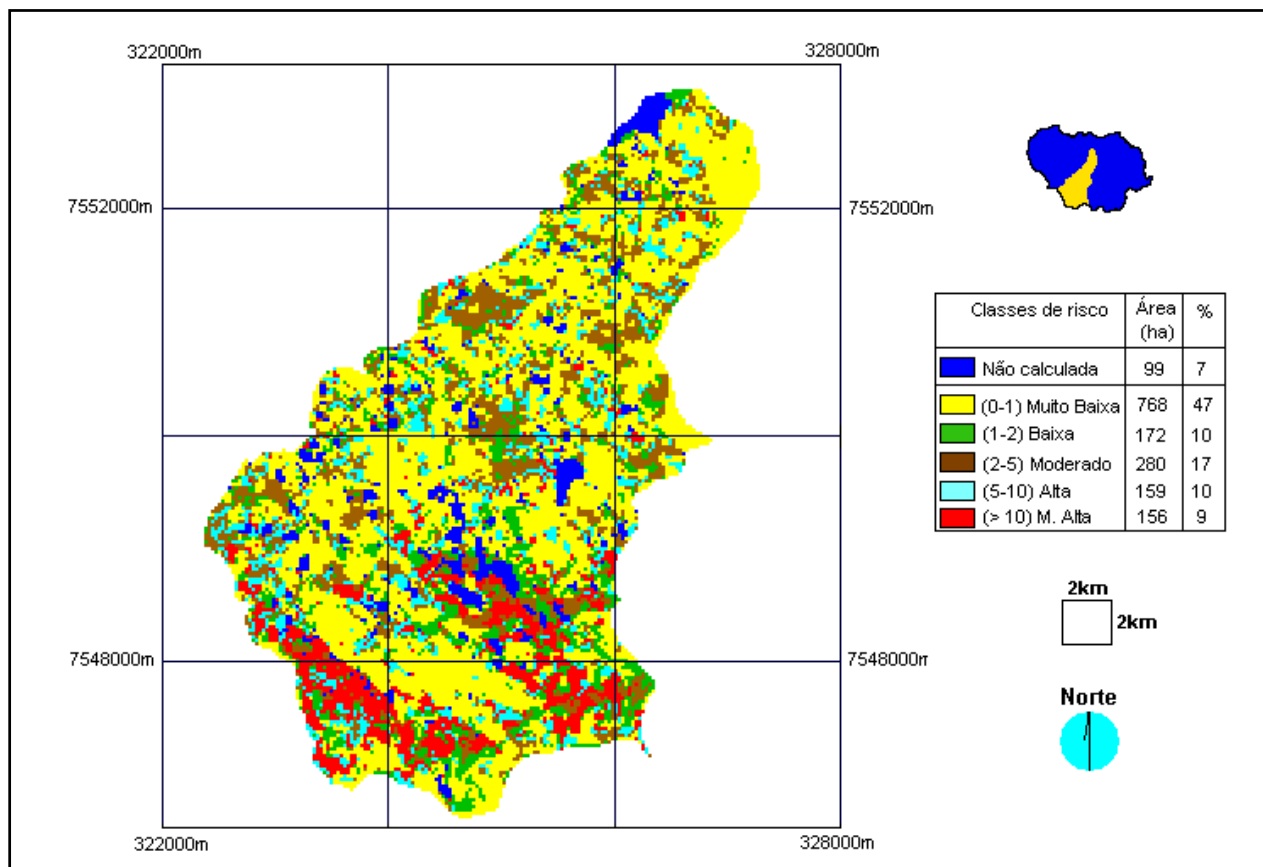


Figura 13. Risco de erosão para a MBH Córrego do Jardim.

A figura 14 apresenta a aplicação do teste de comparação estatística (Kappa), realizado entre o PI “Risco de erosão” da MBH Córrego do Jardim (base planialtimétrica SEPLAN:1:10.000) e o PI “Risco de erosão” elaborado para o município (IBGE:1:50.000).

Muito embora o valor encontrado para o índice de Kappa (0,84) indique alta similaridade entre os produtos elaborados, o mesmo, reflete a homogeneidade dos fatores da EUPS. Como os PI’s relativos ao uso do solo (C), à erodibilidade (K) e Práticas coservacionistas (P) em ambas escalas procedem de um mesmo cálculo, mudando-se apenas o tamanho do pixel, o cálculo fica altamente dependente do fator topográfico. Se tivéssemos calculado o fator topográfico (definição de comprimento de rampa) pelas metodologias apontadas na revisão (**ROCHA et al., 1985; RANIERI et al., 1996**) certamente seriam acentuadas as diferenças entre os produtos. O resultado do Kappa reflete também a adaptação do índice para avaliação de dados discretizados.

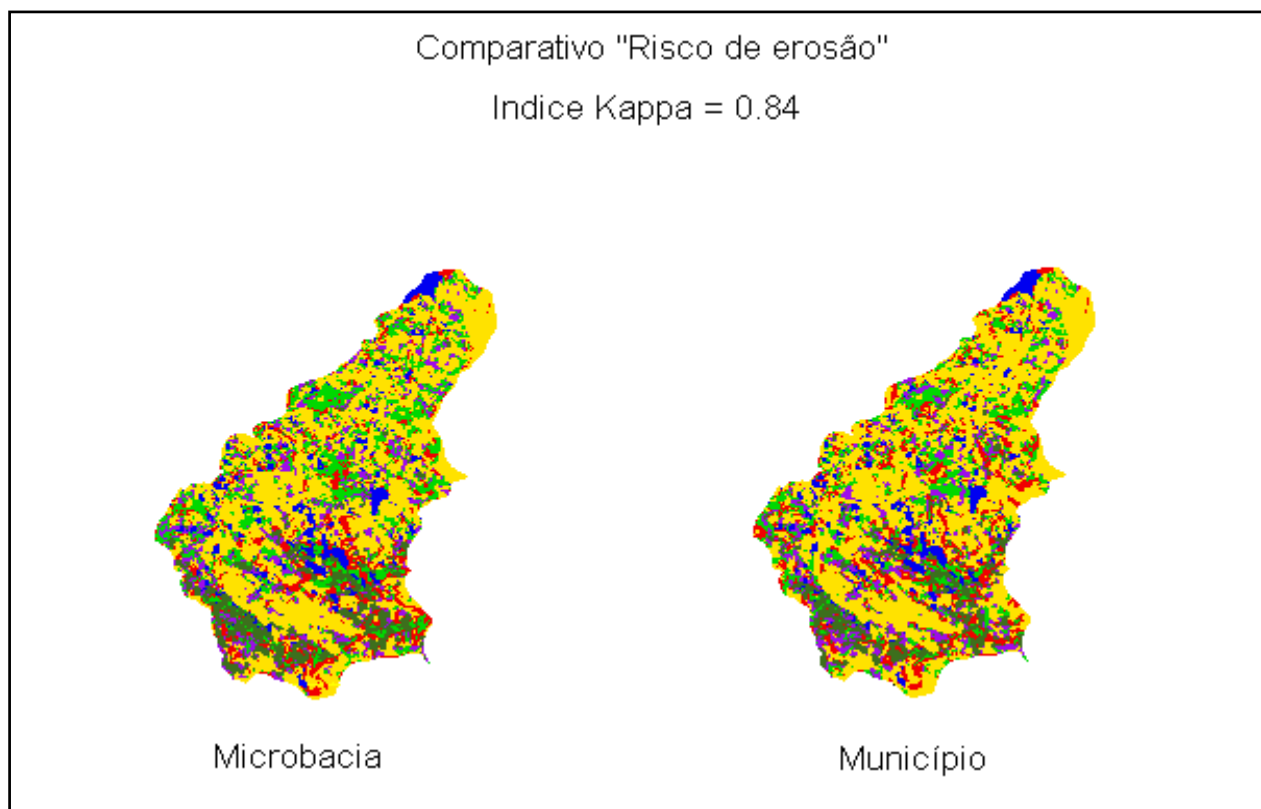


Figura 14. Teste comparativo entre produtos digitais: “Risco de erosão”.

5.1.2.6. Risco ambiental para o município

O cálculo dos valores de risco de erosão para diferentes usos e condições fisiográficas (anexo 6), e a junção das classes de risco, possibilitaram o enquadramento de três condições homogêneas de risco ambiental.

- **BAIXO RISCO AMBIENTAL:** (classe de risco de erosão muito baixa)

Composta por regiões planas (planícies aluvionais do Rio Jaguari-Mirim e do Ribeirão Santa Bárbara), topos aplainados e vertentes com baixos declives; pequenos e médios comprimentos de rampa; predomínio de solos relativamente resistentes à erosão, como latossolos argilosos e argissolos sem gradiente textural, ocupados com: matas nativas (dois tipos de solo em qualquer declividade); pastagens (latossolos situados em qualquer declive e argissolos com até 25%); eucalipto (latossolos em declives inferiores à 18% e argissolos inferiores à 3%); culturas anuais (latossolos em declives inferiores a 3%; café (latossolos em declives inferiores à 9% e argissolos inferiores à 2%).

- **MODERADO RISCO AMBIENTAL** (classe de risco de erosão baixa e moderada)

Composta por áreas de relevo predominantemente *suave ondulado - ondulado* , presença de morros com encostas convexas ou retilíneas, rampas curtas à médias; predominância de argissolos argilosos com profundidade efetiva média (ausência de cascalhos) ocupados com: matas nativas (para os dois tipos de solos em qualquer declive); pastagens (argissolos em declives superiores à 25%); eucalipto (latossolos com declividades entre 18 - 65% e argissolos entre 3 - 25%); cultura anual (latossolos com declividades entre 3 - 18% e argissolos entre 0 - 3%); café (latossolos com declividades entre 9 - 40% e argissolos com declividades entre 2 - 18%).

- **ALTO RISCO AMBIENTAL** (Classe de risco de erosão alta e muito alta)

Composta por áreas de relevo forte ondulado - montanhoso (regiões serranas do município); rampas médias à longas; predominância de argissolos com profundidade efetiva baixa (com cascalho), ocupados com: mata nativa (nos dois solos em qualquer declividade), pastagens (argissolos em declives superiores à 88%); eucalipto (argissolos em declividades superiores à 18%); cultura anual (latossolos em declividades superiores à 18% e argissolos em superiores à 3%) e café (latossolos em declividades superiores a 40% e argissolos em superiores à 18%).

A tabulação cruzada dos PI's "Risco de Erosão" e "Uso atual" (Tabela 11), indica que: 92% das áreas enquadradas como de alto risco ambiental estão atualmente ocupadas com culturas anuais e perenes (cafeicultura). O mesmo cruzamento indica também, a inexistência de áreas de alto risco ocupadas com pastagens e mata nativa. Podendo - se concluir, que a simples substituição das culturas por vegetação nativa ou pastagens reduziriam vigorosamente o risco ambiental dessas regiões críticas.

Tabela 11. Tabulação cruzada "Risco de erosão" x "Uso atual".

Valores em %	Uso atual						
Risco de erosão	Café	Cultura	Pasto	Eucalipto	Mata	Total (ha)	Total (%)
Baixo	12	1	70	2	15	5884	100
Moderado	49	14	27	10	0	2679	100
Alto	52	40	0	8	0	1639	100

5.1.3 Mapa de capacidade de uso e adequação do uso atual.

O mapa de “capacidade de uso” resultou do cruzamento entre os PI’s do meio físico (limitações ao uso dos solos x classes de declive). A Tabela 12 apresenta o grau de limitação relativo aos parâmetros fertilidade e erodibilidade para os solos da área.

Tabela 12. Limitações das unidades de solos do município de Santo Antônio do Jardim - SP

Unidades de Solos	Relação Textural**	Horizonte B					Grau de Limitação	
		S	CTC	V%	Al ³⁺	m%	Erodibilidade	Fertilidade
Led – Limeira (LV)	58/53	1,3	4,8	27	0,7	35	Moderada	Moderada
LV – Camarguinho (LVA)	39/32	0,3	4,7	6	1,6	89	Moderada	Muito
LV – Mato dentro (LVA)	45/38	0,7	4,1	17	0,7	50	Moderada	Forte
LV – Ponte funda (LVA) + PVL	55/46	0,5	3,8	10	0,6	54	Moderada	Muito
C1- Sete Lagoas (Cambissolo)	34/25	1,7	4,0	12	1,6	48	Ligeira	Forte
PV5 – Podz. Cristalino (PVA)	41/14	1,2	4,7	25	1,4	54	Muito Forte	Forte

* Valores de Soma de bases (S); Capacidade de Troca (CTC) e Al³⁺ em Cmol_c/Kg TFSA.

** Teor de argila do horizonte sub-superficial dividido pelo teor de argila do horizonte superficial.

Na classificação de capacidade de uso adotada, os Latossolos Vermelho Amarelo das Unidades Camarguinho (LVd8/so) e Ponte Funda em associação com o Argissolo Vermelho Amarelo Latossólico (LVd4 + PVL), receberam grau de limitação muito forte no parâmetro fertilidade devido a baixa disponibilidade de nutrientes e caráter álico, em consequência, além de receberem o sub-fator (**f-**), evoluíram para a classe IV de capacidade de uso em uma classe de declividade inferior (3-6%). O Latossolo Vermelho Escuro - Unidade Limeira, muito embora, tenha sido classificado com limitação moderada em relação à fertilidade, recebeu o sub-fator (**f-**) por ser uma mancha de pequena dimensão em área de Argissolos. Pelo mesmo motivo, o intervalo de declividade (0-3%) foi enquadrado na classe III de capacidade de uso. Os Latossolos da região, em razão da sua localização no relevo (topos aplainados) e de características físicas internas que lhes conferem grande condição de infiltração e permeabilidade (ausência de camadas impeditivas e porosidade) prestam-se amplamente à instalação da cafeicultura. Essas características acabam sobrepujando as limitações relativas à fertilidade, tornando compensador o investimento em insumos para a correção dessas terras.

Os Argissolos Vermelho amarelo (PVA) - Unidade Cristalino com e sem cascalhos (PV5 e PV5c), possuem relação textural acentuada (tabela 12) e horizonte A arenoso, características que acentuam os riscos de erosão (diminuição de permeabilidade ao longo do perfil e arraste facilitado das partículas devido a ausência do elemento cimentante argila). Em relação à fertilidade, os mesmos apresentam problemas com toxidez em alumínio, o que lhes conferem os sub-fatores (**ef-**) de limitações. O Argissolo Vermelho Amarelo (PVA) - Unidade Cristalino com cascalhos (PV5c), apresenta cascalhos ao longo do perfil, característica esta, limitante ao aspecto motomecanização, muito embora, nestas áreas prevaleçam sistemas artesanais de manejo (alto emprego de mão de obra) para o plantio de café. A característica apontada, juntamente com a posição ocupada no relevo por essa unidade justificam a adoção de um fator de limitação relativo às características do solo (**s-**). Os solos desta unidade mereceram portanto, os três sub-fatores de limitação (**efs-**).

O Cambissolo Sete Lagoas recebeu: fator de limitação (**a-**) relativo a drenagem, devido a sua localização em planície aluvional, e fator (**f-**) de limitação da fertilidade. A Tabela 13, demonstra o cruzamento das unidades de solos com as classes de declive, dando origem à classificação de capacidade de uso.

Tabela 13. Capacidade de uso dos solos do município de Santo Antônio do Jardim - SP

Unidades de solo	Classes de declive (%)						
	0 – 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 18	18 - 25	> 25
Leda – Limeira	III-f	III-f	IV-fe	VI-fe	VI-ef	VII-fe	VIII
LV – Camarguinho	III-f	IV-fe	IV-ef	VI-fe	VI-ef	VII-fe	VIII
LV - Mato Dentro	III-f	III-f	IV-fe	VI-fe	VI-ef	VII-fe	*
LV - Ponte Funda + PVL	III-f	IV-fe	IV-ef	VI-fe	VI-ef	VII-fe	VIII
PV5 -Argissolo C.Cristalino	III-ef	IV-ef	IV-ef	VI-ef	VI-ef	VII-ef	VIII
PV5c -Argissolo C.Cristalino	IV-efs	IV-efs	IV-efs	VI-efs	VI-efs	VII-efs	VIII
PVL – Latossólico + PV5	III-ef	IV-ef	IV-ef	VI-ef	VI-ef	VII-ef	VIII
C1 -Cambissolo-Sete Lagoas	Vaf	Vaf	*	*	*	*	*

* ausência da unidade na referida classe de declividade.

A Figura 15, mostra a capacidade de uso, onde consta a faixa de 30m ao longo dos rios, definida pelo Código Florestal como Área de Preservação Permanente-APP.

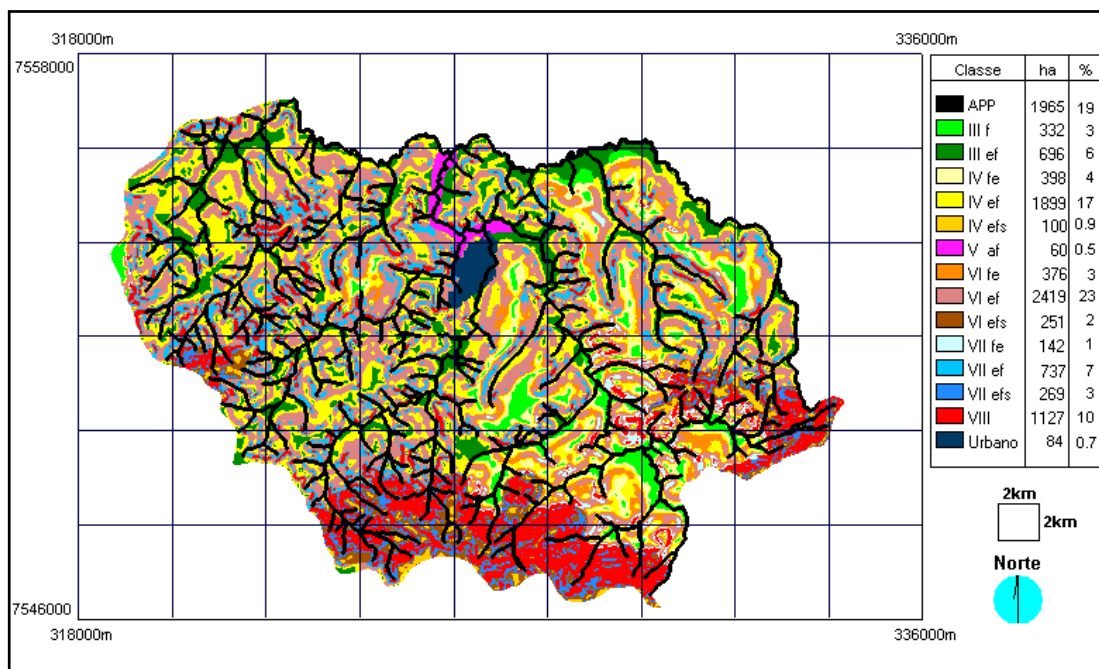


Figura 15. Capacidade de uso para o município de Santo Antônio do Jardim.

A Figura 16 apresenta a classificação de capacidade de uso para a MBH.

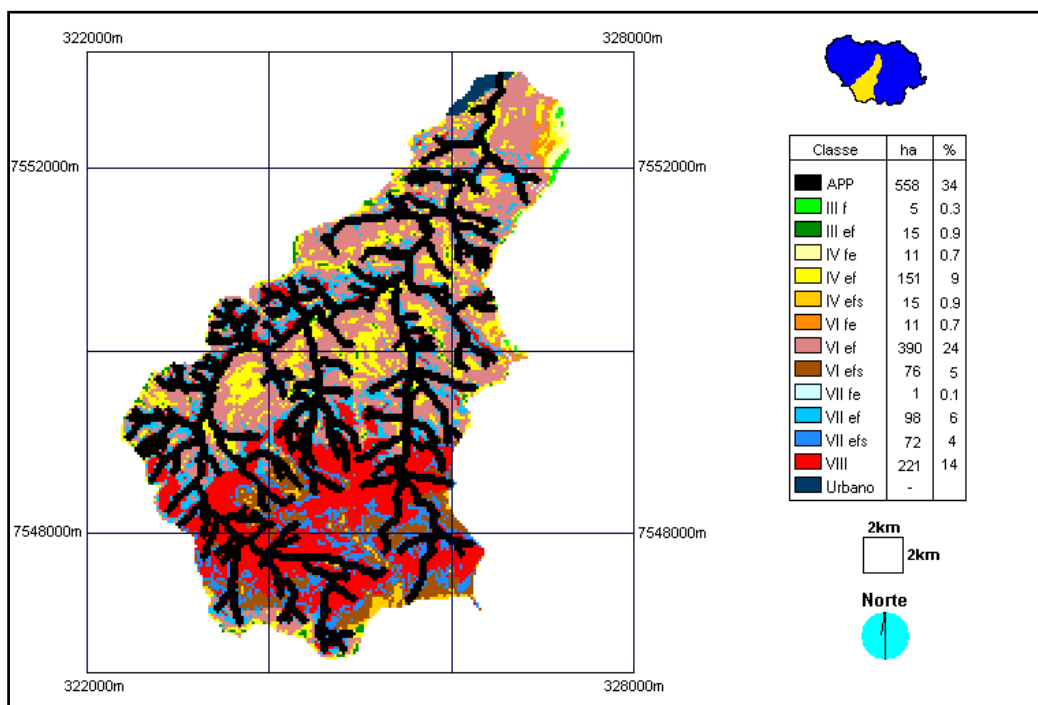


Figura 16. Capacidade de uso para a MBH Córrego do Jardim.

As principais características das classes e sub-classes de capacidade de uso do sistema elaborado, apresentadas nas figuras 15 e 16, são descritas à seguir.

GRUPO A - *Terras cultiváveis*

Classe III - Terras que quando cultivadas sem cuidados especiais, ficam sujeitas a riscos de depauperamento, principalmente em caso de culturas anuais. Constituem boa opção para culturas perenes adaptadas climaticamente, pastagens e reflorestamento.

Sub-classe III-f - Unidade composta por solos muito profundos, com textura argilosa-argilosa leve, limitação forte ou muito forte quanto à disponibilidade de nutrientes e/ou caráter álico (Latossolos Vermelho Escuro - Unidade Limeira e Latossolo Vermelho Amarelo - Unidade Mato Dentro) em declividades de 0-3 e 3-6% e (Latossolo Vermelho Amarelo - Unidade Camarguinho e Ponte Funda) em declividade de 0-3%).

Sub-classe III-ef - Solos profundos, limitados por variações importantes na velocidade de infiltração da água, limitação na fertilidade devido à baixa disponibilidade de nutrientes (baixa saturação por bases no horizonte subsuperficial), (Argissolos do Complexo Cristalino sem cascalhos e Argissolos Latossólicos compreendidos no intervalo de declividade de 0-3 %).

Classe IV - Terras que apresentam riscos ou limitações muito severas quando utilizados para cultivos intensivos e contínuos (culturas anuais), e desse modo, só devem ser empregadas ocasionalmente com essa finalidade, necessitando cuidados muito especiais de conservação do solo. São terras também caracterizadas por baixa disponibilidade de nutrientes e/ou alta saturação por alumínio (álícos).

Sub-classe IV-fe - Muito profundos, textura argilosa-argilosa leve, (boa permeabilidade), limitação forte ou muito forte quanto a disponibilidade de nutrientes e saturação em alumínio (Latossolos Vermelho Amarelo Unidades Camarguinho e Ponte Funda) em declives de 3-6% e (Latossolos Vermelho Escuro - Unidades. Limeira e Latossolo Vermelho Amarelo - Unidade Mato Dentro) em declives de 6-9%.

Sub-classe IV-ef - Solos profundos ou muito profundos limitados por variações importantes na velocidade de infiltração da água, decorrentes da presença de horizontes de textura contrastante (Argissolos do Complexo Cristalino sem cascalhos e Latossólicos) no intervalo de declividade de 3-6 e 6-9 % ou solos com limitações muito fortes quanto a disponibilidade de nutrientes e saturação em alumínio (Latossolos das Unidades Camarguinho e Ponte Funda) em declividades de 6-9%.

Sub-classe IV-efs - Caracterização similar às demais classes IV, diferindo, por apresentarem cascalhos em quantidades variáveis ao longo do perfil, interferindo em seu manejo (Argissolos do Complexo Cristalino com cascalhos) compreendendo as classes de declividade de 0-3, 3-6 e 6-9 %.

GRUPO B - *Terras cultiváveis somente em casos especiais, com culturas perenes protetoras do solo; adaptadas em geral para as pastagens ou florestas.*

Classe V: Terras planas ou com declives muito suaves, praticamente livres de erosão, impróprias para culturas anuais, sendo próprias para uso em pastagens ou silvicultura.

Sub-classe V-af - Terras planas de aluvião não sujeitas à erosão, limitadas por excesso de água e baixa disponibilidade de nutrientes (Cambissolo da Unidade Sete Lagoas) nas declividade de 0-6%.

Classe VI - Terras impróprias para culturas anuais, adaptadas para algumas culturas perenes protetoras do solo (cacau, café etc.), para pastagens ou reflorescimento. As limitações, em geral, se devem à declividade excessiva, pequena profundidade do solo ou presença de pedras impedindo o emprego de máquinas agrícolas.

Sub-classe VI-fe - Solos muito profundos, com forte limitação relativa a disponibilidade de nutrientes e à erodibilidade (todos latossolos em declividades de 9-12%).

Sub-classe VI-ef - Solos profundos ou muito profundos limitados por variações na velocidade de infiltração da água decorrente da presença de horizontes de textura contrastante ou/e fortes limitações de disponibilidade de nutrientes (Argissolos do Complexo Cristalino s/ cascalhos e Latossólicos) compreendidos em declives de 9-18% e todos latossolos na classe de declividade de 12-18%.

Sub-classe VI-efs - Terras com caracterização e aptidão similares ao grupo anterior, diferindo por apresentarem cascalhos em quantidades variáveis ao longo do perfil (Argissolos do Complexo Cristalino com cascalhos) compreendidos no intervalo de declividade de 9-12 e 12-18%).

Classe VII: Terras que, por estarem sujeitas a muitas limitações permanentes, além de impróprias para culturas anuais, apresentam severas limitações para culturas permanentes protetoras do solo, indicadas para pastagens e a manutenção / regeneração de florestas.

Sub-classe VII-fe - Solos sem gradiente textural, em declives de 18 a 25% com limitações fortes ou muito fortes em nutrientes e limitações muito fortes quanto à erodibilidade e mecanização.

Sub-classe VII-ef - Solos com gradiente textural, situados em declividades de 18 a 25% com limitações fortes quanto à disponibilidade de nutrientes e limitações muito fortes quanto à erodibilidade e mecanização.

Sub-classe VII-efs - Terras com caracterização e aptidão similares ao grupo anterior diferindo do mesmo, por apresentarem cascalhos em quantidades variáveis ao longo do perfil (Argissolos do Complexo Cristalino com cascalhos) situados em declividades de 18 a 25% com limitações fortes relativas à disponibilidade de nutrientes e limitações muito fortes quanto à erodibilidade e mecanização.

GRUPO C - Terras não recomendadas para o uso agrícola.

Classe VIII - Terras sem aptidão agrícola para cultivos. Recomendando-se apenas para a proteção da fauna e flora, recreação, turismo e armazenamento de água. Na região, compreende as serras e afloramentos rochosos em declives superiores a 25%.

O procedimento adotado para o estudo de adequação do uso agrícola foi a tabulação cruzada (*CROSSTAB*) entre os *PI's* “Capacidade de uso” e “Uso atual das terras”. O cruzamento identificou quatro classes de adequabilidade de uso dos solos: (a) adequado, (b) inadequado, (c) preservação permanente e (d) não classificado.

Na Tabela 14, a área preenchida com a cor “vermelha”, corresponde a terras onde o uso atual do solo apresenta-se inadequado (31,7% das terras do município), a mesma é constituída por terrenos preparados (implantação de culturas anuais ou novos cafezais) e terras ocupadas com cafezais em unidades de capacidade de uso não condizentes. A área em “verde”, representa terras com uso adequado (57,5%), a área em “azul”, representa áreas com mata nativa (8,3%) e, em “amarelo” terras onde não foi possível discernir o uso através de geoprocessamento (2,4%).

Tabela 14. Adequação do uso do solo no município de S.A. do Jardim - SP.

Área (em ha)	Café	Culturas	Pasto	Eucalipto	Mata	N. clas..
APP	392	107	936	105	240	48
III f	96	35	152	9	30	7
III ef	156	88	348	34	30	34
IV fe	158	39	158	11	26	5
IV ef	549	222	857	76	110	70
IV efs	21	11	45	7	10	7
V af	8	9	39	1	1	2
VI fe	155	42	141	16	16	6
VI ef	665	293	1102	115	150	77
VI efs	62	33	105	16	23	10
VII fe	37	13	75	5	9	2
VII ef	203	69	323	48	61	24
VII efs	70	32	109	17	29	10
VIII	291	86	459	94	139	46

* Vermelho (uso inadequado); Verde (uso adequado); Azul (mata nativa) e Amarelo (não classificado).

A Figura 17 apresenta o estudo de adequação do uso do solo no município.

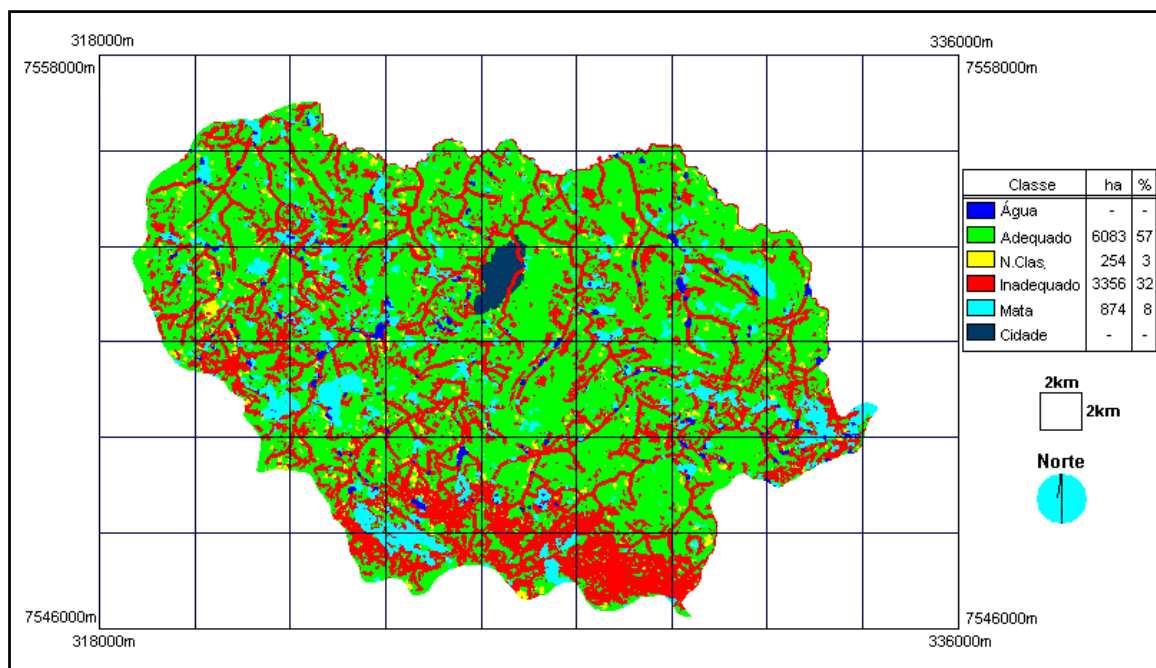


Figura 17. Adequação do uso do solo para o mun. de Santo Antônio do Jardim - SP.

A Figura 18, apresenta o estudo de adequação do uso do solo na MBH.

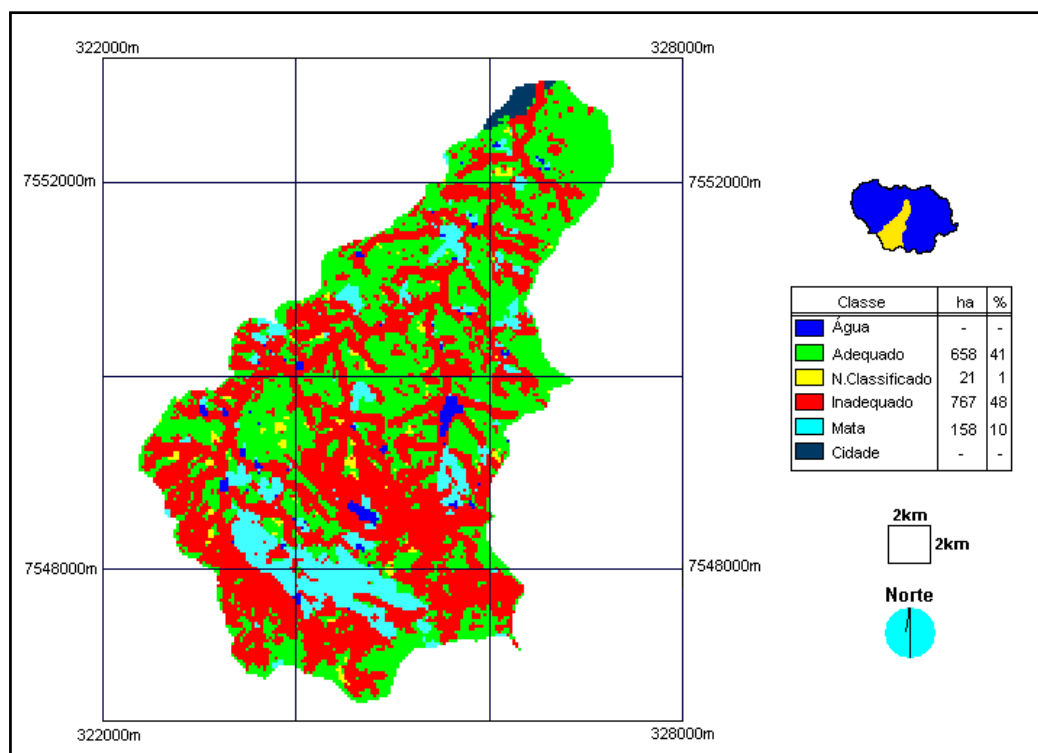


Figura 18. Adequação do uso do solo para a MBH Córrego do Jardim .

5.1.4. Aptidão agroclimática da cafeicultura no município.

Os resultados do item aptidão agroclimática, obtidos através do cruzamento de PI's relativos a parâmetros climáticos, possibilitaram a delimitação de áreas aptas ou não aptas para a cafeicultura no município, e, uma avaliação do quadro atual de ocupação da cultura na região.

5.1.4.1. PI "Deficiência hídrica" (Balanço hídrico)

O primeiro passo na execução do balanço hídrico foi o cálculo das temperaturas através do modelo formulado por (**PEDRO JUNIOR, 1991**). A Tabela 15, demonstra os valores calculados de temperatura média mensal máxima e mínima para o município (cota 760m, latitude 22°16"). Os valores médios de temperatura média mensal foram obtidos da média dos valores extremos calculados.

Tabela 15. Temperaturas médias mensais calculadas (máximas, mínimas e médias) para o município de Santo Antônio do Jardim – SP– (**PEDRO JR. 1991**).

Mês	Temperatura média mensal		
	Mínima	Média	Máxima
Janeiro	17,7	23,2	28,8
Fevereiro	18,0	23,3	28,6
Março	17,2	22,8	28,5
Abril	14,6	20,8	27,0
Maio	11,9	18,5	25,1
Junho	10,5	17,3	24,1
Julho	10,0	17,1	24,3
Agosto	11,3	18,9	26,4
Setembro	13,3	20,4	27,6
Outubro	15,1	21,5	27,9
Novembro	15,9	22,1	28,2
Dezembro	17,1	22,6	28,1
Anual	14,3	20,7	27,1

Em relação às temperaturas médias máximas, a região apresenta valores próximos à 28°C no período crítico da fase de florescimento (setembro / outubro), indicando a possibilidade da ocorrência de temperaturas superiores a 30°C, que ocasionam o abortamento parcial ou total das flores. Regiões tropicais onde as médias anuais de temperatura ultrapassam 22°C parecem ser o limite máximo para o cultivo comercial do café.

Em relação às médias mínimas, valores próximos a 10°C nos meses de inverno são preocupantes quanto à ocorrência de geadas. A temperatura média anual enquadra-se nos limites propostos como aptos para a atividade cafeeira conforme os autores (**ORTOLANI et al., 1970; CAMARGO & PEREIRA, 1994**).

De posse dos dados de precipitação (totais pluviométricos médios mensais do período 1961-1991), da temperatura calculada, e, definida a capacidade de armazenagem para solos profundos ou muito profundos da região (125mm), procedeu-se o cálculo do balanço hídrico pelo método (**THORNTWAITE & MATTER, 1955**) objetivando a caracterização dos períodos de *déficit* e excedente hídrico.

O balanço hídrico dos dados médios (Tabela 16 e Figura 19) aponta a ocorrência de pequeno déficit hídrico (7,4 mm) no período junho/setembro correspondente no ciclo fenológico do café, às fases de repouso e da colheita. Em outubro/novembro, ocorre a reposição de água no solo, e posteriormente, de dezembro à maio ocorrem os excedentes de água (618 mm). Esses dados apontam condição excelente para a cafeicultura no município, uma vez que, no período de florescimento, frutificação e fase vegetativa (outubro à maio), quando o cafeeiro mais precisa de umidade no solo, ocorre a reposição e formação de excedentes hídricos.

O pequeno déficit hídrico anual apontado, coincide com a fase da colheita e repouso (junho a setembro), ocasionando a uniformidade da florada, e a colheita processada de uma só vez (derriça), favorecendo a qualidade da bebida (café de terreiro). As regiões mais frias e secas na época da colheita são as mais apropriadas para a produção de cafés de melhor qualidade (padrão exportação).

Tabela 16. Balanço hídrico para valores de precipitação média (período 1961-1991).

Capacidade de Armazenamento (Solos argilosos + culturas perenes) = 125mm

Mês	T °C	Ep (mm)	P (mm)	P-Ep	S neg.	Arm	Alt	Er (mm)	Déficit	Excesso
Janeiro	23.2	113.6	245.0	131.4	0.0	125.0	0.0	113.6	0.0	131.4
Fevereiro	23.3	99.8	223.0	123.2	0.0	125.0	0.0	99.8	0.0	123.2
Março	22.8	100.1	192.0	91.9	0.0	125.0	0.0	100.1	0.0	91.9
Abril	20.8	74.4	86.0	11.6	0.0	125.0	0.0	74.4	0.0	11.6
Mai	18.5	56.2	58.0	1.8	0.0	125.0	0.0	56.2	0.0	1.8
Junho	17.3	47.0	43.0	-4.0	4.0	121.1	-4.0	46.9	0.1	0.0
Julho	17.1	44.8	31.0	-13.8	17.8	108.4	-13.0	43.7	1.2	0.0
Agosto	18.9	60.6	41.0	-19.6	37.4	92.7	-16.0	56.7	3.9	0.0
Setembro	20.4	73.4	66.0	-7.4	44.8	87.3	-6.0	71.4	2.1	0.0
Outubro	21.5	90.3	147.0	56.7	0.0	125.0	39.0	90.3	0.0	19.1
Novembro	22.1	97.3	170.0	72.7	0.0	125.0	0.0	97.3	0.0	72.7
Dezembro	22.6	108.2	275.0	166.8	0.0	125.0	0.0	108.2	0.0	166.8
Total	20.7	965.7	1577.0	-	-	-	-	958.7	7.3	618.5

Fonte: DAEE – Posto pluviométrico D3-021 (Espírito Santo do Pinhal- SP)

Os dados de deficiência e excedentes hídricos, bem como o período de retirada e reposição de água no solo, podem ser melhor visualizados na Figura 19.

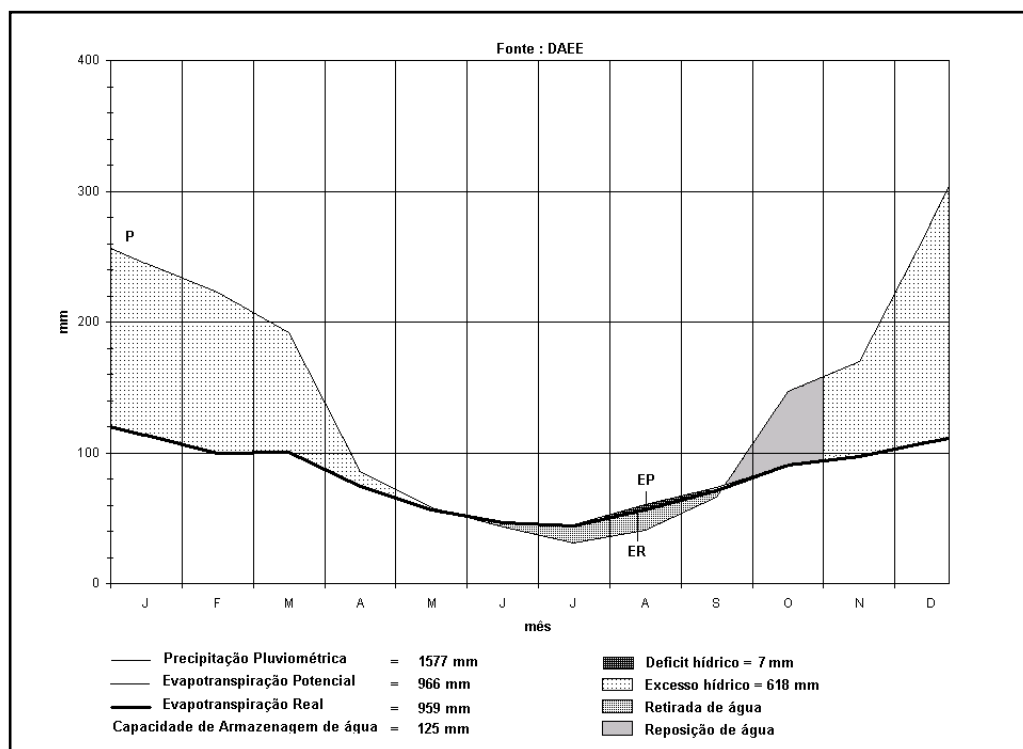


Figura 19. Balanço hídrico para valores de precipitação média (1961-1991).

A análise dos dados, com um período de retorno razoável (30 anos), a relativa concentração do déficit no período de repouso e colheita do café e a adoção de um valor médio de altitude para o cálculo de temperaturas (cotas maiores representam diminuição da temperatura e aumento da pluviosidade com a conseqüente diminuição das deficiências), permitem concluir a inexistência de problemas de deficiência hídrica nos períodos críticos da cultura.

Muito embora, os dados analisados para a região de estudo, indiquem ausência de deficiência hídrica, cautelas devem ser tomadas ao manipular dados médios mensais, no intuito de não subestimar os efeitos de “*veranicos*” nos aspectos de produção do cafeeiro, somente diagnosticáveis através da realização de balanços hídricos decendiais.

As deficiências hídricas apontadas no período de inverno (junho-setembro) e os grandes excedentes verificados na estação das águas, estabelecem as necessidades técnicas de manejo, sobretudo, as que possibilitam aumentar a capacidade de armazenamento de água no solo. Práticas conservacionistas, tais como, terraceamento em nível, embaciamento, o estabelecimento de cordões em contorno e demais práticas vegetativas podem amenizar o problema de deficiência hídrica para a cultura do café.

A verificação de grandes excedentes hídricos concentrados no verão (chuvas torrenciais), remetem à necessidade do conhecimento da distribuição da chuva da região, conhecimento este, imprescindível na projeção de obras de engenharia que envolvam a movimentação de terras (Barragens, estradas, obras de drenagem etc.). No caso de obras destinadas ao controle mecânico da erosão, para terraços em nível por exemplo, deve-se considerar a chuva diária máxima que será armazenada no canal do terraço. Já para o dimensionamento de terraços com gradiente, a intensidade máxima da chuva deverá ser observada.

5.1.4.2. PI “temperatura calculada a partir de valores de altitude e latitude.

Para o estudo da distribuição da cafeicultura ao longo do relevo do município, efetuou-se a reclassificação do mapa de altitudes (classes de 50 metros), e em seguida a tabulação cruzada (CROSSTAB) entre o PI “Classes de altitude” e “Uso atual”.

A Figura 20 apresenta as classes de altitude e a distribuição das áreas com cafeicultura pelas mesmas.

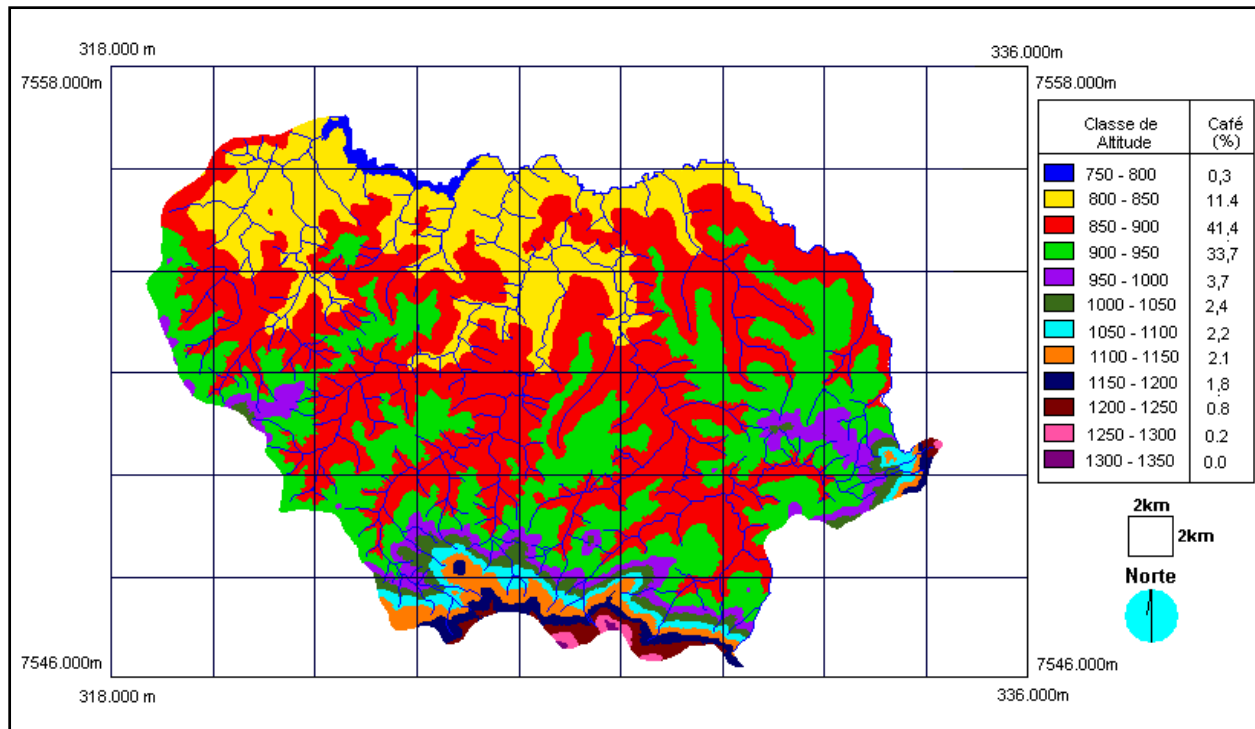


Figura 20. Classes de altitude e porcentagem das mesmas ocupadas com cafeicultura.

Observa-se na figura, a concentração da atividade cafeeira no intervalo de altitude 800-950m (amarelo, vermelho e verde claro), perfazendo 86% do café plantado no município. Essa distribuição vai ao encontro das orientações técnicas, para renovação dos cafezais, estabelecidos pelo IBC nas décadas de 70 e 80.

Observa-se também, que a maioria dos cafeicultores evitam as áreas planas ou de pequenas declividades (0-3%) próximas aos rios (azul), onde a drenagem do ar frio é pequena, e, conseqüentemente, existe uma maior probabilidade de ocorrência de geadas. Do mesmo modo, os cafeicultores evitam as regiões serranas, onde há a ocorrência de ventos frios, responsáveis por quebras consideráveis de produção.

Para aplicação dos parâmetros que estabelecem como aptas à cafeicultura, temperaturas médias mínimas superiores à 18°C e médias máximas inferiores à 22°C (ORTOLANI et al., 1970; CAMARGO & PEREIRA, 1994), utilizou-se o modelo de estimativa de temperaturas médias anuais (PINTO et al., 1972), obtendo-se um produto digital reclassificado nas faixas de aptidão (Figura 21), após isso, efetuou-se a tabulação cruzada do produto digital reclassificado com o PI “Uso atual”, obtendo-se a distribuição do café e a aptidão do mesmo, segundo o critério de temperaturas.

O cruzamento do PI “Temperaturas calculadas” com o PI “Uso atual” indicou que 93% do café plantado no município, está localizado na faixa temperaturas aptas (correspondente a 93% da área do município). Apenas 7% do café plantado no município encontra-se na faixa não apta (correspondente à 7% da área do município).

Na figura, a região ocupada pela classe “*não apta*”, devido ao critério temperatura, também oferece limitações em termos de declividade, correspondendo em grande parte, a áreas que oferecem alto risco ambiental, bem como se enquadram na classe VIII de capacidade de uso (impróprias para uso agrícola).

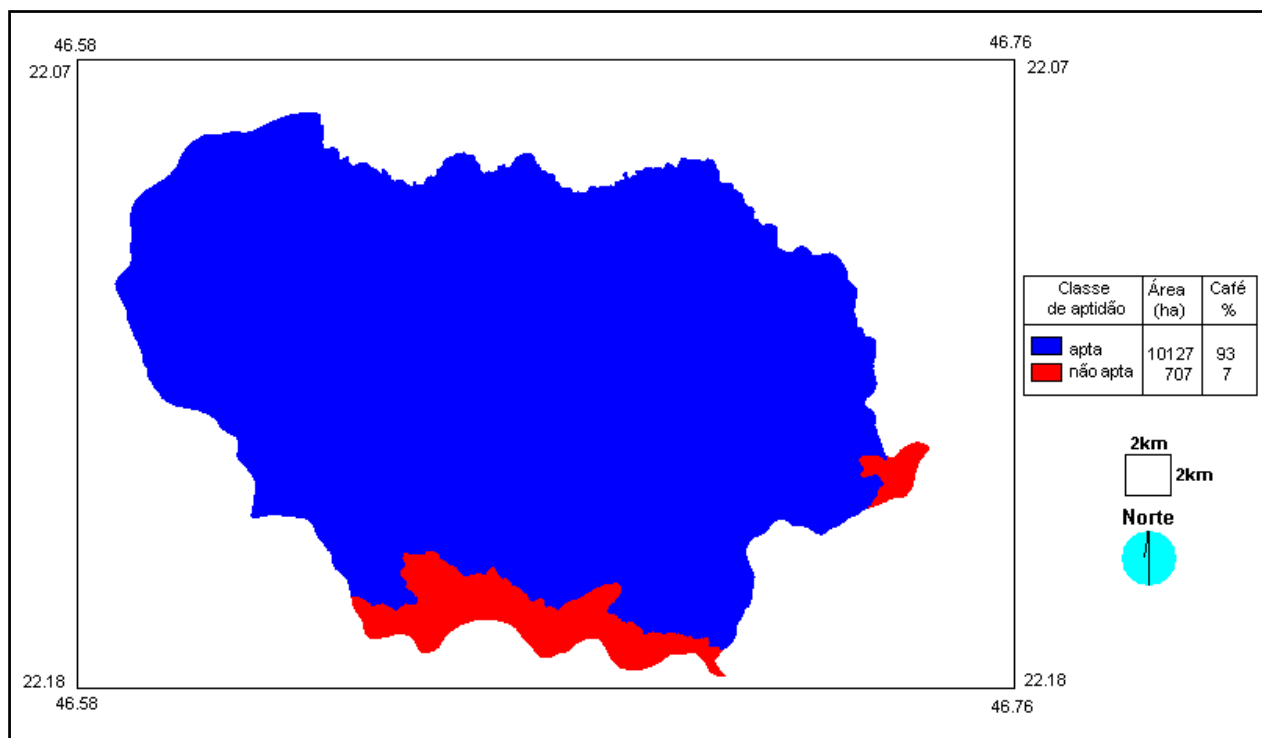


Figura 21. Mapa de aptidão térmica para o café no município ($18 < T_{apta} < 22^{\circ}\text{C}$).

5.1.4.3. PI “Orientação de vertente”

A Figura 22, apresenta a reclassificação da imagem “Orientação de vertentes” em face Norte (1º e 2º quadrantes) e em face Sul (3º e 4º quadrantes), bem como, a porcentagem das mesmas ocupadas com cafeicultura (obtida através das tabulação cruzada dos PI’s “Aspecto” x “Uso do solo”).

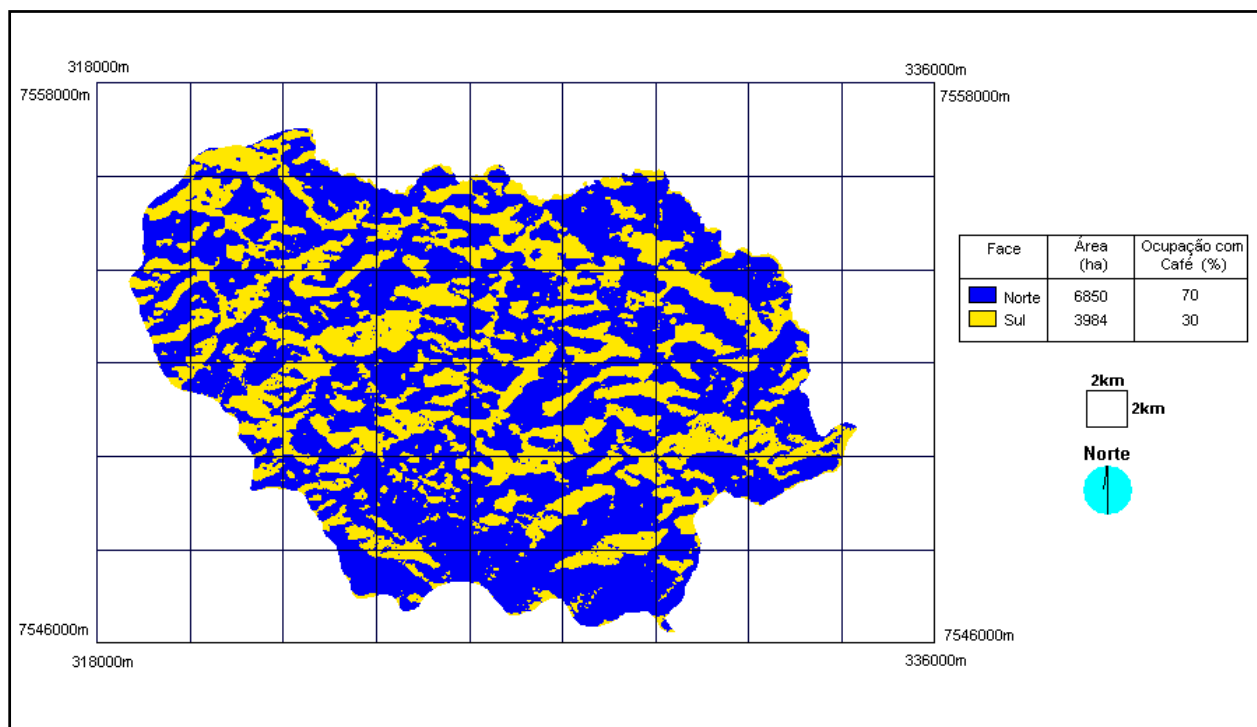


Figura 22. Orientação de vertentes (aspecto).

A reclassificação da orientação de vertentes e o cruzamento do mesmo com o PI “Uso do solo”, possibilitou concluir que 63% da área do município, localiza-se em encostas com exposição Norte, e estão ocupadas com 70% da lavoura de café, indicando a preferência dos agricultores pelas mesmas. Aproximadamente 37% da área (face sul) estão ocupadas com 30% da cafeicultura do município.

Os cafeeiros localizados na orientação Sul, à partir de 800 metros de altitude, podem ficar desprotegidos em relação à ventos de direção sudeste, associados à penetração de massas polares através do corredor definido pela depressão periférica e a superfície continental, que ocasionam resfriamentos no rebordo da Serra da Mantiqueira.

Devido a essa condição de risco, recomenda-se em vertentes orientadas para a face sul, situadas em cotas maiores do que 800m, o plantio de cercas vivas com *grevillea* ou outras plantas de proteção (MATIELLO, 1991).

De modo geral, a análise dos produtos digitais correlacionados com a aptidão agroclimática da cafeicultura, indica como boa, as características climáticas gerais de Santo Antônio do Jardim - SP (sem extremos), ocorrendo apenas a possibilidade da ocorrência de geadas esporádicas (uma ou duas vezes ao ano).

Partindo da constatação da inexistência de deficiências hídricas elevadas para as culturas (sobretudo à cafeicultura), o mapa síntese do estudo de aptidão climática para a cultura (figura 23) considera apenas as variáveis “faixa de aptidão para temperaturas médias anuais” e “orientação de vertentes”. A legenda da Figura 23, apresenta as classes : (1) face norte sem restrição de temperatura; (2) face norte com restrição de temperatura; (3) face sul sem restrição de temperatura e (4) face sul com restrição de temperatura.

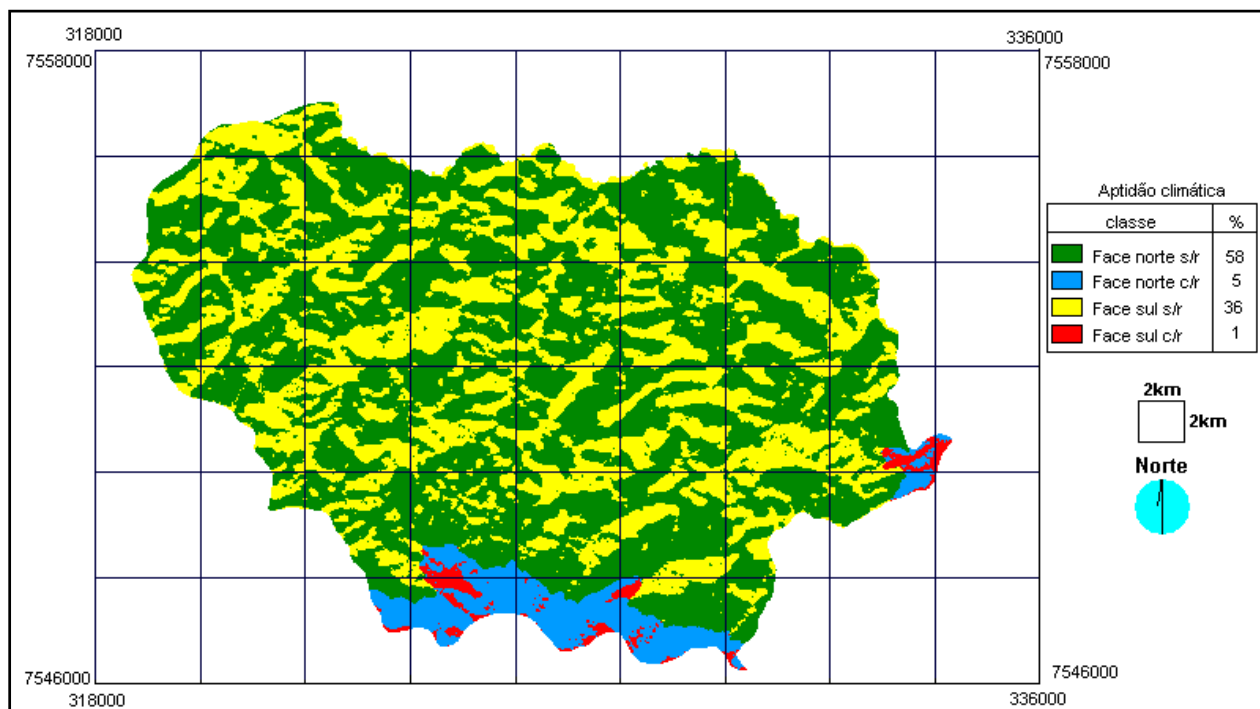


Figura 23. Aptidão climática “T°C médias anuais” x “Orientação de vertentes”.

6. RECOMENDAÇÕES CONSERVACIONISTAS PARA O MUNICÍPIO.

Analisando-se as potencialidades e fragilidades ambientais apontadas no item “5.1.2.6 - Caracterização do risco ambiental”, e considerando-se, a sustentabilidade dos padrões de ocupação e uso do solo, formulou-se um elenco de medidas necessárias à conservação dos recursos naturais para cada classe de risco ambiental.

Classe 1 - Baixo risco ambiental (54% da área do município)

Processos erosivos: Ocorrência de erosão laminar fraca a moderada.

Diretrizes para aproveitamento: Constituem áreas próprias para a exploração agrícola, desde que, respeitada a legislação ambiental específica e observados critérios conservacionistas básicos, tais como, adoção do sistema de capacidade de uso; preparo e plantio em nível; introdução de práticas conservacionistas vegetativas (cultivo em faixas, faixas de vegetação permanentes, uso de cobertura morta, alternância de capinas, adubação verde etc.) e edáficas (manutenção da fertilidade e da matéria orgânica no solo).

Classe 2 - Moderado risco ambiental (24% da área do município)

Processos erosivos: ocorrência de erosão laminar muito intensa, presença freqüente de sulcos e ravinas com ausência de “vossorocas”.

Diretrizes para aproveitamento: Para a exploração dessas áreas com culturas (anuais e perenes) são exigidas práticas conservacionistas mais complexas (conjugação de práticas vegetativas, edáficas e de caráter mecânico). As práticas de caráter mecânico (recomendáveis para glebas com até 18% de declividade) devem ser dimensionadas em conformidade com os parâmetros topográficos (declividade e comprimento de rampa) e com as características físicas do solo. A ocupação com reflorestamento e pastagem deve ser acompanhada de práticas conservacionistas simples. A estratégia conservacionista para essas áreas deve levar em conta: O *aumento da cobertura vegetal* (biomassa das culturas ou cobertura morta) através da adubação, calagem, adubação verde e adição de compostos orgânicos, proporcionando a proteção da camada superficial dos solos. O *controle do escoamento superficial*: através da

associação dos procedimentos edafo-vegetativos com estruturas que fracionem o comprimento das rampas, reduzindo a velocidade do escoamento superficial (enleiramento em nível, faixas de vegetação permanentes, cordões em contorno e os diversos tipos de terraços agrícolas. E por último, a *adoção de sistemas conservacionistas de preparo do solo*: que possibilitem o cultivo com o mínimo revolvimento da camada superficial do solo. A combinação dessas três características, tendem a promover a recomposição da estrutura do solo pela formação de agregados estáveis; aumentam a capacidade de infiltração dos solos, evitam a ocorrência dos fenômenos de selamento superficial e formação de camadas compactadas, melhorando a disponibilidade de água no solo.

Classe 3 - Alto risco ambiental (15% da área do município)

Processos erosivos: Ocorrência de erosão laminar muito intensa, sulco e ravinas freqüentes. Escorregamentos muito freqüentes com queda de blocos nas escarpas.

Diretrizes para aproveitamento: A combinação de relevos movimentados com solos altamente erodíveis tornam essas áreas problemáticas para a exploração agrícola. Em terras com fatores predisponentes a alto risco ambiental, já destituídas de vegetação ou indevidamente ocupadas com culturas anuais ou perenes, deve-se incentivar a recomposição ou substituição das mesmas com vegetação arbórea nativa que sirvam como habitat de várias espécies da fauna, além de proteger os recursos hídricos. Nessas áreas, devem ser observados aceiros e faixas de segurança ao longo das estradas, objetivando a proteção das formações florestais de incêndios. A introdução de pastagens nessas regiões deve merecer cuidados, objetivando o seu pleno desenvolvimento e a manutenção de sua capacidade de suporte, tais como reformas periódicas, introdução de gramíneas adaptadas, pastoreio rotacionado intensivo com a devida alocação de piquetes, observância de períodos de repouso das pastagens, proteção das nascentes e pequenas barragens com cercas, observância dos melhores locais para a instalação de cochos e abrigos para os animais e melhoramento das aguadas.

De modo semelhante, considerando-se a melhor utilização dos recursos naturais, preconizada pelo sistema de capacidade de uso (item 5.1.3), procurou-se formular considerações gerais relativas à recomendação de uso, manejo e práticas conservacionistas para cada classe de capacidade de uso.

Classe III

Recomendações: Adoção de sistema de preparo do solo, realizado de maneira a não promover a pulverização excessiva (cultivo mínimo, uso de escarificador etc.), Plantio em nível ou em contorno, cuidando-se de manter o solo o tempo todo coberto com material residual. Promover a manutenção / aumento da matéria orgânica do solo através da incorporação de resíduos das culturas (não queimar restos culturais), adubação verde ou orgânica. Proceder o rompimento ou desagregação de camadas compactadas. Promover a rotação de culturas (incluindo cultura de inverno que produza alta quantidade de material residual) Em *culturas anuais*: adoção de rotação de culturas e plantio em faixas; aplicação de corretivos e fertilizantes (conforme análise dos solos). Em *culturas perenes*: proceder o manejo do mato das ruas utilizando o implemento roçadeira (manter sempre na altura de 5-10cm de altura, evitando a competição com a cultura.); introdução de cordões em contorno, embaciamento, tratos culturais e controle de pragas e doenças. Em *pastagens*: implantar sistemas de sulcos de retenção e camalhões em nível (pequenos terraços), dotação adequada de animais por unidade de área. Na ocupação com *florestas nativas ou reflorestamento*: promover a interdição ao gado e construção de canais divergentes.

Classe IV

Recomendações: Em *culturas anuais*: (apenas em rotações com culturas perenes e pastagens) seguir as recomendações indicadas para a classe III, com a adoção no caso dos Latossolos, de terraços em nível de base larga. Nos argissolos, em geral, recomenda-se a adoção de terraços em desnível que deverão conduzir a enxurrada para canais escoadouros devidamente dimensionados e previamente vegetados. Nos demais tipos de utilização agrícolas, seguir as recomendações da classe III.

Classe V

Recomendações: Uma vez corrigidos os aspectos drenagem e fertilidade, podem ser cultivados com culturas, pastagens, horticultura e árvores, oferecendo pequenos riscos de erosão devido a sua localização no relevo. Não são recomendáveis para a cafeicultura, devido a sua localização concentradora de ar frio (fundo de vale).

Classe VI

Recomendações: O uso com culturas permanentes protetoras do solo (café, seringueira etc.) deve ser efetuado com a adoção de práticas especiais de conservação, tais como: plantio em nível, alternância de capinas, roçada do mato / utilização de herbicidas, utilização de cobertura morta, instalação de renques de vegetação (quebra-ventos e arborização) e a construção de estruturas mecânicas (cordões em contorno). Na cafeicultura, em áreas montanhosas, pode se empregar a arruação permanente como prática auxiliar do controle da erosão.

Classe VII e VIII

Recomendações: Devido à declividade excessiva, a pequena profundidade efetiva e a presença de pedregosidade nos solos, as duas classes em questão, requerem maior número de práticas conservacionistas (ou a realização das mesmas de forma mais intensiva) exigindo cuidados extremos para o controle da erosão. As glebas pertencentes a essas classes de capacidade de uso, são mais recomendáveis para o refúgio da fauna silvestre, construção de barragens, bosques recreativos, pedreiras etc.

A partir dos dois estudos realizados, com a constatação de que áreas com inerente risco ambiental no município (regiões serranas), vem sendo submetidas a intensos processos de exploração com cultura comercial (cafeicultura) com o conseqüente ônus degenerativo, bem como, a necessidade estratégica de preservação dessas áreas (mananciais de recursos hídricos) para o abastecimento futuro, justificariam ao nosso ver, a decretação de uma área de preservação ambiental municipal - *APA BEBEDOURO / PANELÃO / MORRO AZUL* por parte da administração pública local.

As unidades de conservação do tipo APA (artigo 8º da *Lei Federal Nº 6902/81*) não necessitam desapropriação, podendo ser constituídas por terras particulares ou devolutas. Ao contrário da restrição no aproveitamento de recursos naturais, impostas por outras unidades de conservação (parques, reservas etc.), as APA's são regidas por planos de manejo sustentável, que procuram conciliar a preservação da diversidade biológica e dos recursos naturais com o uso sustentável de parte dos mesmos, mantendo-se tanto a propriedade privada da terra quanto a jurisdição municipal. Deste modo, o estabelecimento da APA teria como objetivos emergenciais, dentre outros:

- A adoção de critérios de capacidade de uso sustentável para a seleção de alternativas rentáveis na unidade de conservação.
- O estabelecimento de corredores (áreas contíguas) entre os remanescentes de cobertura vegetal, possibilitando proteção especial às espécies da biota local.
- Promover a formação de florestas nos topos dos morros de modo a reduzir as enxurradas que se formam nas cabeceiras, proporcionando maior infiltração e regularização dos aquíferos. Observa-se nos dados do LUPA, que apenas 195 das 458 propriedades preservam vegetação (20% de reserva legal). Apenas uma propriedade (Fazenda Pinhalzinho), contribui com 58% da área ocupada com reflorestamento.
- Promover o repovoamento de espécies florestais nativas (aumento da biodiversidade) junto às regiões de proteção permanente (cursos de água, nascentes etc.)
- Diversificar a produção agrícola do município com a introdução de espécies frutíferas de clima temperado
- Planejar a localização das atividades e a seletividade no despejo de materiais resultantes das mesmas (agrotóxicos, adubação, chorume, etc.) no Córrego do Jardim de forma a impedir que o progresso e crescimento do município prejudiquem os mananciais, e em consequência o abastecimento urbano futuro.

Para as faixas de proteção ao longo dos cursos d'água (30m em cada margem), o Código Florestal (Lei federal nº 7.803/89) indica a necessidade de execução de reflorestamento ciliar. Observa-se contudo, no município, que apenas 240 ha (cerca de 13%) da área de afastamento ao longo dos cursos de água estão realmente ocupados com mata. Uma consulta a tabela 13, permite constatar que pouco mais da metade (51%) dessa área está ocupada com pastagens, inferindo-se que, numa boa parte dos casos, os córregos e rios, estejam sendo utilizados como aguada para os animais.

Objetivando a recomposição da vegetação ciliar, recomendaria-se o reflorestamento com plantas pertencentes a dois estádios de sucessão: pioneiras e secundárias, as pioneiras cresceriam rapidamente à plena luz, Já as secundárias desenvolveriam-se melhor à sombra. As mudas devem ser distribuídas no terreno de tal forma que as espécies do primeiro grupo forneçam sombreamento para as do segundo grupo. Uma regra geral, é a de que espécies a serem plantadas num dado local, devem ser aquelas que ocorrem naturalmente em condições de clima, solo e umidade semelhantes às da área a ser reflorestada.

Dentre os benefícios gerados pelo reflorestamento dessas áreas, citam-se: a recuperação do banco genético da flora e fauna locais, a proteção dos reservatórios dos processos erosivos e contaminantes e a valorização da paisagem. Em relação aos remanescentes de mata, o decreto federal nº 750/93, proíbe a supressão, exploração ou corte de vegetação natural do domínio Atlântico, nos diversos estágios de regeneração (exceções para casos especiais com autorização do *IBAMA*), no qual, enquadram-se as matas nativas existentes no município. A resolução *CONAMA* nº9 de 1996 estabelece a necessidade da criação de “*corredores entre remanescentes de mata atlântica*”, definindo-os, como faixas de cobertura vegetal existente entre remanescentes de vegetação primária, em estágio médio e avançado de regeneração, capaz de propiciar *habitat* ou zona de trânsito para a fauna residente nos remanescentes. Assim, as áreas de mata nativa do município constituem patrimônio do meio ambiente, contando-se com a sua manutenção / melhoramento através da introdução de espécies nativas da região na formação dos corredores.

A Tabela 13 mostra que somente 12% das terras definidas como classe VIII - “proteção e abrigo de fauna e flora silvestre” estão ocupadas com matas nativas. Sendo que metade (51%) desta unidade de preservação encontra-se ocupada com pastagens.

A figura 24 exhibe o plano conservacionista para o município constando: as áreas de preservação permanente ao longo dos rios (APP); as áreas aptas para culturas anuais (classes III, IV, V de capacidade de uso); as indicadas para cultivos permanentes, pastagens e reflorestamento (classe VI); as indicadas como Reserva Legal – RL (classes VII e VIII) e a sede municipal.

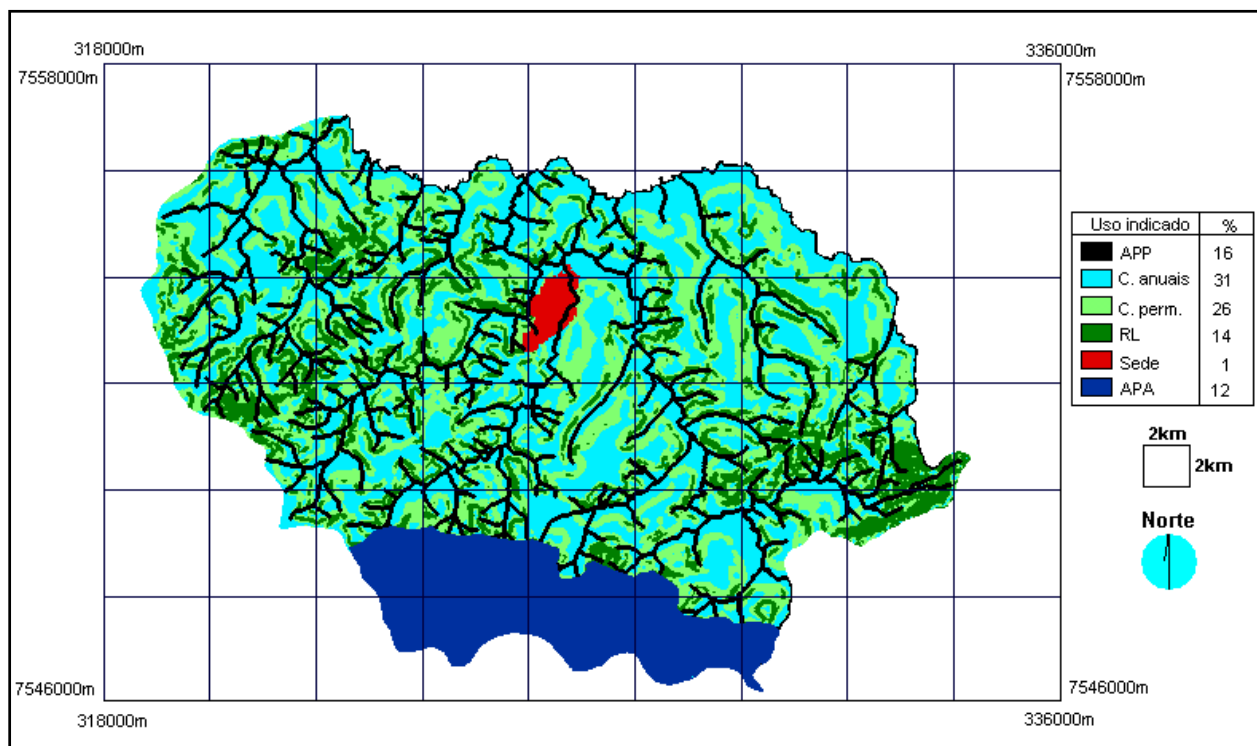


Figura 24. Plano conservacionista para o município de Santo Antônio do Jardim – SP (APP = área de preservação permanente; RL = Reserva Legal e APA = área de proteção ambiental).

Efetuando-se um balanço da situação atual de preservação dos mananciais municipais, baseado nos elementos obtidos, observa-se que:

- Apenas 11% do total de 36% das terras (“relação 11/36”) com vocação preservacionista no município (matas nativas + entorno dos rios + classe VIII de capacidade de uso) estão recebendo destinação condizente com a legislação específica ou com o sistema de capacidade de uso.

- O município, quando comparado com outros do mesmo porte, na média da região, detêm uma área razoável ocupada com vegetação nativa (9%). Por outro lado, áreas de interesse ambiental, como as de manutenção de aquíferos e mesmo áreas de risco ambiental vem sendo ocupadas incorretamente.
- As manchas de remanescentes (matas) localizam-se relativamente próximas umas das outras nas regiões serranas do município (Bebedouro, Panelão e Morro Azul), facilitando a interligação através da formação dos corredores de vegetação.
- A predominância do uso “pastagens” nas duas áreas de vocação preservacionista (classe VIII e faixa de proteção) ajudam a manter uma relativa estabilidade em relação à ocorrência de processos erosivos mais sérios, muito embora, com isso percam-se as outras finalidades de regeneração da vegetação nativa.
- A substituição das culturas anuais por mata nativa nas duas áreas de vocação preservacionista, elevariam a relação “uso condizente com a legislação x soma de áreas de preservação, dos atuais “11/36”, para “15/36”.
- A substituição da cafeicultura por mata nativa, nas regiões indicadas para conservação elevariam a relação “uso condizente” x “soma de áreas de preservação”, dos atuais “11/36” para aproximadamente “20/36”, ficando a relação no caso da dupla substituição (café e culturas anuais por mata) em torno de “25/36”
- Na região da cabeceira do Córrego do Jardim (Serra do Bebedouro), responsável pelo abastecimento urbano, deveriam ser adotadas ações prioritárias: tais como, a reconstituição das matas ciliares com espécies nativas, intercalando-se espécies frutíferas silvestres para alimentação de pássaros e abrigo da fauna; alargamento da faixa de preservação ao longo dos eixos de drenagem; proteção das regiões de recarga do aquífero e controle na aplicação de agrotóxicos, no lançamento de esgotos e na impermeabilização do solo.

Em relação à agricultura, os dados LUPA apontam que, dos 900 hectares ocupados com cultura anual, a cultura de milho para forragem contribui com 800 ha, denotando a escassez de plantios de subsistência e outros cultivos anuais. A alta ocorrência de propriedades ocupadas com as atividades pecuárias (pastagem) e

cafeicultura no município, comprovam a ocorrência de um sistema de exploração misto com estas duas atividades.

Alguns aspectos a serem considerados no manejo das pastagens são: capacidade de suporte, infestação por invasoras e pragas, má cobertura do solo em decorrência de trilhos feitos pelo gado no sentido das aguadas levando até o surgimento de sulcos, divisão sistematizada, proposta de plantio de leguminosas para enriquecimento protéico (adoção do sistema Voisin), ressemeio periódico, limpeza de ervas daninhas, controle integrado de pragas etc.

Em relação à obtenção de uma seqüência otimizada (sustentável) para a cafeicultura na região, as seguintes práticas devem ser levadas em consideração na análise do manejo ideal: terraceamento, calagem, eliminação da queima da palha da cultura de inverno, escarificação, adubo verde de inverno, construção de cercas vivas em faces expostas ao vento sul, uso de adubos orgânicos, eliminação do uso da grade pesada, umidade adequada para o preparo, rotação de culturas, plantio direto, uso de canais escoadouros, plantio de matas ciliares, culturas em faixas, substituição das capinas pelo uso da roçadeira, adoção do café em contorno mesmo em lavouras já implantadas e a arruação permanente como prática de controle erosivo, entre outras.

CONCLUSÕES

Os dados obtidos com a aplicação dos produtos digitais “Risco de erosão”, “Adequação ao uso do solo” e “Parâmetros agroclimáticos para a cafeicultura” permitem concluir que muito embora, exista relativa adequação na utilização dos recursos naturais do município (54% das terras classificadas como de “baixo risco ambiental”; 57% das terras com ocupação condizente com a sua capacidade de uso e 58% dos cafezais em regiões sem restrição climática), algumas áreas de interesse ambiental, como as classificadas de “alto risco ambiental” (15% das terras), localizadas nas regiões serranas, vem sendo ocupadas equivocadamente. A criação de uma *APA municipal*, proposta no capítulo “Recomendações conservacionistas” com o conseqüente disciplinamento do uso do solo nessas unidades de conservação, a nosso ver, reduziriam de forma drástica os impactos das atividades agropecuárias nos recursos naturais do município.

Em relação às técnicas utilizadas para a classificação da imagem **LANDSAT TM** (incluindo interpretação visual, correção efetuada à partir de pontos coletados com aparelho GPS, classificação digital e controle de campo), a mesma, mostrou-se eficiente na caracterização do uso do solo para o município, em que pese, a comparação realizada entre os dados obtidos pela classificação e os dados cadastrais obtidos pelo **LUPA**. Muito embora a técnica tenha se mostrado satisfatória, as viagens ao campo para controle dos padrões obtidos foram de importância vital no processo de amostragem para a realização das sucessivas classificações supervisionadas.

No tocante às escalas utilizadas, os resultados da aplicação do índice Kappa na comparação estatística entre os produtos digitais (E:1:50.000 e 1:10.000), indicaram alta similaridade entre os mesmos (valores maiores que 0,6), ou seja, demonstraram não haver diferenças significativas entre a adoção das escalas. Os altos valores alcançados, entretanto, devem ser encarados com reserva, uma vez que os dados comparados foram *discretizados* (comparação estatística entre classes). No caso da comparação dos produtos “Risco de erosão” a homogeneização dos resultados deveu-se também a outro fator, o método para cálculo de comprimentos de rampa

(estabelecimento de valores de comprimento de rampa para classes de declividade nas duas escalas de representação). A utilização da escala detalhada, se não modificou o produto interpolado, talvez se justificasse em desdobramentos futuros do atual trabalho, tais como, a locação de práticas conservacionistas, estradas e infra-estrutura, que se valeriam desse detalhamento (maior número de curvas de nível).

Como possíveis continuações do trabalho realizado, objetivando o fornecimento de novos subsídios à confecção de um Plano diretor para o município, sugere-se:

- Digitalização da malha fundiária do município e a conexão entre esses dados georreferenciados e o ponteiro de um banco de dados com informações cadastrais como os do LUPA (montagem de um sistema de informação cadastral rural).
- Monitoramento das propriedades físicas e químicas da água, no posto de tratamento de água do município, objetivando o acompanhamento de processos tais como: sedimentação, perdas de solo e contaminação por produtos químicos nas águas do Córrego do Jardim.
- Execução de levantamento ultra-detalhado de solos, visando a identificação de transições e checagem das unidades do levantamento semidetalhado (sem legenda).
- Estudo paisagístico da região proposta para a criação da APA municipal, com vistas à elaboração de um projeto de exploração agro-turística.
- Estudos de localização e dimensionamento dos pontos de recarga do aquífero e entendimento dos mecanismos e processos hidrológicos locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A.A. de **Estruturação de paisagens Geográficas no Médio Vale do Jaguari-Mirim**. USP - Depto. de Geografia, Tese de Doutorado, São Paulo, 176p, 1973.
- ALMEIDA, R.; ORSOLON, A.; MEDEIROS, A. ;MARCONDES, D.; AMARAL, F. do; PEREIRA, S.R.B.; MARQUES, T. **Planejamento ambiental: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum**. Rio de Janeiro, Thex editora, 176p., 1993.
- ARAÚJO FILHO, J.R. **O café, riqueza paulista**. Boletim Paulista de Geografia, São Paulo , v.68, 51-124p, 1992.
- ASSAD, E.D. **Sistema de informações Geográficas. Aplicações na Agricultura**. Segunda edição, Brasília, EMBRAPA / SPI / CPAC, 434p, 1998.
- BARBIERI, V.; TUON, R. L.; ANGELOCCI, L. R. **Programa para microcomputador do balanço hídrico (Thornthwaite & Mather) para dados mensais e decendiais, normais e seqüenciais**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 7., Viçosa, 1991. Resumos. Viçosa, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p.297-299, 1991.
- BARROS, A. **Sistemas de Informações georreferenciadas: uma introdução**. Apostila - Instituto de Geociências - UNICAMP, p. 45-49, 1996.
- BATISTA, G.M. de M.; EID, N.J.; OLIVEIRA, A.L. de. **Utilização do método do retângulo equivalente modificado para o cálculo do comprimento médio de rampas de bacias hidrográficas, por meio de um SIG**. In : II Simpósio de usuários IDRISI - SIDRIS. UNICAMP, Campinas, Anais: p. 93-95, 1998.
- BEASLEY, D.B.; HUGGINS, L.F.; MONKE, E.J. **ANSWERS: a model for watershed planning**. Trans. of the ASAE, Saint.Joseph, 23(4):938-944, 1980.
- BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. **Ocorrência da erosão rural no Estado de São Paulo**. In: Simpósio sobre o controle da erosão, 2º, anais IBGE, São Paulo, p 117-137, 1981.
- BENATTI JR. R.; BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Efeito de algumas práticas conservacionistas mecânicas na produção de café**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XV, Campinas, anais, p 551-553, 1975.
- BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F.; OLIVEIRA, J.B. de; DRUGOWICH, M.I.; ANDRADE, N.O., GALETI, P.A.; BELINAZZI JR. R.; DECHEN, S.C.F, LEPSCH, I.F. **Tecnologias disponíveis para controlar o escoamento superficial do solo**. In: LOMBARDI NETO, F. & DRUGOWICH, M.I. (coords.) **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. CATI (manual técnico nº 41), 1994.

- BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. **Embasamento técnico do programa estadual de microbacias hidrográficas.** In: LOMBARDI NETO, F. & DRUGOWICH, M.I. (coords.) **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água.** CATI, 1994.
- BERTONI, J. **O espaçamento de terraços em culturas anuais, determinado em função das perdas por erosão.** Bragantia, Campinas, SP, 18, 113 -140p., 1959.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** Ed. Ícone, São Paulo, 353p, 1990.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. **Equação de perdas de solo.** Instituto Agrônomo de Campinas, (Bol. técnico nº 21), Campinas, 25p, 1975.
- BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. **Conclusões gerais das Pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agrônomo de Campinas.** Campinas, IAC, circular nº 20, 57p., 1982.
- BRAGAGNOLO, N. **Solo: uma experiência em manejo e conservação,** Editora do autor, Curitiba, 102p, 1997.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de São Paulo.** Centro Nacional de Ensino e pesquisas agrônomicas - COMISSÃO DE SOLOS, Rio de Janeiro, 634p. (boletim 12), 1960.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas; Manual Operativo.** Brasília, DF, coordenação nacional do PNMH, Ministério da Agricultura, 60p., 1987.
- BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Macrozoneamento da região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo.** INPE, São José dos Campos, 176p., 1992.
- BROWN, L.C.; FOSTER, G.R.; BEASLEY, D.B. **Rill erosion as affected by incorporated crop residue and seasonal consolidation.** Transaction of the ASAE, v.32:(6) p.1967-1978, 1989.
- BUENO, C.R.P. **Zoneamento da susceptibilidade à erosão dos solos da alta e média bacia do Rio Jacaré - Pepira - SP com vistas ao planejamento ambiental.** UNESP - Rio Claro, Tese de doutorado, 137p., 1994.
- BURROUGH, P.A. **The technological paradox in soil survey: new methods and technique of data capture and handling.** ITC Journal, p 15-23, 1993.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M.; HEMERLY, A.S.; MAGALHÃES, G.C.; BAUZER MEDEIROS, C.M. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica.** Campinas, Instituto de Computação - UNICAMP, 197p., 1996.

- CAMARGO, M. B. P.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ORTOLANI, A. A. ; ALFONSI, R. R. & PINTO, H. S. **Relações entre a precipitação pluviométrica e a produtividade do cafeeiro**. Ecosistema, Espírito Santo do Pinhal, 9:166-171, 1984.
- CAMARGO, A.P. de; PEREIRA, A.R. **Agrometeorology of the coffee crop**. World Meteorological Organization, Geneva, report N° 58, 43p. 1994.
- CAMPINAS. Prefeitura municipal de. **Plano de gestão da área de proteção ambiental da região de Sousas e Joaguim Egídio - APA municipal**. SEPLAMA - Secretaria de Planejamento e meio ambiente, 149p., 1996.
- CARVALHO, Y.M.C. de; DONZELI, P.L.; REMO, R.; TOLEDO, Y.I.M. MORAES, J.F.L. **Unidades ambientais homogêneas para o Estado de São Paulo**. Inf. Econômicos - Agricultura em São Paulo - IEA - SAA-SP, São Paulo, 45(1): p.69 -102, 1998.
- CASTRO, A.G. **Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas geográficos de informações no estudo integrado de bacias hidrográficas**. São José dos Campos - INPE, dissertação de mestrado, 145p., 1992.
- CASTRO, A.G.; VALÉRIO FILHO, M. **Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacia sob diferentes manejos florestais**. Revista brasileira de ciência do solo, Campinas, v. 21 (3), 1997.
- CAVALLI, A.C., LOMBARDI NETO, F. **Impacto ambiental da cultura de cana de açúcar avaliado através do risco de erosão na região de Piracicaba (SP)**. XII reunião Brasileira de manejo e conservação de solo e água, Fortaleza, p.167-168, 1998.
- CAVALLI, A.C. **Utilização de dados espectrais dos sensores LANDSAT/TM e AVHRR/NOAA-14 como indicadores de processos de degradação do solo**. UNESP - Rio Claro - Geociências, Tese de doutorado, 153p., 1999.
- CAVALIERI, A. **Erodibilidade do solo: avaliação por meio de propriedades físicas e químicas**. Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, Dissertação de Mestrado, Campinas , 93p., 1994.
- CAVALIERI, A. **Estimativa da adequação de uso das terras na quadrícula de Moji-Mirim (SP) utilizando diferentes métodos**. Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, Tese de Doutorado, Campinas , 112p, 1998.
- CERRI, C.E.P. **Mapeamento das áreas de risco de erosão dos solos da bacia do rio Piracicaba utilizando geoprocessamento**. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz - USP, Piracicaba, 89p., 1999.

- CHAVES, H.M.L. **Modelagem matemática da erosão hídrica: passado, presente e futuro.** In: Alvarez V.; V.H. Fontes (eds.) O Solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil. Viçosa: SBCS, p. 731-750, 1996.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum.** Rio de Janeiro: FGV, 430p., 1988
- CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de Sensoriamento remoto.** Edição revisada, Instituto de Geociências - UNICAMP, 170p., 1999.
- DENARDIN, J.E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos.** Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz - USP, Piracicaba, Tese de doutorado, 114p., 1990.
- DE MARIA, I.C.; LOMBARDI NETO, F. **Razão de perdas de solo e fator C para sistemas de manejo da cultura de milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 21, p. 263-270, 1997.
- DONZELI, P.L.; VALÉRIO FILHO, M.; PINTO, S.A.F.; NOGUEIRA, F.P.; ROTTA, C.L.; LOMBARDI NETO, F. **Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas.** In: LOMBARDI NETO, F.; CAMARGO, A. (coords). Microbacia do córrego São Joaquim. Campinas, (documentos IAC, 29), p91-119, 1992.
- DONZELI, P.L. et al. **Diagnóstico do meio físico da região do Médio Paranapanema.** Projeto CIERGA / FUNDAG / FEHIDRO. Relatório técnico, 70p, 1998.
- EASTMAN, J.R. **Idrisi - Users guide.** Clark University, Worcester, Massachusetts, EUA, 209p, 1993.
- EHLERS, E. **Agricultura sustentável: Origens e perspectivas de um novo paradigma.** Livraria e Editora Agropecuária, Segunda edição, 1999.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SBCS.** Embrapa – CNPS, Rio de Janeiro, 412p., 1999.
- EPSTEIN, E.; GRANT, W.J. **Soil erodibility as affected by soil surface properties.** Transactions of the ASAE, 14:(4) p. 647-648, 1971.
- FADINI, A.A.B. **Impactos do uso das terras na bacia hidrográfica do rio Jundiá-SP.** Dissertação de mestrado, UNESP - RIO CLARO, 145p., 1998.
- FERNANDES, D.R. **Manejo do cafezal.** In: Simpósio sobre fatores que afetam a produtividade do cafeeiro., Coords. RENA, A.B., Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 275-301, 1986.

- FORMAGGIO, A.R.; ALVES, D.S ; EPIPHANIO, J.C.N. **Sistemas de informações Geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras.** Rev. Bras. de Ciência do Solo, Campinas, 16: 249-256, 1992.
- FOSTER, G.R.; LANE, L.J. **User requirements , USDA-Wepp**, NSERL - National Soil Erosion Research Laboratory, report N°1, 1987.
- FREITAS, P.L. de; KER, J.C. **As pesquisas em microbacias hidrográficas: Situação atual, entraves e perspectivas no Brasil.** In: MUZZILI, O. & CELSO DE CASTRO FILHO (coords.). Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas. Ed. Londrina: IAPAR, Londrina, p. 43-57, 1996.
- FRIEND, J.A. **Achieving soil sustainability.** Journal of soil and water conservation, Ankeny, 47: p. 156-157, 1992.
- GARCIA, G.J. **Sensoriamento remoto: princípios e interpretação de imagens.** Editora Nobel, São Paulo, 357p., 1982.
- GIBOSHI, M.L. **Desenvolvimento de um sistema especialista para determinação da capacidade de uso da terra.** Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, Campinas, Dissertação de mestrado, 77p, 1999.
- GLOBAL ACTION. **Sustainable Agriculture and Food Security.** Briefing Between the Summits Dow to Earth, Copenhagen, (mimeo), 1993.
- HAMADA, E.; CAVALIERI, A.; ROCHA, J.V.; KUPPER, R. de B. **Estimativa de perdas de solo, através de sistema de informação geográfica.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5.: 1995, Resumos expandidos. Bauru, SP.: ABGE; UNESP, 1995.
- HESSION, W.C.; SHANHOLTZ, V.O. **A geographic information system for targeting nonpoint source agricultural pollution.** Journal of soil and water conservation, Ankeny, 43(3): p.264 - 266, 1988.
- HUDSON, N. **Soil Conservation.** New York, Cornell University Press, 302p, 1971.
- IGC - INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. **Carta de utilização da terra do Estado de São Paulo**, São Paulo, 1980.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**, São Paulo, 1981.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Combate à erosão no Estado de São Paulo - bacia do Peixe-Paranapanema**, São Paulo v3, 1986.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa de erosão do Estado de São Paulo**. Primeira edição, E:1:1.000.000, São Paulo, 1995.

JAKUBAUSKAS, M.E.; WHISTLER, J.L.; DILLWORTH, M.E.; MARTINKO, E.A. **Classifying remotely sensed data for use in an agricultural nonpoint - source pollution model**. Journal of soil and water conservation 47:(2), p.179-183, 1992.

JESUS, E.L. de. **Da agricultura alternativa à agroecologia: além das disputas conceituais**. Agricultura Sustentável. Jaguariúna, v.3, n.1, p.13-27, 1994.

JOHNSON, L. **Soil loss tolerance: Fact or myth?**. Journal of soil and water conservation, Ankeny, 42(3): p.155-160, 1987

JOHNSON, A.I, PETERSON, C.B; FULTON,J.L **Geographic Information Systems and mapping - Practices and standards**. ASTM, Philadelphia, 340p, 1992.

JUAREZ SALES, S. **Análise Comparativa de metodologia para Espaçamento entre terraços**. Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, Dissertação de mestrado, Campinas , 85p, 1998.

KNISEL, W. G. **CREAMS: Chemicals, Runoff, and Erosion From Agricultural Management Systems**. U.S. Department of Agriculture, Conservation Report N° 26, 640 p., 1980.

KLINGEBIEL, A.A.; MONTGOMERY, P.H. **Land capability classification**. Washington, D.C. USDA, 21 p., Agriculture Handbook 210, 1961.

KUNTSCHIK, G. **Aplicação da Equação Universal de perdas de solo na microbacia do Ribeirão das Araras, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. INPE - São José dos Campos, Dissertação de mestrado, 95p., 1996.

LANDIS, J.; KOCH, G.G. **The measurements of observer agreement for categorical data**. Biometrics 33 (3): 159-174, 1977.

LANNA, A.E.L **Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos**. Editora da Universidade, UFRGS, Porto Alegre, 419p.,1997

LEONARD, R.A; KNISEL, W.G.; STILL, D.A. **GLEAMS: Groundwater Loadings Effects of Agricultural Management Systems**. Transactions of the ASAE 30(5), p.1403-1418, 1987.

LEPSCH, I.F.; BELINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - SBCS (4ª aproximação). Campinas, 175p., 1983.

- LEVY, M. do C.T.C. **Avaliação da sustentabilidade das terras de Piracicaba por comparação de cenários**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP Piracicaba, dissertação de mestrado, 1995.
- LIMA, W. de P. **A microbicida e o desenvolvimento sustentável**. In: Ação ambiental. Viçosa, v.1, n.3, p. 20-22, 1999.
- LIMA, E.R.V. de **Análise espacial de indicadores da erosão do solo através de técnicas estatísticas e de geoprocessamento com apoio do modelo EUPS**. Tese de doutorado, UNESP - RIO CLARO, 296p., 2000.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J.; BENATTI JR., R. **Práticas conservacionistas em cafezal e as perdas por erosão em solos podzolizados**. IN: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XV, Campinas, p - 559-562, 1975a.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J.; BENATTI JR., R. **Efeito de algumas práticas conservacionistas vegetativas na produção de café**. IN: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XV, Campinas, p - 559-562, 1975b.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J.; BENATTI JR., R. **Práticas conservacionistas em cafezal e perdas por erosão em Latossolo roxo**. IN: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XV, Campinas, p - 559-562, 1975c.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Erodibilidade de solos paulistas**. Instituto Agrônomo de Campinas - IAC (boletim técnico 27), Campinas, 12p, 1975.
- LOMBARDI NETO, F.; ROCHA, J.V.; BACELLAR, A.A.A. **Planejamento Agroambiental da microbacia hidrográfica do ribeirão Cachoeirinha - Iracemópolis, SP, utilizando um sistema de informação geográfica**. IN: Simpósio Nacional de controle de erosão, 5: 1995, anais, Bauru, SP.: ABGE; UNESP, 1995.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perda de solo em Campinas, SP**. Bragantia, Campinas, 51(2): 189-196, 1992.
- LIU, B.Y.; NEARING, M.A.; RISSE, L.M. **Solape gradiente effects on soil loss for steep slopes**. Transactions of the ASAE, 37(6): p.1835 -1840, 1994.
- MARQUES, J.Q. de A. **Conservação do solo em cafezal**. Superintendência dos serviços do café, Segunda edição, São Paulo, 234p, 1951.
- MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J.A. **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba, Instituto internacional da Potassa. 224p., 1981.

- MATIELLO, J.B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo, Editoras Globo (publicações Globo Rural), 320p., 1991
- McCOOL, D.K.; FOSTER, G.R.; MUTCHLER, C.K.; MEYER, L.D. **Revised slope lenght factor for the universal soil loss equation**. Transactions of the ASAE, 32(5): p. 1571 - 1576, 1989.
- MEDCALF, J.C. **Estudos preliminares sobre aplicação de cobertura morta em cafeeiros novos do Brasil**. IBEC, nº12, 59p., 1956.
- MELONI, E. de C.; TOLEDO, M.A.P. de **Avaliação dos algoritmos de classificação supervisionada disponíveis no IDRISI**. In: I Simpósio de usuários IDRISI - SIDRIS. UNICAMP, Campinas, Anais: p. 37 - 39, 1996
- MEYER, L.D. **Evolution of the Universal soil loss equation**. Journal of soil and water conservation, Ankeny, 39:(2) p. 99 -104, 1984.
- MIDDLETON, H.E. **Properties of soils wich influence soil erosion**. Washington, USDA, 16p. (Technical bulletin, 178), 1930.
- MONSON, M.J.; WOLLENHAUPT, N. **Computer - aided conservation planning for the 1985 food security act**. Journal of soil and water conservation, Ankeny, 46(4): p.260 - 262, 1991.
- MOORE, I.D.; WILSON, J.P. **Lenght slope factors for the revised universal soil loss equation: Simplified method of estimation**. Journal of soil and water conservation, Ankeny, 47(5): p.423-428,1992.
- NASCIMENTO, M.A.L.S. **Influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar da Bacia do Rio João Leite**. Tese de doutorado, UNESP - RIO CLARO, 176p., 1998.
- NIERO, M.; LOMBARDO, M.A. **Uso das técnicas de interpretação automática na determinação de classes funcionais de uso da terra no Vale do Paraíba**. São José dos Campos, INPE (INPE -1426 - IPT/001), 1979.
- NORTON, L.D.; LAFLEN, J.M. **New models for predicting soil erosion by water**. In: MUZZILI, O.; CELSO DE CASTRO FILHO (coords.). Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas. Ed.: IAPAR, Londrina, p. 243-256, 1996.
- NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. INPE. São José dos Campos. 1992.
- OLIVEIRA, E.M. de **Política municipal de meio ambiente: Proposta e reflexões para uma sociedade sustentável**. Jaboticabal, Fabrica da palavra S/C, 124p, 1998.

- OLIVEIRA, J. B; MENK, J.R.F.; BARBIERI, J.L.; ROTTA, C.L.; TREMOCOLDI, W. **Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de SP: Quadrícula de Araras.** Campinas, Inst. Agrônomo de Campinas, 180p, 1982.
- OLIVEIRA, J.B. de; BERG, V.D.M. **Aptidão agrícola das terras do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras.** Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, (boletim técnico 102), 60p, 1985.
- OLIVEIRA, J. B. **Carta pedológica semi-detalhada do Estado de São Paulo: Quadrícula de Moji-Mirim.** São Paulo, Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, Mapa E:1:100.000, 1992.
- OLIVEIRA, J.B.; SOSA, S.M. **Sistema de clasificación de la aptitude agroecologica de la terra (S.C.A.A.T) para la region Oriental del Paraguay.** Primeira aproximação, Assuncion, Paraguay: UNA.FCA.CIF.GTZ. 77p, 1995.
- OLIVEIRA, J.B. **Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico.** Instituto Agrônomo de Campinas, Bol. téc.nº45, 108p. 1999.
- ORTOLANI, AA.; PINTO, H.S.; PEREIRA, A.R.; ALFONSI, R.R. **Parâmetros climáticos na cafeicultura.** São Paulo, Ministério da Indústria e do Comércio, Instituto Brasileiro do Café - IBC, 27p., 1970.
- PAREDES, E.A. **Sistemas de Informação Geográfica: Princípios e aplicações (geoprocessamento).** Érica Editora, São Paulo, 675p., 1994
- PEDRO JUNIOR, M.J. **Estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas para o Estado de São Paulo.** Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, bol. Técnico 142, 11p., 1991.
- PHILIPPI JR., A.; MAGLIO, I.C.; COIMBRA, J.A.; FRANCO, J.M. **Municípios e meio ambiente: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil.** ANAMMA - Associação Nacional de Municípios e meio ambiente, São Paulo, 1999.
- PICINI, A .G.; CAMARGO, M.B.P. de, ORTOLANI, A.A. **Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro.** Bragantia, vol.58, 1999.
- PIERCE, F.J.; LARSON, W.E.; DOWDY, R.H. **Soil loss tolerance: maintenance of long-term soil productivity.** Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, v. 39, n.2, p. 10-14, 1984.
- PINTO, S.A.F. **Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a caracterização de erosão do solo no SW do Estado de São Paulo.** São José dos Campos, INPE (INPE -2694 - DL/128), 1983.

- PINTO, S.A.F. **Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos : Contribuição metodológica.** São Paulo, Tese de Doutorado, F.F.L.C.H / USP - Geografia, 130p, 1991.
- PINTO, S.A.F. **Análise comparativa da aplicação dos modelos USLE e MUSLE, com suporte de técnicas de geoprocessamento.** In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, décima edição, Florianópolis, 164p, 1994.
- PINTO, H.S.; ORTOLANI, A.A.; REMO, A. R. **Estimativa das temperaturas médias mensais do Estado de São Paulo em função de altitude e latitude.** Cadernos de ciências da Terra, Instituto de Geografia USP, São Paulo, p 2-5, 1972.
- PRADO, H. do **Solos tropicais: potencialidades, limitações, manejo e capacidade de uso.** Piracicaba, 166p, 1997.
- RANIERI, S.B.L. **Avaliação de métodos e escalas de trabalho para a determinação de risco de erosão em bacia hidrográfica utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG).** USP - São Carlos, Dissertação de mestrado, 128p, 1996.
- RANIERI, S.B.L.; SOUZA, M.P de.; SPAVOREK, G. **Cálculo de comprimento de rampa para bacias hidrográficas através do software IDRISI.** In : I Simpósio de usuários IDRISI - SIDRIS. UNICAMP, Campinas, Anais: p. 9-10, 1996.
- RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, A.G.; PORTER, J.P. **RUSLE: Revised universal soil loss.** Journal soil and water conservation. 46:(1) p. 30 - 33, 1991.
- RIO GRANDE DO SUL. **Macrozoneamento agroecológico e econômico do estado do Rio Grande do Sul.** Secretaria da Agricultura e abastecimento; Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Porto Alegre, 2V., 1994.
- RISSE, L.M.; NEARING, M.A.; NICKS, A.D; LAFLIN, J.M. **Error assesment in the Universal Soil Loss Equation.** Journal of soil and water conservation. Ankeny, 57: p. 825-833, 1993.
- ROCHA, J.V.; LOMBARDI NETO, F.; BACELLAR, A.A.A. **Cálculo do fator comprimento de rampa (L): uma metodologia para uso em SIG.** In: IV Simpósio Nacional de controle de erosão. anais. Bauru, p.421-422, 1995.
- ROCHA, J.V.; LAMPARELLI, R.A.; WEILL, M.de A. M. **Diagnóstico do meio físico e estabelecimento de diretrizes para controle e prevenção de erosão na Bacia do Rio Mogi Guaçu.** GEO - Grupo de estudos em geoprocessamento, FEAGRI / UNICAMP, relatório final, 80p., 2000.
- ROSS, J.L.S; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: escala 1:500.000.** IFCH-USP, São Paulo, 2 vol., mapas, 1997.

RUFINO, R.L.; HENKLAIN, J.C.; BISCAIA, R.C.M. **Influência das práticas de manejo e cobertura vegetal do cafeeiro nas perdas de solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 9, p. 277-280, 1985.

RUSSO JR., M. **Dados climáticos auxiliares para planejamento e projeto de sistemas de irrigação.** CESP (mapas), São Paulo, 13p, 1980.

SAIZ, C.C. **Aplicação do modelo da EUPS através de dados LANDSAT/TM e Geoprocessamento como suporte ao planejamento conservacionista.** São José dos Campos - INPE, dissertação de mestrado, 157p., 1996.

SANTA CATARINA. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água: Projeto de recuperação, Conservação e Manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas.** Florianópolis, EPAGRI, 384p, 1994.

SANTOS, M. **DXFCON v.2.0, conversor de dados planialtimétricos (AUTOCAD - SURFER).** Campinas, FEAGRI-UNICAMP, 1998.

SANTOS, R. F; PIVELLO, V.R. **Planejamento ambiental.** Apostila do curso Planejamento ambiental - IC-755 - UNICAMP, n. public., Outubro de 1997

SÃO PAULO. SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO.. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo.** Instituto Agrônomo de Campinas - IAC / EMBRAPA, organizadores: João Bertoldo de Oliveira e outros, 64p., 1999.

SÃO PAULO. SECRETÁRIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. **Programa estadual de microbacias hidrográficas.** FONTES, J.L.; BATISTELLA, C.A.; MODESTO, P.A (orgs.). Campinas, CATI, 192p.,1998.

SÃO PAULO. SECRETARIAS ESTADUAIS DE MEIO AMBIENTE, AGRICULTURA E PLANEJAMENTO. **Macrozoneamento das bacias dos rios Mogi Guaçu, Pardo e Médio Grande: questões sócio-ambientais regionais,** 168p., 1995.

SÃO PAULO. SECRETARIA DO ESTADO DE MEIO AMBIENTE. **Proposta de macrozoneamento do Vale do Ribeira.** São Paulo, Coordenadoria de Planejamento Ambiental / ENGECORPS (corpo de engenheiros consultores), 83p.il., 1997.

SÃO PAULO. SECRETARIA DO ESTADO DE MEIO AMBIENTE. **Inventário florestal do Estado de São Paulo.,** São Paulo, 199p., 1993.

SÃO PAULO. COMPANHIA AGRÍCOLA IMOBILIÁRIA E COLONIZADORA - CAIC **Conservação do solo em microbacias.** São Paulo, (bol. técnico nº1), 41p, 1987.

SBCS. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Desertificação: O Brasil em busca de soluções.** Viçosa - MG, Boletim informativo, vol. 25, nº1, 2000.

- SENDRA, J.B. **Sistemas de información geográfica.** In: Coléción Monografías y tratados, série: Geografía y Ecología, Madrid, Ediciones Rialp S.A., 419 p., 1992.
- SILVA, A.M. **Aplicações de técnicas de geoprocessamento no estudo de relações entre os processos erosivos e sedimentológicos de bacia hidrográfica.** USP - SÃO CARLOS, 249p., 1999.
- SPAROVEK, G.; VAN LIER, Q.J. **Definition of tolerable soil erosion values.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 21(3):467-472, 1997.
- SWCS - Soil and Water Conservation Society. **A conservation assessment of the 1985 food security act - American Agriculture at the Crossroads.** Journal of soil and water conservation, Ankeny. Volume 43, Nº 1, 112p., 1988.
- TAUK, S.M. **Análise ambiental : uma visão multidisciplinar.** São Paulo, Ed. UNESP : FAPESP, 1991, 169p.
- THOMAZIELLO, A.R.; OLIVEIRA, E.G.; TOLEDO FILHO, J.A. de; COSTA, T.E. da **Cultura do café.** Campinas, CATI (boletim técnico 193), 75p., 1998.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATTER, J.R. **The water balance.** Centerton, Crexed Institute of Technology (Publication in Climatology, v. 8, n.1), 1955, 104p.
- VALÉRIO FILHO, M.; PINTO, S.A.F. **Resultados preliminares da utilização de imagens LANDSAT/TM na identificação de áreas submetidas a processos de erosão.** São José dos Campos - INPE, 1987.
- VASQUEZ FERNANDES, G.A. **Análise da erosão do solo usando a EUPS, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** São José dos Campos - INPE, dissertação de mestrado, 163p., 1996
- VENTURA, S.J.; CHRISMAN, N.R.; CONNORS, K.; MARTIN , R.W. **A land information system for soil erosion control planning.** Journal of soil and water conservation, Ankeny, 43(3): p. 230 - 233, 1988.
- VIEIRA, J.M. **Geração e adoção de tecnologia conservacionista nos últimos 15 anos: entraves e perspectivas.** In: MUZZILI, O. (coord.). Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas. Ed. Londrina: IAPAR, Londrina, p. 25-41, 1996.
- WEILL, M.A.M. (a) **Metodologias de avaliação de terras para fins agrícolas.** Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 52:127-160, 1990.
- WEILL, M. A. M. (b) **Avaliação de fatores edafoclimáticos e do manejo na produção de cafeeiros (Coffea arábica L.) na região de Marília e Garça, SP.** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Dissertação de mestrado, 182 p. 1990.

- WEILL, MAM **Estimativa da erosão do solo e avaliação do seu impacto na microbacia do celeiro (Piracicaba, SP), através do índice de tempo de vida.** ES de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Tese de doutorado, 100p., 1999.
- WILLIAMS, J.R.; RENARD, KG **Assesments of Soil Erosion an Crop Productivity with Process Models (EPIC).** IN: STEWART, A; FOLLET, R.F. (Ed.). Soil Erosion and Crop Productivity. American Society of Agronomy, Madison, p. 67-103, 1985.
- WILSON,J.P **Estimating the topographic factor in the universal soil loss equation for watersheds.** Journal soil and water conservation. Ankeny 41(3), p.179-184, 1986.
- WISCHMEIER,W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. **Soil erodibility nomograph for farmland and construction site.** Journal of soil and water conservation, 26:(5) p.189, 1971.
- WISCHMEIER, W.H. **Use and misuse of Universal Soil Loss Equation.** Journal of soil and water conservation, Ankeny, 31:(1) p. 5 - 9, 1976.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide planning.** Washington. D.C., USDA . (handbook, 537), 58p, 1978.
- WISCHMEIER, W.H. **The USLE: some reflections.** Journal of soil and water conservation, Ankeny, 39:(2) p. 105-107, 1984.
- YOUNG, R.A.; ONSTAD, C.A.; BOSCH, D.D.; ANDERSON, W.P. **AGNPS: A Nonpoint-Source Pollution model for evaluating Agricultural watersheds.** Journal of soil and water conservation, Ankeny, 44(2), p. 168 - 173, 1989.
- YOUNG, A.F. **Qualidade ambiental em microbacias urbano-rurais: um estudo comparado entre as bacias Ribeirão das Cabras e Piracicamirim.** Dissertação mestrado, FEAGRI-UNICAMP, 325p., 2000.

Anexo 1a. Tabulação cruzada “Classes de declividade” x “Unidades de solo”.

Valores em %	Classes de declividade							
Unidade de Solo	(0-3%)	(3-6%)	(6-9%)	(9-12%)	(12-18%)	(18-25%)	(>25%)	Total
LEd3/so (Limeira)	15	38	11	11	17	6	2	100
LVd8/so (Camarguinho)	17	24	20	18	20	1	0	100
LVd3/so (Mato dentro)	9	15	27	23	20	5	0	100
LVd4+PVL/so (P. funda)	16	15	15	15	19	11	8	100
Sub-total - Latossolos	16	19	18	17	19	7	5	100
PV5/so+o	13	15	14	13	21	15	8	100
PV5c/fo	1	4	6	14	18	24	32	100
PV5/so	20	16	13	13	21	13	5	100
PV5c/fo+o	2	5	6	6	14	20	47	100
PV5c/m+fo	1	2	3	5	14	20	55	100
PV5/ot	19	13	16	14	21	12	5	100
PVL+PV5/o	15	16	15	15	21	11	6	100
Sub-total – Podzólicos	13	13	12	12	20	14	15	100
Cidade	52	16	10	7	10	3	1	100
C1/p	71	14	7	5	4	0	0	100
Sub-total restante	61	15	9	6	7	1	1	100
Total	15	14	13	13	20	13	13	100

Anexo 1b. Tabulação cruzada “Uso atual” x “Unidades de solo”.

Valores em %	Uso atual								
Unidade de solo	Água	Café	Solonú	Pasto	Eucalipto	Mata	Cidade	N class.	Total
Led3/so	0	50	4	34	6	1	0	6	100
LVd8/so	1	44	6	35	4	10	0	1	100
LVd3/so	0	19	43	34	0	0	0	3	100
LVd4+PVL/s	1	28	10	51	3	5	0	2	100
PV5/so+o	1	27	9	44	7	8	0	4	100
PV5c/fo	2	34	6	37	9	7	0	4	100
PV5/so	2	24	13	50	3	5	0	3	100
PV5c/fo+o	3	14	6	37	8	28	0	3	100
PV5c/m+fo	2	27	10	38	7	11	0	4	100
PV5/ot	0	9	19	59	3	4	0	6	100
PVL+PV5/o	2	22	11	47	4	10	0	4	100
C1/p	2	18	12	60	4	2	0	3	100
Cidade	0	11	3	25	1	0	59	1	100

Anexo 2. Informações agrícolas do município de Santo Antônio do Jardim -SP.

Fonte : Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SP, Projeto LUPA

Atividades agrícolas / uso do solo

ITEM	Unidade	Nº UPAS	Mínimo	Média	Máximo	Total
Distância à sede do município	Km	X	1	7	14	X
Área total	ha	458	0.4	24	832	10875
Área com cultura perene	ha	382	0.1	8	238	3008
Área com cultura semi-perene	ha	79	0.1	7	225	589
Área com cultura anual	ha	206	0.1	4	73	900
Área com pastagem	ha	396	0.1	11	320	4415
Área de reflorestamento	ha	165	0.1	3	315	552
Área de vegetação natural	ha	195	0.1	3	97	683
Área inaproveitada	ha	47	0.1	2	16	112
Área inaproveitável	ha	284	0.1	1	39	308
Área complementar	ha	407	0.1	0	18	306

Malha Fundiária

ITEM	Unidade	NºUPAS	Mínimo	Média	Máxim	Total
UPAs com (0,1)	ha	17	X	X	o	15
UPAs com (1,2)	ha	32	X	X	X	47
UPAs com (2,5)	ha	89	X	X	X	333
UPAs com (5,10)	ha	103	X	X	X	767
UPAs com (10,20)	ha	108	X	X	X	1584
UPAs com (20,50)	ha	70	X	X	X	2158
UPAs com (50,100)	ha	16	X	X	X	1047
UPAs com (100,200)	ha	19	X	X	X	2578
UPAs com (200,500)	ha	2	X	X	X	769
UPAs com (500,1000)	ha	2	X	X	X	1576
UPAs com (1.000,2000)	ha	0	X	X	X	0

Relações de trabalho

ITEM	Unidade	Nº UPAS	Mínimo	Média	Máximo	Total
Famíliares trabalham na UPA	Un.	386	1	2	11	810
Trabalhadores permanentes	Un.	238	1	3	38	752

Rebanho Bovino

ITEM	Unidade	Nº UPAS	Mínimo	Média	Máximo	Total
Bovídeo, total	Cab.	258	1	22	579	5706
Bovino, total	Cab.	258	1	22	579	5694
Bubalino, total	Cab.	2	4	6	8	12

Anexo 2. Informações agrícolas do município Santo Antônio do Jardim - SP (contin.)

Fonte : Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SP, Projeto LUPA

Criação de pequenos animais

ITEM	Unidade	Nº UPAS	Mínimo	Média	Máximo	Total
Apicultura, colmeias	Un.	21	4	14	50	299
Asinino e muar, plantel	Cab.	107	1	2	8	178
Avicultura de corte	Cab./ano	20	20	8727	50000	174540
Avicultura para ovos, plantel	Cab.	56	10	535	20000	29957
Avicultura ornamental	Cab.	0	0	0	0	0
Caprinocultura, plantel	Cab.	16	1	11	70	176
Carcinocultura	Un.	0	0	0	0	0
Codornicultura, plantel	Cab.	1	1000	1000	1000	1000
Cunicultura, plantel	Cab.	0	0	0	0	0
Equinocultura, plantel	Cab.	152	1	3	35	464
Helicicultura, viveiros	Un.	0	0	0	0	0
Minhocultura, canteiros	Un.	0	0	0	0	0
Ovinocultura, plantel	Cab.	15	1	5	17	83
Piscicultura, área de tanques	M ²	0	x	x	x	x
Ranicultura, girinos	Un.	0	x	x	x	x
Sericicultura, larvas	g	0	0	0	0	0
Suinocultura, plantel	Cab.	149	1	11	140	1712
Outras explorações	Cab.	0	0	0	0	0

Equipamentos

ITEM	Unidade	Nº UPAS	Mínimo	Média	Máximo	Total
Conjunto de fenação	Un.	1	1	1	1	1
Batedeira de cereais	Un.	35	1	1	2	36
Câmara fria	Un.	0	0	0	0	0
Caminhão, camioneta ou utilitário	Un.	123	1	2	6	180
Carregadeira de cana	Un.	0	0	0	0	0
Colhedeira acoplada	Un.	6	1	1	4	9
Colhedeira automotriz	Un.	0	0	0	0	0
Conjunto irrigação pivot central	Un.	0	0	0	0	0
Conjunto irrigação gotejo	Un.	0	0	0	0	0
Conjunto irrigação autopropelido	Un.	0	0	0	0	0
Conjunto irrigação convencional	Un.	53	1	1	3	63
Desintegrador / picador	Un.	211	1	1	3	256
Ensiladeira	Un.	22	1	1	2	23
Microtrator	Un.	1	1	1	1	1
Misturador de ração	Un.	19	1	1	2	20
Ordenhadeira mecânica	Un.	5	1	1	1	5
Pulverizador tratorizado	Un.	61	1	1	6	79

Anexo 2. Informações agrícolas do município de Santo Antônio do Jardim - SP (contin.)

Fonte : Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SP, Projeto LUPA

Tecnificação dos agricultores

ITEM	Nº	UPAS %
Produtor faz parte de cooperativa de produtores	148	32
Produtor faz parte de associação de produtores	17	4
Produtor faz parte de sindicato de produtores	27	6
Não utiliza assistência técnica	65	14
Utiliza somente assistência técnica governamental	344	75
Utiliza somente assistência técnica privada	16	3
Utiliza assistência técnica tanto governamental quanto privada	33	7

Dispõe de comunicação telefônica (celular ou fixa)	46	10
Utiliza crédito rural	409	94
Utiliza escrituração agrícola	11	2
Dispõe de energia elétrica para uso residencial	355	77
Dispõe de energia elétrica para uso na atividade	355	77
Utiliza computador nas atividades agropecuárias	11	2
Faz análise de solo	398	87
Faz calagem, quando necessário	408	89
Utiliza adubação orgânica / verde	401	87
Utiliza práticas de conservação de solo, quando necessário	410	89
Utiliza sementes melhoradas	402	88
Utiliza plasticultura	5	1
Utiliza inseminação artificial	8	2
Utiliza confinamento de bovinos	24	5
Utiliza pastejo intensivo	43	9
Utiliza mineralização	278	61
Utiliza vermifugação	292	64

Proprietário sem instrução ou com instrução incompleta	104	23
Proprietário com antigo primário completo	215	47
Proprietário com 1º grau (ou antigo ginásial) completo	50	11
Proprietário com 2º grau (ou antigo colegial) completo	50	11
Proprietário com curso superior completo	39	8
Proprietário residente na própria UPA	148	32
Nº de UPAs com arrendatários	102	22
Nº de UPAs que utilizam trabalhadores temporários	234	51
Nº de imóveis que se estendem por mais de um município	7	1

Anexo 2. Informações agrícolas do município de Santo Antônio do Jardim - SP (contin.)

Fonte : Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SP, Projeto LUPA

CULTURA	Nº DE UPAS	MINIMO	MÉDIA	MÁXIMO	TOTAL
Café	358	0,1	8	237	2949
Braquiária	147	0,1	11	242	1591
Milho	226	0,1	4	72	872
Cana-de-açúcar	78	0,1	7	225	589
Eucalipto	163	0,1	3	314	551
Capim-napier	89	0,1	2	24	198
Feijão	86	0,1	1	12	67
Arroz	52	0,1	1	3	54
Capim-jaraguá	7	0,6	4	12	29
Batata-inglesa	2	5.0	13	21	26
Laranja	81	0,1	1	2	21
Banana	60	0,1	0	2	13
Mandioquinha	5	0,3	2	7	12
Rosa	1	10.0	10	10	10
Painço	1	10.0	10	9	9
Capim-colonião	1	8.2	7	7	7
Uva de comer	1	7.0	7	7	7
Batata-doce	3	0,1	2	5	5
Capim-gordura	2	0,4	2	4	4
Alface	6	0,1	1	2	3
Tangerina	10	0,1	1	1	3
Limão	6	0,1	1	1	3
Abóbora	8	0,1	1	1	3

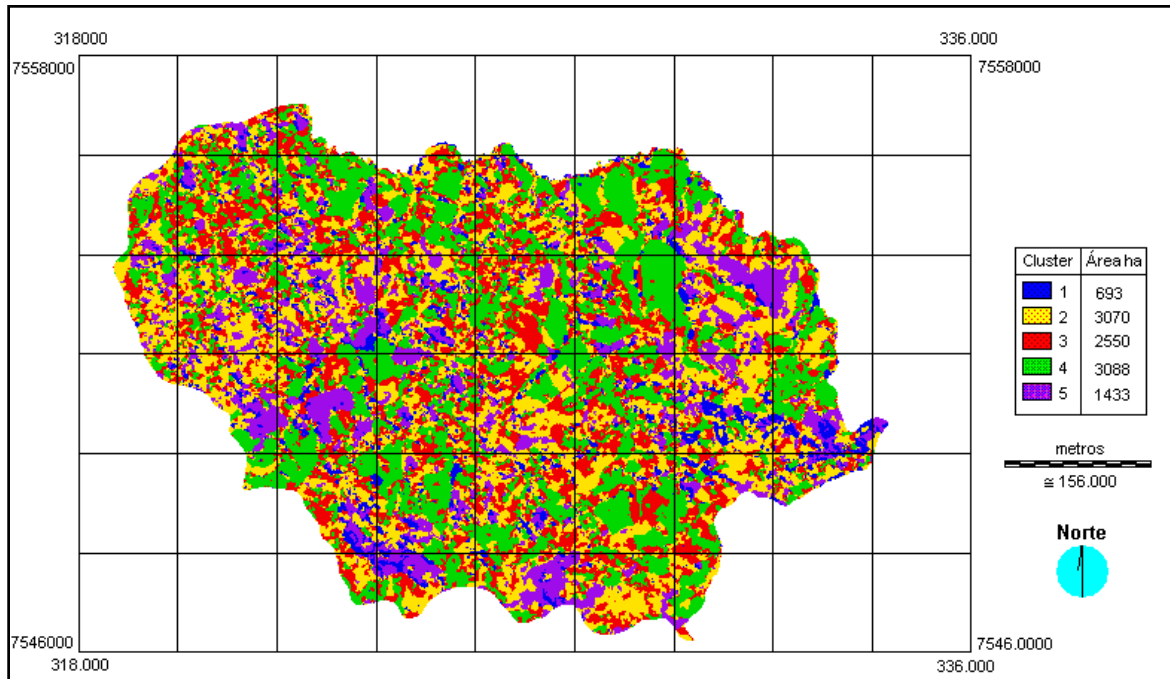
Anexo 3 Totais pluviométricos mensais para Espírito. Santo. do Pinhal (1961-1991).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1961	295	237	293	140	46	4	1	15	0	91	175	337	1634
1962	231	342	212	18	22	27	12	99	60	316	40	368	1747
1963	308	222	74	16	0	0	0	5	0	193	162	152	1131
1964	252	316	47	29	76	16	58	11	79	248	68	451	1650
1965	252	316	124	53	67	57	58	22	40	251	211	320	1770
1966	155	116	322	44	59	0	7	32	51	164	164	359	1472
1967	392	145	229	25	35	70	8	1	77	150	127	226	1484
1968	194	61	281	48	13	9	7	53	33	140	114	178	1130
1969	195	173	104	83	33	38	5	50	30	244	233	109	1297
1970	306	428	161	44	30	50	13	118	96	71	147	156	1619
1971	117	137	298	67	41	125	29	49	71	146	156	269	1504
1972	242	370	60	103	52	3	127	97	83	165	243	169	1726
1973	254	150	87	90	116	23	54	6	59	101	199	513	1653
1974	172	122	275	41	6	113	0	1	29	156	156	231	1301
1975	205	363	60	153	23	5	27	0	23	128	390	358	1735
1976	275	523	119	92	115	64	92	120	146	105	167	255	2071
1977	377	89	153	170	6	48	8	18	86	136	241	215	1546
1978	257	222	64	43	85	55	69	0	44	137	187	170	1331
1979	132	220	167	80	155	0	29	76	150	150	203	222	1583
1980	241	239	90	169	27	87	1	64	63	69	265	337	1653
1981	305	66	179	47	7	121	25	4	18	212	196	327	1506
1982	237	143	381	21	38	92	34	54	27	270	136	454	1887
1983	264	230	202	169	157	120	32	1	201	236	167	384	2164
1984	144	71	112	160	83	0	3	134	158	1	153	266	1287
1985	210	204	168	150	28	15	3	6	46	79	117	94	1119
1986	167	257	210	50	60	0	53	89	63	68	184	573	1775
1987	254	217	117	99	151	56	15	6	115	46	118	266	1460
1988	272	165	262	150	108	53	0	0	7	219	147	166	1547
1989	250	421	375	74	26	45	100	48	92	20	244	167	1861
1990	297	143	222	55	75	32	93	100	62	123	91	130	1423
1991	333	200	498	172	41	14	13	0	49	119	82	300	1821
Média	245	223	192	86	58	43	31	41	66	147	170	275	1577
Desvio	65	113	108	52	44	39	34	42	47	75	66	118	252
Cv (%)	27	51	57	61	77	91	108	103	71	51	39	49	16

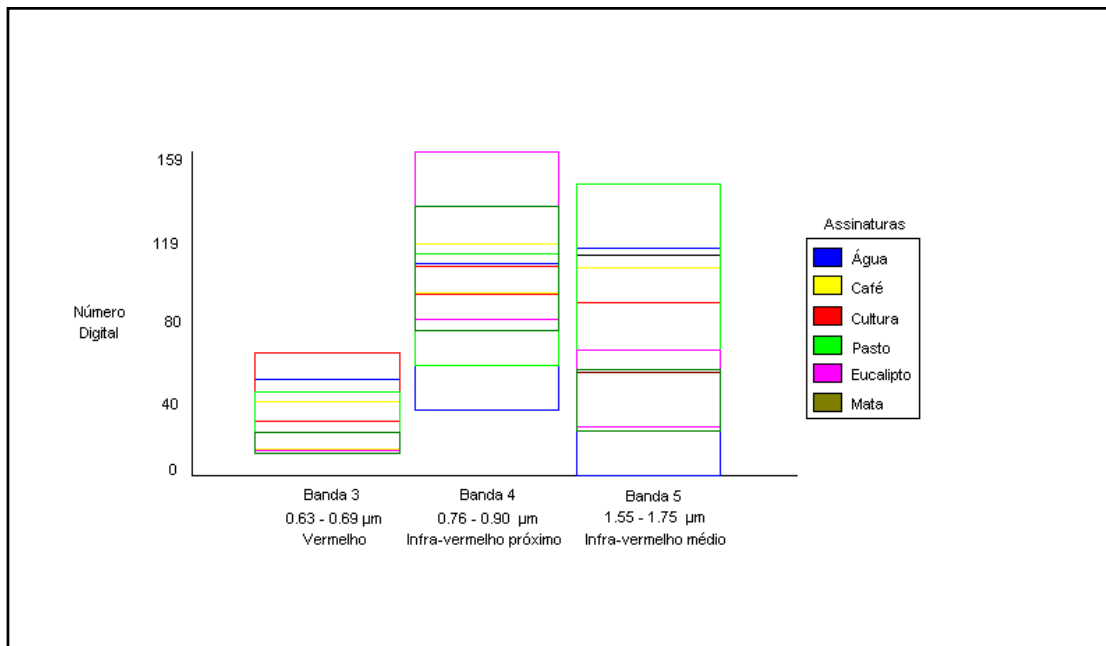
* FONTE: D.A.E.E.

Posto D3-021 (Espírito Santo do Pinhal – SP)

Anexo 4a Classificação não supervisionada - Santo Antônio do Jardim - SP.



Anexo 4b. Padrões de resposta espectral para os padrões de uso do solo identificados.



Anexo 4c. Cálculo do fator uso e manejo da EUPS

1. Culturas anuais

Algodão

Operações	Data	EI acum.	EI/período	Razão de perdas	C	C total
preparo	15/ago	1,19				
plantio	15/out	7,83	0,0664	0,40	0,0266	
1 mês	15/nov	17,30	0,0947	0,60	0,0568	
2 meses	15/dez	33,59	0,1629	0,40	0,0652	
colheita	15/mar	87,21	0,5362	0,50	0,2681	0,4166
preparo	15/ago	101,19	0,1398	0,20	0,0280	0,4446

Milho

Operações	Data	EI acum.	EI/período	Razão de perdas	C	C total
Preparo	15/ago	1,19				
Plantio	15/out	7,83	0,0664	0,23	0,0153	
1 mês	15/nov	17,30	0,0947	0,30	0,0284	
2 meses	15/dez	33,59	0,1629	0,17	0,0277	
Colheita	15/mar	87,21	0,5362	0,06	0,0322	0,1035
Preparo	15/ago	101,19	0,1398	0,02	0,0028	0,1063

Soja

Operações	Data	EI acum.	EI/período	Razão de perdas	C	C total
Preparo	15/ago	1,19				
Plantio	15/out	7,83	0,0664	0,35	0,0232	
1 mês	15/nov	17,30	0,0947	0,30	0,0284	
2 meses	15/dez	33,59	0,1629	0,20	0,0326	
Colheita	15/mar	87,21	0,5362	0,20	0,1072	0,1915
Preparo	15/ago	101,19	0,1398	0,03	0,0042	0,1957

Média - culturas anuais

Cultura	Valor de C	Área considerada(em %)	C ponderado
Algodão	0,4446	20 %	0,0889
Milho	0,1063	50 %	0,0531
Soja	0,1975	30 %	0,0593
Total			0,2013

2. Eucalipto

Operações	Data	EI acum.	EI/período	Razão de perdas	C	C total
Preparo	1/out	4,35				
Plantio	1/dez	23,52	0,1917	0,24	0,0460	
3 meses	1/mar	81,88	0,5836	0,18	0,1050	
7 meses	1/jul	100,03	0,1815	0,15	0,0272	
1 ano	1/out	104,35	0,0432	0,12	0,0052	
2 ano	1/out	204,35	1,0000	0,04	0,0400	
3 ano	1/out	304,35	1,0000	0,04	0,0400	
4 ano	1/out	404,35	1,0000	0,02	0,0200	
5 ano	1/out	504,35	1,0000	0,02	0,0200	
6 ano	1/out	604,35	1,0000	0,02	0,0200	
Corte	1/set	701,68	0,9733	0,02	0,0195	
Preparo	1/out	704,35	0,0267	0,02	0,0005	0,0491

3. Citros

Operações	Data	EI acum.	EI/período	Razão de perdas	C	C total
Preparo	1/out	4,35				
Plantio	1/dez	23,52	0,1917	0,75	0,1438	
3 meses	1/mar	96,87	0,7335	0,72	0,5281	
6 meses	1/jun	98,94	0,0207	0,50	0,0104	
1 ano	1/dez	123,25	0,2458	0,35	0,0860	
2 anos	1/dez	223,52	1,0000	0,30	0,3000	
3 anos	1/dez	323,52	1,0000	0,24	0,2400	
4 anos	1/dez	423,52	1,0000	0,16	0,1600	
5 anos	1/dez	523,52	1,0000	0,11	0,1100	
6 anos	1/dez	623,52	1,0000	0,08	0,0800	
7 anos	1/dez	723,52	1,0000	0,08	0,0800	
8 anos	1/dez	823,52	1,0000	0,06	0,0600	
9 anos	1/dez	923,52	1,0000	0,06	0,0600	
10 anos	1/dez	1023,52	1,0000	0,05	0,0500	
11 anos	1/dez	1123,52	1,0000	0,05	0,0500	
12 anos	1/dez	1223,52	1,0000	0,04	0,0400	
13 anos	1/dez	1323,52	1,0000	0,04	0,0400	
14 anos	1/dez	1423,52	1,0000	0,03	0,0300	
15 anos	1/dez	1523,52	1,0000	0,03	0,0300	
16 anos	1/dez	1623,52	1,0000	0,02	0,0200	
17 anos	1/dez	1723,52	1,0000	0,02	0,0200	
18 anos	1/dez	1823,52	1,0000	0,01	0,0100	
19 anos	1/dez	1923,52	1,0000	0,01	0,0100	
20 anos	1/dez	2023,52	1,0000	0,01	0,0100	
21 anos	1/dez	2123,52	1,0000	0,01	0,0100	
22 anos	1/dez	2223,52	1,0000	0,01	0,0100	
23 anos	1/dez	2323,52	1,0000	0,01	0,0100	
24 anos	1/dez	2423,52	1,0000	0,01	0,0100	
25 anos	1/dez	2523,52	0,8083	0,01	0,0100	0,0887

4. Café

(mesmo valor de citros - C = **0,0887**)

5. Pastagem

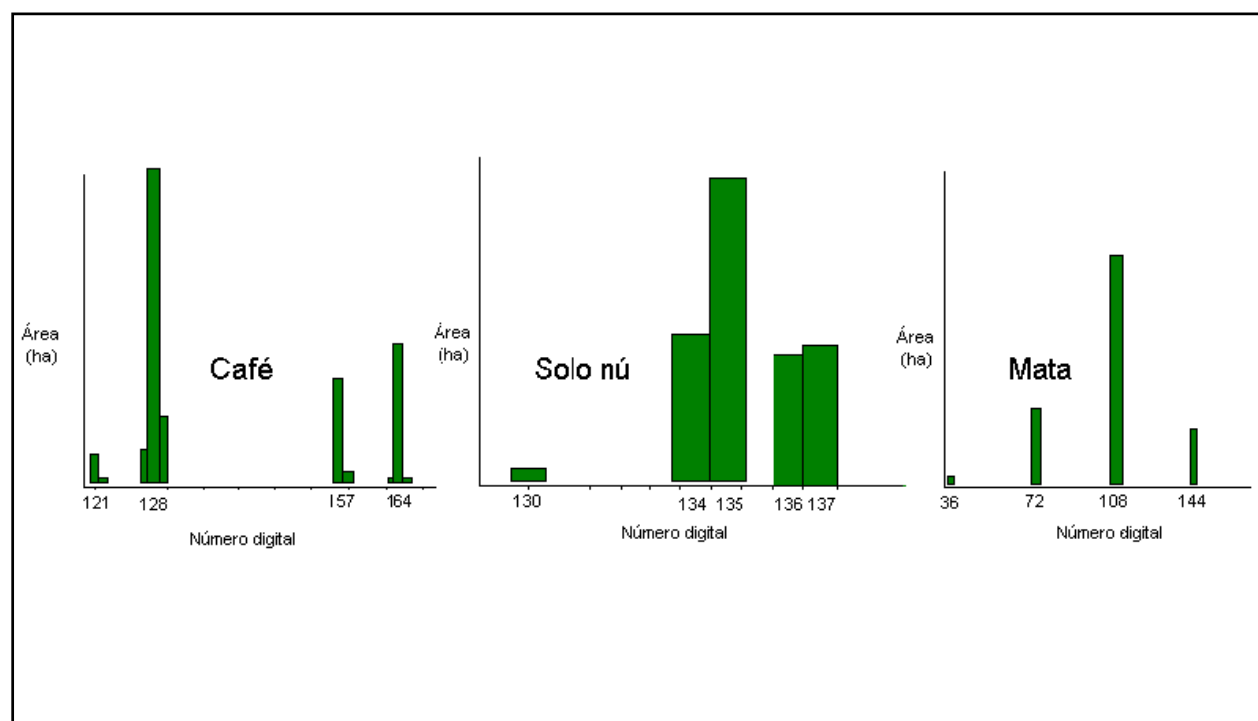
Pastagem cultivada - C = **0,0010**

6. Mata natural

Mata natural - C = **0,0004**

Anexo 5. Área por pixel (em ha) e picos representativos de alguns padrões de uso do solo.

1	40.5	29	0.0	56	63.3	81	3.4	104	8.2	126	0.2	149	0.0	170	67.3	195	8.8
2	6.7	31	0.4	57	21.9	82	0.4	105	30.5	127	135.8	150	196.3	171	183.1	196	1.6
3	0.8	32	0.8	58	7.8	84	8.2	106	23.2	128	611.0	151	96.6	172	102.2	197	0.2
4	0.1	33	0.2	59	0.8	85	350.0	107	7.2	129	256.5	152	7.2	173	28.5	198	0.3
6	33.5	36	103.1	61	3.3	86	215.4	108	298.8	130	1.3	153	1.1	176	5.5	199	35.6
7	54.9	37	12.4	62	12.6	87	48.2	109	10.7	131	14.5	154	0.2	177	126.9	200	55.2
8	2.9	38	1.2	63	8.7	88	21.2	110	0.9	133	4.2	155	0.0	178	177.0	201	23.4
9	0.3	39	0.0	64	2.9	89	0.8	111	0.1	134	200.4	156	11.2	179	195.5	202	6.1
12	10.2	42	36.7	65	0.7	90	0.3	113	0.0	135	448.2	157	338.7	180	95.4	203	3.5
13	41.3	43	117.2	67	0.0	91	90.4	114	209.7	136	60.3	158	70.5	181	10.7	205	1.9
14	12.4	44	14.7	68	1.0	92	388.1	115	190.7	137	206.1	159	16.6	182	0.5	206	22.0
15	2.7	45	1.2	69	3.2	93	180.9	116	10.8	139	0.0	160	2.8	186	128.6	207	45.4
18	1.2	46	0.1	70	0.3	94	80.9	117	2.8	140	14.8	161	0.0	187	61.5	208	21.5
19	14.5	48	5.5	72	237.9	95	17.5	118	0.4	141	251.3	162	0.1	188	11.0	209	8.9
20	5.8	49	147.5	73	14.1	97	4.9	120	11.3	142	148.7	163	74.3	189	2.8	212	2.6
21	1.4	50	63.0	74	0.9	98	109.7	121	504.0	143	228.5	164	242.0	190	0.1	213	26.6
22	0.1	51	18.0	75	0.0	99	142.3	122	177.4	144	131.9	165	99.2	191	0.0	214	37.2
25	1.7	52	3.6	78	87.1	100	85.0	123	34.6	145	8.9	166	17.0	192	20.4	215	106.4
26	3.9	54	0.1	79	197.4	101	41.1	124	5.3	146	0.7	167	2.9	193	147.8		
27	1.6	55	29.7	80	21.4	103	0.3	125	0.4	147	0.3	169	1.1	194	27.5		



Anexo 6. Cálculo do risco de erosão para diferentes usos e condições fisiográficas

- Valores para o Fator L e Fator P da EUPS variando conf. as classes de declividade (**LOMBARDI NETO, F.**)
- Valores médios para a declividade / Declividade máxima 88%

MATA

Latosolos			Podzólicos		
Declividade	Perda	Risco	Declividade	Perda	Risco
3	0	0	3	0.1	0.01
6	0.1	0	6	0.1	0.01
9	0.1	0	9	0.1	0.02
12	0.1	0	12	0.1	0.02
18	0.1	0.01	18	0.2	0.03
25	0.2	0.01	25	0.4	0.05
88	0.7	0.06	88	1.6	0.22

PASTAGENS

Latosolos			Podzólicos		
Declividade	Perda	Risco	Declividade	Perda	Risco
3	0.9	0.07	3	1.8	0.26
6	1.2	0.10	6	2.5	0.36
9	1.4	0.11	9	2.9	0.42
12	1.5	0.12	12	3.2	0.46
18	2.5	0.20	18	5.3	0.75
25	4.1	0.34	25	8.8	1.26
63	12.3	1.0	88	34.9	4.99

EUCALIPTO

Latosolos			Podzólicos		
Declividade	Perda	Risco	Declividade	Perda	Risco
3	4.2	0.34	3	9.0	1.28
6	5.8	0.48	6	12.5	1.78
9	6.7	0.55	9	14.3	2.04
12	7.4	0.60	12	15.8	2.26
18	12.1	0.99	18	25.9	3.71
25	20.3	1.66	25	43.4	6.20
65	62.7	5.11			

CULTURA

Latosolos			Podzólicos		
Declividade	Perda	Risco	Declividade	Perda	Risco
2	10.6	0.87	3	36.7	5.25
3	17.2	1.40	6	51.5	7.30
6	23.9	1.95	9	58.6	8.37
9	27.4	2.24	12	64.8	9.25
12	30.3	2.47	18	106.3	15.19
18	49.7	4.01	25	178.1	25.44
25	83.2	6.79			

CAFÉ

Latosolos			Podzólicos		
Declividade	Perda	Risco	Declividade	Perda	Risco
3	7.6	0.62	2	8.5	1.21
6	10.5	0.86	3	16.2	2.31
9	12.1	0.98	6	22.5	3.22
12	13.3	1.09	9	25.8	3.69
18	21.9	1.79	12	28.5	4.08
25	36.7	2.99	18	46.9	6.69
40	63.8	5.21	25	78.5	11.21

Anexo 7. Caderno de fotos.



Foto 1. MBH Córrego do Jardim: Região Serrana (região de mananciais ocupados inadequadamente com cafeicultura).



Foto 2. Topos de morros e montanhas desprovidos de vegetação protetora



Foto 3. Cafeicultura de montanha (variedade Catuai em sistema adensado com proteção de cercas vivas), conduzida em zona de afloramento rochoso (Serra do Bebedouro).



Foto 4. Agricultura de subsistência e cafeicultura conduzidas nos contrafortes da Serra do Bebedouro.

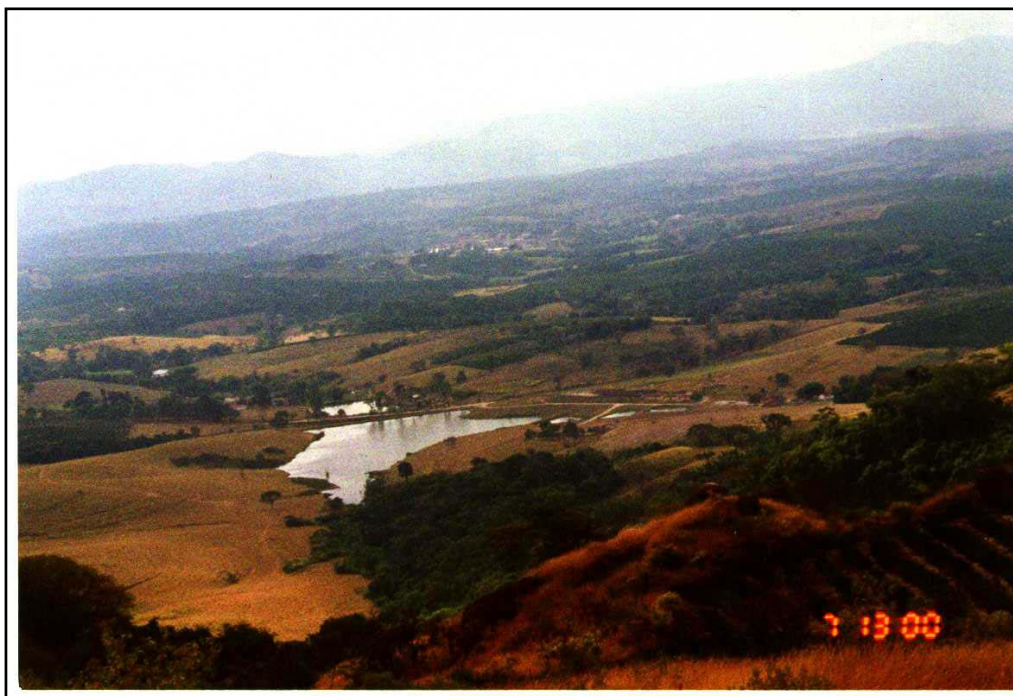


Foto 5. MBH Córrego do Jardim: Região de Morros paralelos (represa de abastecimento em primeiro plano e núcleo urbano ao fundo).



Foto 6. Degradação das matas ciliares do Rio Jaguari Mirim por intensa mineração e formação de pastagens / pisoteio por animais.