UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus Rio Claro

ZONEAMENTO AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO À GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (SP)

Ricardo Pacheco Napoleão

Orientador: Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
- Área de Concentração Meio Ambiente.

Rio Claro (SP)
2003

FICHA CATALOGRÁFICA

NAPOLEÃO, R. P. 2003. Zoneamento Ambiental Como Subsídio à Gestão dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (SP). Rio Claro, 192p. (Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente – UNESP/Campus Rio Claro).

Aos meus pais,
irmãos,
esposa e
amigos.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências, área de concentração em Geociências e Meio Ambiente da Universidade Estadual Paulista (UNESP – Campus Rio Claro) por possibilitar institucionalmente a realização desse trabalho.

Ao Professor Juércio Tavares de Mattos pela orientação, correção e apoio à execução dessa dissertação.

Ao Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de demanda social.

Aos Professores Jairo Roberto Jiménez Rueda e Paulina Setti Riedel pelas correções e sugestões no exame de qualificação.

Aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista (UNESP – Campus Rio Claro) pelo empenho nas solicitações necessárias para realização desse trabalho.

A Patrícia Rosa Martines Napoleão, minha esposa, pelo apoio e correção para a realização dessa dissertação.

SUMÁRIO

Índice..... i
Indice de Tabelas..... v
Indice de Gráficos..... viii
Índice de Figuras..... x
Resumo..... xiii
Abstract..... xiv
Introdução 1
Justificativa..... 3
Objetivo 3
1 - Área de Estudo..... 4
2 – Aspectos Teóricos Sobre o Zoneamento Ambiental, Gestão Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos..... 9
3 – Método 20
4 – Materiais, Técnicas e Fontes de Pesquisa..... 28
5 – Metodologia..... 35
6 – Levantamento Das Informações Ambientais..... 40
7 – Resultados e Discussões..... 50
Bibliografia..... 165
ANEXO A (Gráficos dos índices de freqüência diária de chuva para os meses secos e chuvosos) 175

ÍNDICE DA DISSERTAÇÃO **PÁG.**

INTRODUÇÃO 1
JUSTIFICATIVA 3
OBJETIVO 3
1 - ÁREA DE ESTUDO 4
2 - ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE O ZONEAMENTO AMBIENTAL, GESTÃO AMBIENTAL E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS 9
2.1 – Zoneamento Ambiental 9
2.2 – Zoneamento Ambiental Aplicado em Bacias Hidrográficas 12
2.3 - Gestão Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos 14
3 - MÉTODO 20
3.1 - Sobre o Método Sistêmico 20
3.2 - Sobre os Geossistemas 22
3.3 - Sobre o Sistema Sócio Econômico e a Organização Espacial 26
4 – MATERIAIS, TÉCNICAS E FONTES DE PESQUISA 28
4.1 – Materiais 28
4.1.1 – Cartográficos 28
4.1.1.1 - Mapas do IBGE 28
4.1.1.2 - Mapas Temáticos 28
4.1.2 - Sensoriamento Remoto 29
4.1.2.1 - Parâmetros Técnicos das Imagens 29
4.1.3 – Material de Apoio Computacional 30
4.2 - Técnicas 31
4.2.1 - Álgebra de Mapas 31
4.2.2 - Cartografia Temática 32
4.2.3 - Adequação da Base Cartográfica às Imagens de Satélite 32
4.2.4 - Interpolação 32
4.2.5 - Interpretação de Imagens de Satélite 33
4.3 - Fontes de Pesquisa 34
5 – METODOLOGIA 35
5.1 - Fase 1 (Levantamento das Informações Ambientais) 37
5.2 - Fase 2 (Mapa de Compartimentos Ambientais) 38
5.3 - Fase 3 (Diagnóstico Ambiental Para a Gestão dos Recursos Hídricos) 38

5.4 - Fase 4 (Zoneamento Ambiental) 39
6 - LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES AMBIENTAIS
6.1 – Informações Geológicas 40
6.2 - Informações Pedológicas 43
6.2.1 – Latossolos (L) 45
6.2.2 – Argissolos (P) 46
6.2.3 – Neossolos (R) 48
7 – RESULTADOS E DISCUSSÕES
7.1 - INFORMAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS 50
7.1.1 - Análise Morfométrica 54
7.1.1.1 - Sub-Bacias do Ribeirão Mandacarú e Córrego do Carneiro 56
7.1.1.2 - Sub-Bacia Córrego Piçarrão 63
7.1.1.3 - Sub-Bacia do Ribeirão Fundo 67
7.1.1.4 - Sub-Bacia da Fazenda São Bento 71
7.1.1.5 – Conclusões 75
7.2 - INFORMAÇÕES DE USO E COBERTURA VEGETAL 78
7.2.1 - Cana-de-Açúcar 78
7.2.2 - Solo Exposto ou Preparado 81
7.2.3 - Pasto ou Campo Antrópico 82
7.2.4 – Culturas 84
7.2.5 – Capoeira 85
7.2.6 – Mata 85
7.3 - INFORMAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS 87
7.3.1 - Totais Pluviométricos Mensais 88
7.3.2 - Total Pluviométrico Médio Anual 91
7.3.3 - Totais Pluviométricos Nos Seis Meses Mais Chuvosos e Nos Seis Meses Mais Secos 92
7.3.4 - Freqüência Diária de Chuva: Base Para a Integração da Informação Pluviométrica 96
7.3.5 - Relações entre Pluviosidade e Classificação Climática 101
7.4 - COMPARTIMENTOS AMBIENTAIS 104
7.4.1 – Metodologia 104
7.4.2 – Critérios 105
7.4.3 - Descrição dos Compartimentos Ambientais 107

7.4.3.1 - Compartimento C1 107
7.4.3.2 - Compartimento C2 109
7.4.3.3 - Compartimento C3 111
7.4.3.4 - Compartimento C4 113
7.5 – VULNERABILIDADE AOS PROCESSOS EROSIVOS 116
7.5.1 – Metodologia 116
7.5.2 – Critérios 116
7.5.3 - Componente Pluviométrico 117
7.5.4 - Componente Pedológico 119
7.5.5 - Componente Geomorfológico 122
7.5.6 - Componente Cobertura Vegetal 124
7.5.7 – Componente Uso da Terra 125
7.5.8 - Atribuição de Pesos 126
7.5.9 - Definição das Classes 131
7.5.10 - Uso dos Softwares AUTOCAD R14, IDRISI 32 e COREL DRAW 9 para a confecção da Carta 132
7.5.11 - Descrição das Classes 135
7.5.11.1 - Classe 1 – Vulnerabilidade Baixa 135
7.5.11.2 - Classe 2 – Vulnerabilidade Média 135
7.5.11.3 - Classe 3 - Vulnerabilidade Alta 136
7.6 - POTENCIAL DE RETENÇÃO HÍDRICA DOS SOLOS 137
7.6.1 – Metodologia 137
7.6.2 – Critérios 138
7.6.3 - Componente Pluviométrico 138
7.6.4 - Componente Geomorfológico 138
7.6.5 - Componente Pedológico 139
7.6.6 - Componente Uso e Cobertura Vegetal 140
7.6.7 - Atribuição de Pesos 140
7.6.8 - Definição das Classes 145
7.6.9 - Uso dos Softwares AUTOCAD R14, IDRISI 32 e COREL DRAW 9 para a confecção da Carta 146
7.6.10 - Descrição das Classes 149
7.6.10.1 - Classe 1 – Retenção Baixa 149
7.6.10.2 - Classe 2 – Retenção Média 149

7.6.10.3 - Classe 3 - Retenção Alta 150
7.7 - ZONEAMENTO AMBIENTAL 151
7.7.1 – Metodologia 151
7.7.2 – Critérios 152
7.7.3 - Definição das Zonas 153
7.7.4 - Descrição das Zonas 155
7.7.4.1 - Zona 1 – Preservação Grau 1 155
7.7.4.2 - Zona 2 – Preservação Grau 2 155
7.7.4.3 - Zona 3 – Recuperação 156
7.7.4.4 - Zona 4 – Uso Produtivo Controlado 156
7.7.4.5 - Zona 5 – Uso Consolidado 157
7.7.5 – Instrumentos Legais Para a Viabilização do Zoneamento 157
7.8 – CONCLUSÕES 160
7.8.1 – Quanto ao Método 160
7.8.2 – Quanto a Metodologia 161
7.8.3 – Quanto às Técnicas e Materiais 161
7.8.4 – Quanto às Informações Ambientais Utilizadas 162
7.8.5 – Quanto a Integração e Síntese da Informação 162
7.8.6 – Quanto ao Zoneamento Ambiental 163
BIBLIOGRAFIA 165
ANEXO A (Gráficos dos índices de freqüência diária de chuva para os meses secos e chuvosos) 175

ÍNDICE DE TABELAS **PÁG.**

TABELAS CAPÍTULO 2 (ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE O ZONEAMENTO AMBIENTAL, GESTÃO AMBIENTAL E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS)

Tabela 2.1. Abordagens da gestão ambiental por bacias hidrográficas, segundo CASTRO (1995b). 12

TABELAS CAPÍTULO 4 (MATERIAIS, TÉCNICAS E FONTES DE PESQUISA)

Tabela 4.1. Cartas do IBGE (escala 1:50.000) a serem utilizadas no trabalho. 28

TABELAS CAPÍTULO 6 (LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES AMBIENTAIS)

Tabela 6.1. Unidades de mapeamento dos Latossolos Vermelhos (LV) e suas descrições. 45

Tabela 6.2. Unidades de mapeamento dos Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) e suas descrições. 46

Tabela 6.3. Unidade de mapeamento dos Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) e suas descrições. 47

Tabela 6.4. Unidade de Mapeamento dos Neossolos Litólicos e suas descrições 49

TABELAS CAPÍTULO 7 (RESULTADOS E DISCUSSÕES)

Tabela 7.1. Descrição dos compartimentos geomorfológicos da bacia do rio Capivari. 52

Tabela 7.2. Sub-bacias selecionadas para análise morfométrica e seus respectivos compartimentos geomorfológicos. 56

Tabela 7.3. Classes de declividade das sub-bacias ribeirão Mandacaru e Córrego do Carneiro. 60

Tabela 7.4. Classes de declividade da sub-bacia córrego do Piçarrão. 65

Tabela 7.5. Classes de declividade da sub-bacia ribeirão Fundo. 69

Tabela 7.6. Classes de declividade das sub-bacias córrego fazenda São Bento. 73

Tabela 7.7. Síntese das características morfométricas das sub-bacias analisadas. 77

Tabela 7.8. Descrição das estações meteorológicas DAEE(1997). 87

Tabela 7.9. Totais médios mensais e totais médios anuais nas 20 estações metorológicas. 89

Tabela 7.10. Totais médios mensais dos meses chuvosos e valores de sua soma para cada estação meteorológica. 94

Tabela 7.11. Totais médios mensais dos meses secos e valores de sua soma 95

para cada estação meteorológica.
Tabela 7.12. Divisão das classes de intensidade diária de chuva. 96
Tabela 7.13. Valor do fator aplicado a cada classes de intensidade de chuva. 97
Tabela 7.14. Índices de chuva diária para os períodos chuvosos e secos nas vinte estações meteorológicas. 100
Tabela 7.15. Distribuição das Unidades Geológicas no Compartimento C1. 107
Tabela 7.16. Distribuição das Unidades Pedológicas no Compartimento C1. 108
Tabela 7.17. Distribuição das Classes de Uso de Terra e Cobertura Vegetal no Compartimento C1. 108
Tabela 7.18. Distribuição das Classes de freqüência diária de chuva para o período seco e chuvoso no Compartimento C1. 109
Tabela 7.19. Distribuição das Unidades Geológicas no Compartimento C2. 109
Tabela 7.20. Distribuição das Unidades Pedológicas no Compartimento C2. 110
Tabela 7.21. Distribuição das Classes de Uso de Terra e Cobertura Vegetal no Compartimento C2. 110
Tabela 7.22. Distribuição das Classes de freqüência diária de chuva para o período seco e chuvoso no Compartimento C2. 111
Tabela 7.23. Distribuição das Unidades Geológicas no Compartimento C3. 111
Tabela 7.24. Distribuição das Unidades Pedológicas no Compartimento C3. 112
Tabela 7.25. Distribuição das Classes de Uso de Terra e Cobertura Vegetal no Compartimento C3. 112
Tabela 7.26. Distribuição das Classes de freqüência diária de chuva para o período seco e chuvoso no Compartimento C3. 113
Tabela 7.27. Distribuição das Unidades Pedológicas no Compartimento C4. 114
Tabela 7.28. Distribuição das Classes de Uso de Terra e Cobertura Vegetal no Compartimento C4. 114
Tabela 7.29. Distribuição das Classes de freqüência diária de chuva para o período seco e chuvoso no Compartimento C4. 115
Tabela 7.30. Tipos de uso indicados para os diversos intervalos de classe de declive (BIGARELLA et. al. (1979) apud CUNHA e GUERRA (1996). 123
Tabela 7.31. Classes de Declividade ROSS (1996) 123
Tabela 7.32. Peso máximo e mínimo para cada componente ambiental influenciador na vulnerabilidade aos processos erosivos. 126
Tabela 7.33. Pesos para os índices de freqüência diária de chuvas para os 127

períodos secos e chuvosos referente à vulnerabilidade aos processos erosivos.
Tabela 7.34. Pesos para as diferentes unidades geomorfológicas para a integração da informação referente à vulnerabilidade aos processos erosivos. 127
Tabela 7.35. Pesos para as diferentes compartimentações pedológicas para a integração da informação referente à vulnerabilidade dos processos erosivos. 128
Tabela 7.36. Pesos para as diferentes classes de uso e cobertura vegetal para a integração da informação referente à vulnerabilidade aos processos erosivos. 128
Tabela 7.37. Nomenclatura das classes de vulnerabilidade aos processos erosivos e seus respectivos limites máximos e mínimos. 131
Tabela 7.38. Peso máximo e mínimo para cada componente ambiental influenciador no potencial de retenção hídrica dos solos. 141
Tabela 7.39. Pesos para as diferentes unidades pedológicas para a integração da informação referente ao potencial hídrico. 141
Tabela 7.40. Pesos para as diferentes unidades pedológicas para a integração da informação referente ao potencial hídrico. 142
Tabela 7.41. Pesos para as diferentes compartimentações geomorfológicas para a integração da informação referente ao potencial hídrico. 142
Tabela 7.42. Pesos para as diferentes classes de uso e de cob. Vegetal para a integração da informação referente ao potencial hídrico. 143
Tabela 7.43. Nomenclatura das classes de vulnerabilidade aos processos erosivos e seus respectivos limites máximos e mínimos. 146
Tabela 7.44. Matriz para a definição das classes de zoneamento ambiental. 153

PÁG

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO CAPÍTULO 5 (METODOLOGIA)

Gráfico 5.1. Metodologia de pesquisa. 36

GRÁFICO CAPÍTULO 7 (RESULTADOS E DISCUSSÕES)

Gráfico 7.1. Distribuição percentual das classes de uso da terra na bacia do rio Capivari. 78

Gráfico 7.2. Distribuição dos valores médios mínimos e máximos nos meses chuvosos (de outubro a março) e nos meses de estiagem (de abril a setembro). 93

GRÁFICOS ANEXO A

Gráfico 1. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice, e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D3-002. 175

Gráfico 2. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-011. 176

Gráfico 3. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-044. 177

Gráfico 4. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-046 178

Gráfico 5. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-047. 179

Gráfico 6. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-068. 180

Gráfico 7. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-069. 181

Gráfico 8. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-071. 182

Gráfico 9. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-079. 183

Gráfico 10. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-083. 184

Gráfico 11. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-092. 185

Gráfico 12. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas 186

de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E3-053.
Gráfico 13. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-010. 187
Gráfico 14. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-013. 188
Gráfico 15. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-037. 189
Gráfico 16. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-062. 190
Gráfico 17. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-118. 191
Gráfico 18. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-119. 192
Gráfico 19. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-120. 193
Gráfico 20. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-123. 194

ÍNDICE DE FIGURAS **PÁG.**

FIGURAS CAPÍTULO 1 (ÁREA DE ESTUDO)

Figura 1.1. Mapa Base da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari-SP 5
Figura 1.2. Mapa da Rede de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari-SP 6
Figura 1.3. Rio Capivari em seu médio baixo (Localização: Município de Louveira). 7
Figura 1.4. Rio Capivari em seu médio curso (Localização: Município de Louveira). 7
Figura 1.5. Rio Capivari em seu baixo curso (Localização: Município de Capivari). 8

FIGURA CAPÍTULO 3 (MÉTODO)

Figura 3.1. Os geossistemas e o sistema sócio-econômico. 25

FIGURA CAPÍTULO 6 (LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES AMBIENTAIS)

Figura 6.1. Mapa Geológico da Bacia do Rio Capivari-SP 42
Figura 6.2. Mapa Pedológico da Bacia do Rio Capivari 44

FIGURAS CAPÍTULO 7 (RESULTADOS E DISCUSSÕES)

Figura 7.1. Localização dos geossistemas “Depressão Periférica” e “Mar de Morros" na Bacia Hidrográfica do rio Capivari. 50
Figura 7.2. Mapa Geomorfológico da Bacia do Rio Capivari-SP 53
Figura 7.3. As Sub-Bacias Rib. Mandacaru e Cor. Do Carneiro e Suas Hierarquizações de Drenagem 58
Figura 7.4. Perfil longitudinal da sub-bacia do córrego do Carneiro. 61
Figura 7.5. Perfil longitudinal da sub-bacia do córrego do Mandacarú. 61
Figura 7.6. Perfil transversal A’-A” das sub-bacias córrego do Carneiro e ribeirão Mandacaru. 62
Figura 7.7. Perfil longitudinal B’-B” das sub-bacias córrego do Carneiro e ribeirão Mandacaru. 62
Figura 7.8. A Sub-Bacia Córrego Piçarrão e Suas Hierarquizações de Drenagem 64
Figura 7.9. Perfil longitudinal da sub-bacia do córrego Piçarrão. 66
Figura 7.10. Perfil Transversal A’-A’’ do córrego do Piçarrão. 66
Figura 7.11. Perfil Transversal B’-B’’ do córrego do Piçarrão. 67
Figura 7.12. A Sub-Bacia Ribeirão Fundo e Suas Hierarquizações de Drenagem 68
Figura 7.13. Perfil Longitudinal do ribeirão Fundo. 70
Figura 7.14. Perfil Transversal A’-A’’ do ribeirão Fundo. 70
Figura 7.15. A Sub-Bacia Córrego Fazenda São Bento e Suas Hierarquizações de Drenagem 72

Figura 7.16. Perfil Longitudinal do córrego fazenda São Bento. 74
Figura 7.17. Perfil Transversal A' – A'' do córrego fazenda São Bento. 74
Figura 7.18. Perfil Transversal B' – B'' do córrego fazenda São Bento. 75
Figura 7.19. Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do rio Capivari-SP 79
Figura 7.20. Área de topos aplainados coberta pelo cultivo de cana-de-açúcar (Localização: Estrada Campinas – Capivari). 81
Figura 7.21. Área de topos aplainados com a presença de solo preparado para cultivo (Localização: Município de Elias Fausto). 82
Figura 7.22. Campo antrópico em topos aplainados (Localização: Estrada Campinas-Capivari). 83
Figura 7.23. Área de topos aplainados com a presença de pasto (Localização: Município de Capivari). 83
Figura 7.24. Presença da classe culturas (Localização: Município de Louveira) 84
Figura 7.25. Mata (Localização: Município de Louveira) 86
Figura 7.26. Compartimento "Mar de Morros" coberto parcialmente por mata nativa (Localização: Município de Louveira). 86
Figura 7.27. Localização das estações meteorológicas na bacia hidrográfica do rio Capivari e seu entorno. 88
Figura 7.28. Distribuição espacial da interpolação das médias pluviométricas (em mm) dos meses chuvosos de Outubro a Março da bacia do rio Capivari (período: de 1971 a 1996). 90
Figura 7.29. Distribuição espacial da interpolação das médias pluviométricas (em mm) dos meses secos de Abril a Setembro da bacia do rio Capivari (período: de 1971 a 1996). 91
Figura 7.30. Distribuição espacial dos totais pluviométricos médios anuais (em mm) da bacia do rio Capivari (período: de 1971 a 1996). 92
Figura 7.31. Distribuição espacial da soma dos totais pluviométricos médios (em mm) dos meses chuvosos. 94
Figura 7.32. Distribuição espacial da soma dos totais pluviométricos médios dos meses de estiagem. 95
Figura 7.33. Distribuição espacial do índice de freqüência diária de chuva para o período chuvoso. 100
Figura 7.34. Distribuição espacial do índice de freqüência diária de chuva para o 101

período de estiagem.
Figura 7.35. Mapa de Compartimentos Ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari-SP 106
Figura 7.36. Mapa de Vulnerabilidade dos Solos Aos Processos Erosivos na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari. 134
Figura 7.37. Mapa de Potencial de Retenção Hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari-SP 148
Figura 7.38. Mapa de Zoneamento Ambiental da Bacia do Rio Capivari 154

RESUMO

Esse trabalho corresponde a um zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Capivari-SP com base em critérios dedutivos que levam em consideração aspectos ambientais relativos à área de estudo. Os aspectos ambientais considerados para a realização do zoneamento foram o elemento climático precipitação, a geologia, a geomorfologia, a pedologia, o uso e ocupação do solo e a cobertura vegetal. Com base nas informações ambientais disponíveis foi possível a elaboração de mapas de integração ambiental. Foram realizados três mapas de integração, o mapa de compartimentos ambientais, o mapa de vulnerabilidade aos processos erosivos e o mapa de potencial de retenção hídrica. O primeiro mapa corresponde a um mapa síntese dos aspectos ambientais da área de estudo e os outros correspondem a mapas elaborados partir de critérios dedutivos aplicados à base de informações e que consideram aspectos teóricos produzidos sobre os temas. O mapa final de zoneamento ambiental foi realizado considerando a aplicação de critérios sobre os mapas de integração e sobre o mapa de uso e ocupação dos solos e cobertura vegetal. Fez-se uso de técnicas de sistemas de informações geográficas para a integração e elaboração das informações referentes as etapas para a realização do zoneamento ambiental.

Palavras Chave: Zoneamento Ambiental; Gestão dos Recursos Hídricos; Gestão Ambiental; Sistemas de Informação Geográfica.

ABSTRACT

This work corresponds of an environment zoning of Capivari vale in the State of São Paulo. This zoning have with base deductive criterions that admit environment aspects of study area. The environment aspects use for realization of zoning was the element climatic precipitation, the geology, the geomorphology, the pedology, the use and occupation of soils and the vegetable cover. With base in available environment information was possible the construction of environment integration maps. Was constructed three integration maps: the map of environment compartments, the map of risk of erosion processes and the map of potential of water retention. The first map correspond of one synthesis map of environment aspects of study area and the others, correspond maps constructed with base in deductive criterions and with theoretical aspects about the theme. The final map of environment zoning was realized with the application of criterions over the integration maps and over the map of use and occupation of soils and vegetable cover. In this work was used techniques of geographical information systems for integration and construct of information referring to the stages for realization of the environment zoning.

Key Words: Environment Zoning; Management of Water Resources; Environment Management; Geographical Information Systems.

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os problemas relacionados com a degradação dos recursos naturais e, em particular, com a degradação dos recursos hídricos no Brasil, tem levado as entidades governamentais dedicadas ao planejamento e gestão ambiental a concentrarem esforços na elaboração de projetos voltados ao equacionamento dos problemas associados ao uso múltiplo do recurso água.

A bacia hidrográfica do rio Capivari, junto com as demais bacias da região, vem assumindo destaque nos estudos dessa natureza, apresentando-se, dentro do Estado de São Paulo, condições críticas no trecho que abrange os municípios de Campinas, Monte Mor, Capivari, Rafard, entre outros, conforme apontado em diversos diagnósticos e relatórios ambientais elaborados pelo Consórcio Intermunicipal das Bacias do Rio Piracicaba e Capivari, Cetesb, DAEE, CBH-PCJ (Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí), SEMA, entre outros. Esta constatação ocorre não apenas devido ao processo histórico de ocupação e degradação dos solos, mas especialmente pelo significativo processo de concentração industrial e urbana, iniciado na 2ª metade do século XX.

A gestão dos recursos hídricos fluviais vem sendo colocada como fator estratégico na política governamental de meio ambiente e de desenvolvimento, devido ao elevado grau de alteração dos geossistemas e ecossistemas fluviais, ocasionada pelas atividades urbanas, industriais e agrícolas, que por não terem sido coordenadas de maneira racionalizada, vêm comprometendo continuamente a disponibilidade e a qualidade das águas (BENNETI *et. al.*, 1993; LANNA, 1993). Essa gestão tem sido colocada como estratégica, devido a condição de dependência e vulnerabilidade das atividades econômicas e sociais frente a escassez e diminuição da qualidade das águas. A necessidade de gestão dos recursos hídricos surge através da preocupação das entidades governamentais (em nível federal, estadual e municipal) com a crescente demanda nacional para o uso deste recurso para a atividade industrial e agrícola, assim como para as práticas sociais (LANNA, 1995). Essa preocupação governamental cristaliza-se através do desenvolvimento de legislação ambiental específica, como a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que trata da Política Nacional dos Recursos Hídricos, assim como a ação mais pragmática, como a criação de comitês de bacias hidrográficas em diversas regiões

do país.

A realização de estudos voltados ao planejamento e gestão ambiental utilizando bacias hidrográficas, reconhecidas como unidades ideais para a prática da gestão conforme diversos autores como MORAES (1994), LANNA (1995), CASTRO (1995b), constitui-se um objeto de pesquisa importante para a análise das questões ambientais.

Em meio a estas questões percebe-se que o estudo integrado do meio ambiente pode fornecer importantes contribuições ao estudo das práticas sociais e do seu relacionamento com a dinâmica física do ambiente em que a sociedade se insere.

A investigação das práticas sociais envolvidas com a geração e intensificação de desequilíbrios ambientais, a diagnose ambiental e a proposição de medidas que atuem diretamente no re-ordenamento territorial, a partir da visão da prejudicabilidade de usos inadequados do solo, assim como a definição de práticas direcionadas à gestão racional da natureza, vem tornando cada vez mais pertinente a formulação de projetos de pesquisa voltados à quantificação e qualificação dos problemas que afetam negativamente a qualidade de vida das comunidades em diversas escalas espaciais. Neste contexto, o Zoneamento Ambiental vem configurando uma prática de ordenamento territorial de significativa relevância para o desenvolvimento sustentado, envolvendo estratégias para melhoria e para disciplina das relações entre o sistema socioeconômico e os geossistemas.

A geração de produtos cartográficos que expressem o nível de conhecimento científico e tecnológico disponível para compreender e integrar as variáveis físicas e sócio-econômicas e projetar o comportamento do ambiente segundo suas reais potencialidades e vulnerabilidades, representa um campo de estudos de grande importância no âmbito da pesquisa ambiental. Desse modo, é dentro da linha de estudos que buscam a aplicabilidade da base de conhecimentos metodologicamente produzidos na região e do conhecimento teórico produzido sobre o tema que o presente trabalho se insere, constituindo-se como um fornecimento de subsídios e metodologias para o entendimento do meio ambiente, o que irá contribuir com o processo de gestão dos recursos hídricos na região.

JUSTIFICATIVA

Existe grande concentração populacional, industrial e agrícola nos municípios que compõem a bacia do rio Capivari, fruto do processo histórico de desenvolvimento que modificou as condições dos recursos hídricos em forma de alteração dos processos ambientais bem como ocasionou conflitos pelo acesso a esse recurso natural. A população dos municípios que fazem parte da bacia do rio Capivari está em torno de 640 mil habitantes, com projeção de 784 mil para o ano de 2005 (CBH-PCJ, 1999).

Boa parte das terras agricultáveis da bacia do rio Capivari são enquadradas como áreas com alta suscetibilidade a erosão em sulcos, ravinas e voçorocas; assim como graus variados de suscetibilidade a inundações, recalques e assoreamentos.(CBH-PCJ, 1999).

OBJETIVO

A partir da conjugação das metodologias de avaliação ambiental assim como das informações ambientais produzidas na região de estudo, tal como todo o arcabouço teórico produzido sobre o tema, o trabalho pretende atingir o seguinte objetivo: elaborar um zoneamento ambiental para a bacia hidrográfica do rio Capivari.

O zoneamento ambiental é efetuado com base na síntese das informações ambientais, expressas através da vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos e através do potencial de retenção hídrica.

A escolha dessas bases visa direcionar o zoneamento ambiental especificamente para a questão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Capivari, definindo zonas a serem preservadas, recuperadas, ter o uso controlado e/ou consolidado.

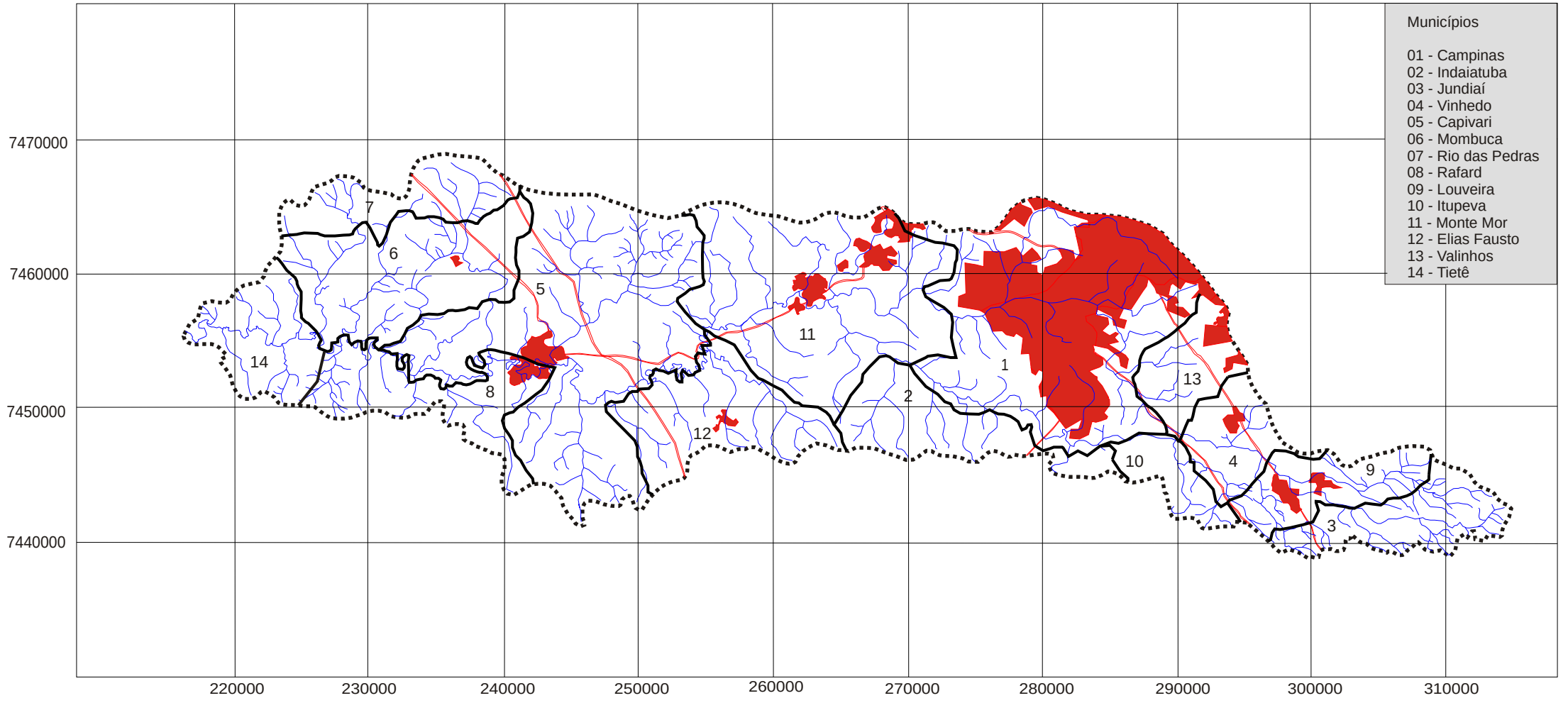
1 - ÁREA DE ESTUDO

Visando o tratamento integrado dos diversos aspectos que configuram o quadro ambiental, dentro de uma perspectiva de gestão dos recursos hídricos, o trabalho proposto terá como recorte espacial à área que abarca a bacia hidrográfica do rio Capivari como podemos observar no mapa a seguir (Figura 1.1).

A bacia hidrográfica do rio Capivari possui 1.655 km^2 e faz parte da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Os municípios que abrangem a área da bacia hidrográfica são: Jundiaí, Louveira, Vinhedo, Valinhos, Itupeva, Indaiatuba, Elias Fausto, Monte Mor, Capivari, Rafard, Mombuca, Rio das Pedras, Tietê e Campinas. A Figura 1.1 mostra a bacia do rio Capivari com a delimitação dos municípios, a representação da rede de drenagem e das principais rodovias e a Figura 1.2 apresenta a rede de drenagem e o nome dos principais rios que fazem parte da bacia do rio Capivari. As Figuras 1.3, 1.4 e 1.5 mostram o rio Capivari em três áreas distintas.

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente

FIGURA 1.1. MAPA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI-SP



Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Área Urbana
- Estradas
- Limite Municipal

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG

0 5 10 15 20 km

Localização da bacia no Estado de São Paulo

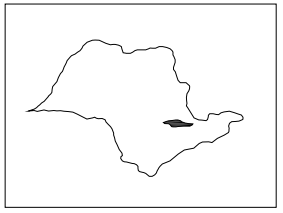
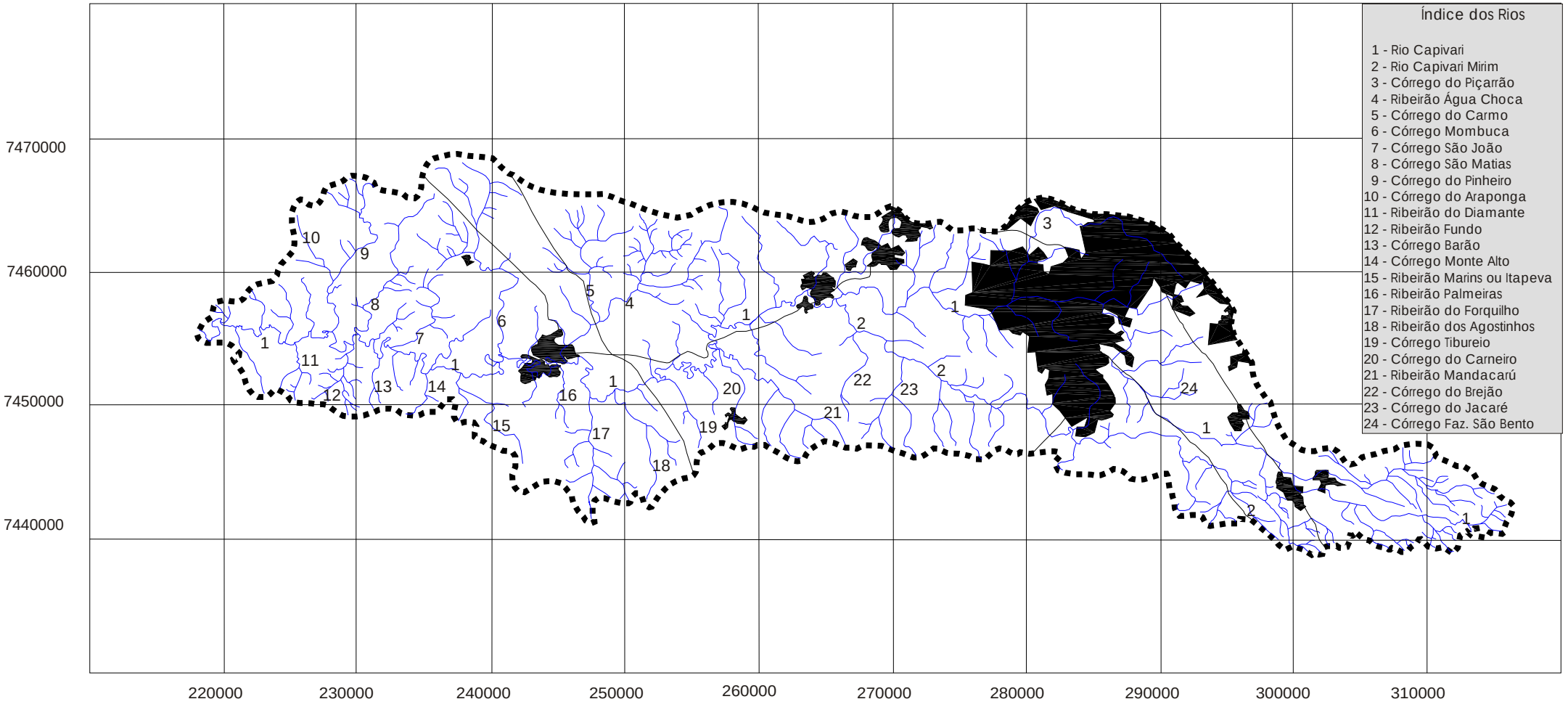


FIGURA 1.2. MAPA DA REDE DE DRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI-SP

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente



Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Área Urbana
- Estradas

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG

0 5 10 15 20 km

Localização da bacia no Estado de São Paulo

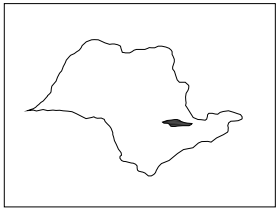




Figura 1.3. Rio Capivari em seu alto curso. Pode-se observar na figura a presença de mata ciliar, feição de cobertura vegetal presente em alguns trechos do rio Capivari (Localização: Município de Louveira).



Figura 1.4. Rio Capivari em seu médio curso. Pode-se observar a presença de mata ciliar, tal como na figura 1.3, só que com mais intensidade. (Localização: Município de Louveira).



Figura 1.5. Rio Capivari em seu baixo curso. Trecho do rio dentro da área urbana do Município de Capivari que apresenta sinuosidade. (Localização: Município de Capivari).

2 - Aspectos Teóricos Sobre o Zoneamento Ambiental, Gestão Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos.

2.1 - Zoneamento Ambiental

O zoneamento ambiental constitui uma técnica caracterizada pelo ordenamento, em áreas homogêneas, de zonas que possuem um potencial de uso ambiental. O potencial das zonas é obtido através da análise ambiental dos aspectos do geossistema quando o zoneamento é efetuado considerando apenas critérios físicos e junto às informações do sistema sócio-econômico refletidas através do uso e ocupação dos solos.

Esse instrumento de ordenação territorial está íntima e indissoluvelmente ligado ao desenvolvimento da sociedade, que visa assegurar, ao longo prazo, a eqüidade de acesso aos recursos ambientais, naturais, econômicos e sócio-culturais, os quais se configuram, quando adequadamente aproveitados, em oportunidades de desenvolvimento sustentável (LANNA, 1995).

Existem inúmeras controvérsias com relação à definição do termo zoneamento ambiental, existindo várias propostas para a sua qualificação e implementação. Uma dessas propostas é a do zoneamento ecológico-econômico definido teoricamente por AB'SABER (1989), IBGE (1993), BECKER e EGLER (1997), ROSS (1998), SCHUBART (1998), assim como em nível governamental, pela Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Sustentável, através dos seguintes trabalhos teóricos (SPDS (2000), SPDS (2001a), SPDS (2001b), SPDS (2001c), SPDS (2001d), SPDS (2001e) e SPDS (2002)), pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA, 1990) e pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (SEMA, 1996). Existem também trabalhos acadêmicos que buscam a aplicação deste conceito em áreas específicas, saindo da escala regional para a local, como os trabalhos de LANNES (2000) e SILVA (2000). Esses trabalhos são apenas alguns exemplos de diferentes aplicações e desenvolvimentos metodológicos sobre o conceito de zoneamento ecológico-econômico, tendo possivelmente muitos outros trabalhos que abordam esse conceito.

Considerando apenas o termo "zoneamento ambiental", termo esse contemplado neste trabalho, podemos considerá-lo como um instrumento de ordenação espacial, com base em um conceito geográfico de divisão do espaço em

zonas ou áreas específicas. O modelo de zoneamento depende dos objetivos e da natureza dos indicadores e interações utilizadas durante a análise (IBGE 1988, *apud* CASSOL (1996). Com isso pode-se ter zoneamentos ambientais com base em aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, florestais, entre outros, ou como no caso deste trabalho: zoneamentos ambientais com base na integração das informações ambientais. A escolha desta base depende do objetivo a ser alcançado com o zoneamento.

O Decreto n.º 84.017, de 21 de setembro de 1979 que aprova o regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros, nos traz um bom exemplo dos critérios e dos objetivos para a utilização do zoneamento ambiental. O artigo 6º deste decreto, estabelece que é através de técnicas de planejamento ecológico que se deve efetuar o zoneamento de Parques Nacionais, o qual deve caracterizar cada uma das zonas e propor o seu desenvolvimento físico de acordo com suas finalidades. No artigo 7º deste decreto são definidas as seguintes zonas e suas características (descritas aqui parcialmente), que podem estar contidas dentro de um Parque Nacional: 1) Zona Intangível: é aquela onde a primitividade da natureza permanece intacta, não se tolerando quaisquer alterações humanas, representando o mais alto grau de preservação; 2) Zona Primitiva: é aquela onde tenha ocorrido pequena ou mínima intervenção humana, contendo espécies de fauna e flora ou fenômenos naturais de grande valor científico; 3) Zona de Uso Extensivo: é aquela constituída em sua maior parte por áreas naturais, podendo apresentar alguma alteração humana; 4) Zona de Uso Intensivo: é aquela constituída de áreas naturais ou alteradas pelo homem; 5) Zona Histórico-Cultural: é aquela onde são encontradas manifestações históricas, culturais ou arqueológicas, que serão preservadas, estudadas, restauradas e interpretadas pelo público, servindo à pesquisa, educação e uso científico; 6) Zona de Recuperação: é aquela que contém áreas consideravelmente alteradas pelo homem e que devem ser recuperadas; 7) Zonas de Uso Especial: é aquela que contém as áreas necessárias à administração, manutenção e serviços do Parque Nacional (DECRETO, 1979). Como é possível observar, esse Decreto estabelece especificamente os objetivos do zoneamento, ou seja, ordenar a área do Parque Nacional visando a sua conservação, com base em critérios de intensidade de alteração dos ecossistemas e do meio físico.

Vários outros trabalhos acadêmicos utilizaram o termo “zoneamento ambiental” empregando critérios e técnicas diversificadas. ROSA (1995) fez uso do

sistema de informação geográfica (SIG) como abordagem metodológica para realização de zoneamentos ambientais. CASSOL (1996) fez uso de técnicas cartográficas e variáveis ambientais otimizadas estatisticamente e aplicadas ao zoneamento. WENDEL (2000) e ROSAS (2000) utilizaram respectivamente os critérios geomorfológico e hidrológico para a realização dos zoneamentos.

Os exemplos apresentados vêm comprovar que mesmo nas ciências da natureza não existe uma metodologia única ou técnicas exclusivas a serem aplicadas ao zoneamento ambiental. Cada zoneamento será resultado de uma metodologia originada para satisfazer um objetivo pré-determinado pela equipe ou pelo pesquisador que realizará o zoneamento.

O zoneamento ambiental como instrumento prático faz parte da Política Nacional do Meio Ambiente, definido pela Lei Federal n.º 6.938 de 31 de Agosto de 1981. No capítulo dedicado aos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, artigo nº 9, inciso II, essa lei estabelece que o zoneamento ambiental é um de seus instrumentos, entre outros onze (LEI FEDERAL, 1981). Esse instrumento, embora não mencionado literalmente, pode também ser usado para o planejamento dos recursos hídricos na execução da Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, pois na Seção I, referente aos Planos de Recursos Hídricos, o artigo 7º, inciso X, estabelece propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos (LEI FEDERAL, 1997). Obviamente que o zoneamento ambiental pode ser um dos instrumentos a serem utilizados para a realização dessa proposta.

A menção ou a presença implícita do zoneamento ambiental nas leis federais citadas, o surgimento de metodologias para sua elaboração, a incorporação e o surgimento de técnicas aplicadas ao mesmo, e sua aplicação em diferentes partes do território brasileiro em diferentes escalas, ressalta sua importância nas questões referentes ao meio ambiente, constituindo-se portanto um instrumento de grande valor quando se pensa na gestão dos recursos hídricos, principalmente dentro do contexto da gestão e do planejamento ambiental em nível Institucional, Municipal, Estatal e Federal.

2.2 - Zoneamento Ambiental aplicado às Bacias Hidrográficas

Neste trabalho o instrumento de zoneamento ambiental teve como recorte espacial considerado os limites de uma bacia hidrográfica, entendida como unidade de gestão e planejamento dos recursos ambientais e especialmente, os recursos hídricos.

Na literatura que enfoca a gestão e o manejo ambiental, freqüentemente as bacias hidrográficas são consideradas como a base territorial mais adequada para o desenvolvimento dos processos de gestão ambiental (Tabela 2.1). Dentre as razões para esta escolha, podemos destacar que os processos físicos completam seu ciclo dentro da bacia, facilitando o manejo técnico-científico no sentido de recuperar os ecossistemas, controlar os efeitos dos seus usos e realizar ações preventivas de proteção. A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão é de aceitação internacional, pois esse recorte espacial constitui-se numa unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista da integração como da funcionalidade de seus elementos, mas, também, porque não há qualquer área que não se integre a uma bacia. A expressão bacia hidrográfica pode ser utilizada tanto para grandes como para pequenas áreas de terra, bastando apenas localizá-la no espaço, ajustando-lhe o nome do curso d´agua responsável pela drenagem superficial da área (PROCHNOW, 1990). Ainda nesta ótica, torna possível a visualização dos limites e compreensão dos impactos diretos causados por diferentes usos, configurando-se como um instrumento heurístico mediador dos mecanismos político-institucionais constituindo-se uma atividade de estímulo à interação (CASTRO, 1995b).

Tabela 2.1. Abordagens da gestão ambiental por bacias hidrográficas, segundo CASTRO (1995b).

M. Prochnow (1990)	Por gestão de bacia hidrográfica pode-se entender a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões ambientais nela existentes, mediante procedimentos integrados de planejamento e de administração. O uso da bacia como unidade de planejamento, permite uma abordagem sistêmica onde o tamanho da bacia escolhida pode ser ajustado às características físicas da diversidade de ocupação, dos problemas ambientais, dos aspectos socioeconômicos e institucionais, bem como dos objetivos, do tempo e do potencial humano disponível.
C. Andreoli (1992)	Uma alternativa para o estabelecimento de um sistema mais adequado de gestão ambiental e planejamento por bacias hidrográficas, respeitando os ecossistemas

	homogêneos, inserindo dentro dos planos de desenvolvimento socio-econômico-ambiental, em nível nacional ou regional integrados com planos executivos em nível de pequenas bacias. Este processo de planejamento não pode ser dissociado do seu gerenciamento baseado na integração participativa, buscando trazer para dentro do processo as discussões sobre os conflitos de uso a partir da vontade local.
E. Yassuda (1989)	O modelo de gerenciamento de bacias hidrográficas baseadas em integração participativa depende do aperfeiçoamento de três procedimentos fundamentais: 1) planejamento estratégico e programação executiva; 2) tomada de decisão mediante discussão e deliberação multilateral e descentralizada (usuários da água e classes sociopolíticas); 3) cobrança direta dos usuários das águas das bacias hidrográficas. Implica, portanto no comprometimento direto da sociedade e das empresas, criando-se a vontade política local que passa a ser o vetor preponderante do sucesso da administração pública na utilização múltipla e integrada dos recursos hídricos e na conseqüente proteção ambiental.

No entanto, a utilização do recorte espacial representado pelas bacias hidrográficas como unidade básica para a prática da gestão ambiental possui certas peculiaridades no que diz respeito aos aspectos físicos e político-institucionais, que merecem ser destacadas.

A gestão por bacias hidrográficas torna-se mais complexa em função de, numa mesma bacia, existirem áreas de drenagem de sub-bacias dispostas exclusivamente dentro de limites estaduais (ou mesmo municipais), enquanto outras extrapolam estes limites, configurando-se sub-bacias federais. Este aspecto legal compromete a autonomia de órgãos estaduais que podem ter suas competências sobrepostas por regulamentações de instâncias federais. Devido a essa questão é que surge a implantação dos comitês de bacia, sendo uma entidade organizacional integrativa entre os Municípios e os Estados que compõem a área física da bacia. Um outro aspecto, com relação às peculiaridades, diz respeito à dinâmica físico-hídrica, pois muitas vezes este recorte espacial não corresponde aos limites das unidades litológicas que controlam a dinâmica das águas subterrâneas, sendo um complicador para equacionamento dos problemas relativos à qualidade e quantidade das águas, pois existe uma indeterminação quanto a possibilidade de gerir problemas de uso do solo fora dos limites do recorte espacial.

Ainda sobre o aspecto da adoção deste recorte espacial, LANNA (1995) aponta que ao se considerar as bacias hidrográficas como unidade de gestão e

considerando o uso do solo e as estratégias dos múltiplos agentes sociais, surge a dificuldade de lidar com a complexidade caótica desses sistemas, impedindo que se possa representá-los, com rigor, através de fluxogramas, pois existe tanto uma aleatoriedade de comportamento, quanto alterações nas próprias estratégias ao longo do tempo, que podem modificar totalmente as condições pré-estabelecidas de planejamento.

Embora sejam identificadas essas dificuldades, a área de uma bacia hidrográfica mostra-se como a unidade mais adequada para a gestão e planejamento dos recursos hídricos, tendo inclusive respaldo legal. De acordo com a Lei Federal 9.433/97, Capítulo I, referente aos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, o artigo primeiro, inciso V, define a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação dessa política, assim como unidade de atuação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos (LEI FEDERAL, 1997).

2.3 - Gestão Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos

A gestão dos recursos hídricos insere-se no contexto maior das discussões em torno do que vem sendo designado como gestão ambiental (IBAMA, 1994), cujo surgimento é fruto de um processo histórico de conscientização ambiental por parte da sociedade em suas diversas esferas que a compõe, conforme apontado por NAPOLEÃO (2000) em uma revisão histórica e ROSS (1998) também em forma de marcos históricos. Essa relação está prevista na lei Federal 9.433 (Política Nacional de Recursos Hídricos) Capítulo 3, artigo 3º, inciso III, onde estabelece em suas diretrizes gerais de ação, a integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental (LEI FEDERAL, 1997).

O objetivo da gestão ambiental é articular as ações dos diferentes agentes sociais que interagem em um dado espaço, visando garantir, com base em princípios e diretrizes previamente acordados e definidos, a adequação dos meios de exploração dos recursos ambientais - naturais, econômicos, sociais e culturais - às especificidades do meio ambiente (LANNA, 1995). Ainda segundo LANNA (1995), a gestão ambiental é precedida pelo planejamento ambiental, constituindo-se como um processo organizado de obtenção de informações, reflexão sobre os problemas e potencialidades de uma região.

A gestão ambiental deve ser estabelecida pelas entidades governamentais

em nível institucional e nas esferas governamentais municipais, estaduais e federais. No caso da gestão dos recursos hídricos a prática deve ser exercida pelos comitês de bacias hidrográficas e pelas agências de água. As instituições governamentais possuem instrumentos para prática da gestão ambiental, destacando-se o manejo integrado de bacias hidrográficas, o manejo de recursos naturais em regime sustentado de produção e uso múltiplo, o manejo integrado de pragas, o gerenciamento costeiro, as reservas naturais e os estudos de impactos ambientais (BRESSAN, 1996). Incluiria também o zoneamento ambiental como um instrumento constituinte da prática da gestão ambiental e da gestão dos recursos hídricos.

A questão da gestão dos recursos hídricos, sendo parte de uma abordagem muito mais ampla concernente à gestão ambiental, vem assumindo nos últimos anos grande importância no cenário nacional, especialmente em virtude dos problemas gerados pela degradação das águas por múltiplos usos em áreas de forte concentração urbano-industrial. A água é um recurso natural, vital e condicionante para a manutenção da vida (SILVEIRA, 1993; BENETTI, 1993) e de grande importância econômica e social, sendo portanto um elemento estratégico primordial para a política governamental, no âmbito dos ecossistemas, das políticas desenvolvimentistas e dos agentes sociais.

A preocupação com os recursos hídricos assume a escala mundial, sendo alvo de debate em entidades governamentais de atuação global. Isso se reflete através de publicações de diversos relatórios e reuniões, cujo tema central é a disponibilidade e a degradação dos recursos hídricos. Como exemplo podemos citar o relatório da *World Water Assessment Programme, entitulado Water Security: A preliminary assessment of policy since Rio*, apresentado na *International Conference on Freshwater* realizado em Bonn na Alemanha em dezembro de 2001; assim como a publicação do *Centro Del Agua de Tropico Húmedo para América Latina y el Caribe* (CATHALAC) e outras organizações, entitulada: *Proceedings of the Third Inter-American Dialogue on Water Management*, realizada em 1999 no Panamá. Deve se incluir, entre outros, os seguintes documentos que expressam a preocupação das entidades governamentais em nível global: a declaração de Dublin em 1992, a declaração de Santa Cruz de La Sierra em 1994, e a declaração de Paris em 1998; todas essa declarações buscam demonstrar a preocupação dessas entidades com os problemas relativos aos Recursos Hídricos.

No Brasil, esta crescente preocupação das entidades governamentais

cristaliza-se na promulgação da Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que trata da Política Nacional dos Recursos Hídricos, a qual apresenta diretrizes para o uso racional deste recurso natural. Essa lei aponta diversas normas para o tratamento da questão da gestão das águas, destacando-se a legalização de instrumentos para esta política, tais como: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, e o sistema de informações sobre recursos hídricos (LEI FEDERAL, 1997). Esses instrumentos, aliados a outras diretrizes, servem como base para a prática de projetos de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Um dos aspectos mais positivos da Lei 9.433/97 diz respeito a um de seus fundamentos: a gestão descentralizada e a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades, de acordo com o artigo primeiro, inciso VI (LEI FEDERAL, 1997). A descentralização da gestão cristaliza-se através da hierarquia criada para o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Esse sistema é integrado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, pelos Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, pelos Comitês de Bacia Hidrográficas, pelos órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais, cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos e pelas Agências de Água. Segundo a citada Lei, todos esses órgãos devem contar com a gestão participativa entre o Poder Público, os usuários e os representantes das organizações civis; esse aspecto não é mencionado para os órgãos cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos.

Um outro aspecto positivo, porém polêmico, refere-se à cobrança pelo uso da água. A Seção IV, da Lei 97.433/97, trata exclusivamente da cobrança do uso especificando que a mesma deve incentivar a racionalização do recurso, visto que a cobrança incide em termos quantitativos e qualitativos, ou seja, a quantidade que é captada e a qualidade em que essa água retorna ao local de origem da captação. Segundo o artigo 22, os valores arrecadados devem ser prioritariamente revertidos para bacia hidrográfica em que foram gerados, e devem ser alocados para o financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídas nos Planos de Recursos Hídricos; do mesmo modo deve cobrir as despesas administrativas, não excedendo esse valor a 7,5% do total arrecadado. A cobrança pelo uso de recursos

hídricos constitui-se um excelente instrumento de financiamento para a gestão e o planejamento dos recursos hídricos; no entanto a grande polêmica com relação a isso diz respeito ao estabelecimento do valor a ser pago por unidade de água a ser consumida ou descartada. As entidades empresariais e agrícolas (os maiores consumidores deste recurso) temem que esse valor onere ainda mais as receitas de suas atividades em um contexto de alta carga tributária e de recessão econômica.

O outro fato a ser destacado com relação à gestão dos recursos hídricos no Brasil, trata da implantação da Agência Nacional de Águas (ANA). A implantação desta agência coloca em evidência a preocupação das entidades governamentais federais com a questão dos recursos hídricos no Brasil, na medida que esta agência regulamenta a lei Nacional 9.433/97. Segundo o governo Federal, a ANA terá a competência de adotar medidas necessárias para o atendimento do interesse público e para o desenvolvimento do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, atuando com independência, imparcialidade, legalidade, impessoalidade e publicidade, e especialmente: regular, fiscalizar, controlar e atualizar as ações e as atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos.

Deste modo, a gestão dos recursos hídricos no Brasil, vem atender à necessidade de resolução dos problemas relacionados ao tratamento da questão do uso e do equacionamento das demandas dos diversos agentes sociais. LANNA (1993, p. 727) identificou que:

> *"A gestão de recursos hídricos é uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos".*

A conscientização da escassez frente às demandas de múltiplos usuários pelos recursos hídricos vem sendo apontada como questão fundamental para o gerenciamento de conflitos entre diversos agentes sociais, como apontam BARTH, (1987, p.12):

> *"em recursos hídricos, o planejamento pode ser definido como conjunto de procedimentos organizados que visam ao atendimento das demandas de água, considerada a disponibilidade restrita deste recurso";* e concluem*: "a gestão de recursos hídricos, em sentido lato, é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos".*

Assim, o processo de gestão possui um fim em si, que é proporcionar a utilização racional deste bem natural de fundamental importância para a sociedade, como também identificaram BARTH (1987, p.12): "o planejamento dos recursos visa à avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades desses recursos e sua alocação entre usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios econômicos e sociais".

A presença desses problemas na atualidade, reforça a necessidade da atuação constante de uma política para os recursos hídricos. Na área de estudo, o reflexo da atuação desta política se dá pela implementação e atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Piracicaba, Capivari e Jundiaí – CBH-PCJ.

A implantação de um projeto de planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia do rio Capivari, através do Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba, Capivari e Jundiaí – CBH-PCJ, está de acordo com o novo sistema de gestão dos recursos hídricos nacionais.

Segundo ROSS (1998) o CBH-PCJ, fundado em 18 de novembro de 1993 (primeiro comitê fundado em São Paulo) teve seu embrião baseado na experiência acumulada pelas atividades do Consórcio Intermunicipal da Bacia do Piracicaba-Capivari. Esse Consórcio foi fundado em 13 de outubro de 1989 e tinha o objetivo de reunir prefeituras para a recuperação das bacias hidrográficas dos rios Capivari e Piracicaba (anos depois foi incorporada a bacia do rio Jundiaí).

O CBH-CPJ está organizado de acordo com o modelo sistêmico de integração participativa que, segundo LANNA (1995) é considerado como um dos mais modernos no que se refere à gestão dos recursos hídricos, se caracterizando pela criação de uma estrutura sistêmica e pela adoção de três instrumentos principais:

- o planejamento estratégico multissetorial por bacias hidrográficas;

- a tomada de decisão através de deliberações multilaterais e descentralizadas, baseadas na constituição de um comitê de bacias hidrográficas com a participação de todos os atores sociais atuantes na bacia;
- o estabelecimento de instrumentos legais e financeiros necessários para a implementação de planos e programas de investimentos.

Este modelo de gestão integral e participativa ressalta a importância das ações em escala local para a obtenção da melhoria das condições dos recursos hídricos e equacionamento dos conflitos existentes em diferentes escalas, conforme é estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos.

Têm-se como atividades recentes do CBH-PCJ, a publicação do relatório zero que contêm um diagnóstico das condições físicas, sociais e econômicas da área de abrangência do comitê (CBH-PCJ, 1999); o plano de bacias para o período de 2000 a 2003; a questão da implantação da termoelétrica CARIOBA II e as deliberações periódicas envolvendo assuntos diversos, como aprovação de RIMA (Relatório de Impacto Ambiental), regulação de áreas de proteção ambiental, execução de obras em estações de tratamento de esgoto, proposta de revisão da lei de mananciais, entre outras.

3 - MÉTODO

O trabalho proposto adotou como método de investigação da realidade a abordagem sistêmica, tendo como base os geossistemas, o sistema sócio-econômico e a organização espacial do recorte selecionado que se refletem através da transformação das características ambientais da paisagem.

Será considerado o interrelacionamento entre os objetos ou elementos do geossistema que compõem a paisagem, e o relacionamento destes com os objetos ou elementos do sistema sócio-econômico.

3.1 - Sobre o Método Sistêmico

Um sistema é constituído por um conjunto estruturado de objetos que mantêm relações integrativas entre si, que possui variabilidade e intensidade, e que no estudo do meio ambiente aplica-se na concepção de unidades complexas, como um todo de natureza integrada representando entidades interativas de lugares e regiões (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Essa concepção de entender a realidade de forma integrada já era buscada desde a Antigüidade, como afirma GLACKEN (1967) *apud* CHRISTOFOLETTI (1995) ao descrever que a antiga civilização grega elaborou vários conceitos para explicar a sua visão, considerando as relações consistentes e explicativas entre clima e sociedade, ou entre solos e personalidades. O caráter integrativo também já era buscado pelo geógrafo alemão Alexander Von Humbold, que procurava sempre entender as conexões, por mais complexas que pudessem ser, para alcançar leis e as totalidades que explicam a Terra e o Universo conforme abarcava a sua clássica obra "COSMOS" (TROPPMAIR, 2000; CHRISTOFOLETTI, 1995).

Segundo CHRISTOFOLETTI (1995), a palavra "Sistema" representa o conjunto de elementos e de interações entre elementos e possui uso antigo e difuso no conhecimento científico, mas a sua conceituação e análise rigorosa surgiu explicitamente na Biologia Teorética e, posteriormente, foi absorvida e adaptada para outras disciplinas, como os sistemas dinâmicos, desenvolvidos na Física e na Química. Foi Ludwing Von Bertalanffy, na década de 30 do século passado, o autor da primeira formulação de um arcabouço teórico sistêmico, mas Alexander Bogdanov, 20 a 30 anos antes já publicara os primeiros artigos sobre sistemas

(CAPRA, 1996 *apud* TROPPMAIR, 2000).

Segundo TROPPMAIR (2000), a visão sistêmica que foi absorvida em todas as ciências, tem em comum uma série de critérios:

> *"a) O primeiro e mais geral afirma: "... é a visão de mudança das partes para o TODO ... as propriedades essenciais ou sistêmicas são propriedades do TODO que nenhuma das partes possui. Elas surgem das relações de Organização".*
> *b) Um segundo critério chave é: "A capacidade de descolar a própria atenção de um lado para outro entre diferentes níveis sistêmicos ... portanto, diferentes níveis sistêmicos representam níveis de diferentes complexidades".*
> *c) Um terceiro critério afirma: "... as propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendidas dentro de um contexto do TODO MAIOR ...aquilo que denominamos parte é um padrão numa teia inseparável de relações"* (CAPRA, 1996, 46) *apud* TROPPMAIR (2000).

Segundo CHRISTOFOLETTI (1999), foi Chorley que introduziu o conceito de sistema na Geografia Física em 1962, e vários aspectos deste foram considerados por STRAHLER (1980)*, HUGGET (1985)* e SCHEIDEGGER (1991)*[*].

CHORLEY e KENNEDY (1971) *apud* CHRISTOFOLETTI (1999) salientaram o aspecto conectivo do conjunto formando uma unidade, escrevendo que:

> *"um sistema é um conjunto estruturado de objetos e/ou atributos. Esses objetos e atributos consistem de componentes ou variáveis (isto é, fenômenos que são passíveis de assumir magnitudes variáveis) que exibem relações discerníveis um com os outros e operam conjuntamente com um todo complexo, de acordo com um determinado padrão".*

Derivando o conceito de sistemas para o entendimento das paisagens, foi Sotchava que, em 1960, criou o termo "Geossistema - Sistema Geográfico ou Complexo Natural Territorial" (BEROUTCHACHVILI e BETRAND, 1978 *apud*

[*] *apud* CHRISTOFOLETTI (1999).

TROPPMAIR *op. cit.*).

3.2 - Sobre os Geossistemas

Têm-se como geossistema um conjunto de objetos com os seus respectivos atributos que variam segundo as condições naturais do seu meio. Neste trabalho, serão considerados como objetos constituintes do geossistema: o elemento climático pluviosidade, o substrato geológico, a geomorfologia, os solos e a cobertura vegetal.

Tem-se a idéia de que a visão estática entre esses objetos naturais constitui a paisagem natural; a dinâmica ou o relacionamento entre esses objetos e seus atributos é que permite a abordagem sistêmica com a representação da realidade em forma de modelo de fluxos de entrada e saída de energia e matéria.

O método de abordagem proposto considerando os geossistemas e o sistema sócio-econômico e a organização espacial das sociedades foi trabalhado por inúmeros autores, tendo como destaque os trabalhos de SOTCHAVA (1971;1978); BERTRAND (1972;1978); CHRISTOFOLLETI (1979;1986-1987;1990;1999 e TROPPMAIR (1983;2000).

Segundo CHRISTOFOLLETI (1999) e TROPPMAIR (2000), Sotchava foi o primeiro pesquisador a inserir o conceito de geossistema na literatura geográfica. Sotchava buscava uma metodologia para a interpretação da paisagem de seu país, ex-União Soviética, que apresentava diversidade muito elevada de sistemas ambientais, numa situação semelhante a do Brasil. Para isso usou o termo geossistema para caracterizar extensas áreas onde os componentes ambientais possuíssem uma semelhança que permitisse uma generalização para a classificação em uma unidade. Essa visão segue o método daquela considerada como Geografia Tradicional, inserida na literatura soviética, a qual buscava estudar os complexos geográficos naturais daquele país (CHRISTOFOLLETI, 1999). Segundo TROPPMAIR (2000), devido a gênese deste conceito estar ligada a um espaço geográfico de grandes dimensões territoriais, o termo geossistema criado por Sotchava refere-se a delimitação de áreas ambientais homogêneas na escala de centenas e mesmo milhares de quilômetros quadrados. Exemplificando este conceito para uma realidade brasileira, podemos entender como geossistemas as Planícies Costeiras (do sul, do sudeste, do nordeste, e do norte), assim como o Planalto Central, o Meridional, as Depressões existentes nessas unidades

ambientais que englobem a escala considerada. Sotchava considerou que dentro das unidades geossistêmicas existiriam outros níveis hierárquicos de abordagem que poderiam ser delimitados. TROPPMAIR (2000) considera que Sotchava estabeleceu um nível de abordagem denominado geofácies, para a delimitação de áreas de centenas de quilômetros quadrados, e essas englobariam geomorfologicamente superfícies aplainadas, o conjunto de encostas e vales fluviais. Existiria também um outro nível de abordagem mais detalhada, denominado como geotopo e esse englobaria unidades na escala de dezenas de quilômetros quadrados (TROPPMAIR, 2000).

Segundo CHRISTOFOLETTI (1999), para Sotchava, a noção de geossistema reporta ao relacionamento entre o sistema natural e a sociedade, pois embora os geossistemas sejam representados através de componentes naturais, as práticas sociais influenciam em sua dinâmica condicionando certas particularidades especiais e que portanto devem ser levadas em consideração durante o processo de análise. Para Sotchava, os geossistemas são sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados, com estágios de evolução temporal, numa dinâmica cada vez mais influenciada pela intervenção do homem no ambiente. Conforme CHRISTOFOLETTI (1999), Sotchava considera como elemento básico para classificação o espaço e tudo que nele está contido em integração funcional através das escalas geográficas e topológica (entende-se como local), regional e planetária e que estariam no mesmo nível de escala, em ordem decrescente das categorias que distinguem um geossistema, dos geócoros, geômeros e geótopos.

O outro pesquisador que considerou os geossistemas em sua abordagem foi Bertrand. Esse autor utilizou essa abordagem para buscar entender os sistemas ambientais franceses. Segundo CHRISTOFOLETTI (1999), Bertrand define geossistema como "*situado em uma determinada porção do espaço, sendo resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução*". Ainda segundo CHRISTOFOLETTI (1999), Bertrand propôs um sistema taxonômico de hierarquização da paisagem constituído por seis níveis que levam em consideração o tempo e o espaço em ordem decrescente. Nas chamadas unidades superiores encontramos a zona, o domínio e a região correspondentes às grandezas de I a IV de Tricart (1965) *apud* CHRISTOFOLETTI (1999), onde os elementos climáticos e estruturais são mais relevantes. As

grandezas de IV a VIII da classificação de Tricart correspondem às “unidades inferiores”, onde estão o geossistema, o geofácies e o geótopo, caracterizados pelos elementos biogeográficos e antrópicos.

Para Bertrand, o geossistema consiste do resultado de uma combinação de um potencial ecológico (geologia, geomorfologia, clima, cobertura vegetal), uma exploração biológica (vegetação, solo, fauna) e ação antrópica, não apresentando, necessariamente, homogeneidade fisionômica, e sim um complexo essencial dinâmico. Essa unidade abrange escala de alguns quilômetros quadrados a centenas de quilômetros, podendo ser decompostas em unidades menores fisionomicamente homogêneas, representados pelos geofácies e geótopos. O geofácies, correspondendo a um setor fisionomicamente homogêneo que se sucede no tempo e no espaço no interior de um geossistema, possui também potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica. Os geótopos correspondem ao último nível da escala têmporo-espacial de Bertrand, apresentando, geralmente, condições diferentes dos geossistemas e do geofácies que se encontram. Constitui a menor unidade homogênea diretamente visualizada no terreno (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Existe uma diferença de escala entre a abordagem de Sotchava e Bertrand para a conceituação de geossistema e de sua hierarquização. Enquanto Sotchava admite um geossistema em escala de centenas e milhares de quilômetros quadrados, Bertrand admite que o mesmo pode ser aplicado em uma escala que varia de dezenas até centenas de quilômetros quadrados. Quanto ao problema que se refere ao conceito de geossistema, TROPPMAIR (2000) afirma que Bertrand ao conceituar este termo levou em consideração a realidade territorial francesa, mas que ao usar escalas geográficas de pouco detalhe este conceito não encontra amparo na Geografia russa e alemã, e segundo o autor vai contra a própria definição de Geografia se a definimos como “*a ciência que estuda as estruturas, as interrelações e a dinâmica do espaço*” (BERRY, 1969 *apud* TROPPMAIR, 2000); para TROPPMAIR o conceito de espaço e território só podem ser referidos a áreas de grandes extensões territoriais.

O problema da terminologia para o emprego do conceito de geossistema advêm, segundo TROPPMAIR (2000), do fato de que ao criar o termo “Geossistema”, Sotchava o deixou bastante vago e flexível e por esse motivo vários geógrafos o aplicaram com conteúdo, metodologia, escala e enfoque diferentes, tal

como: CHORLEY & KENNEDY, 1971*; BEROUTCHACHVILI & BERTRAND, 1978*; BERTRAND, 1978*; CHRISTOFOLLETI, 1979*, 1999*; PREORATZENSKY 1983*; REOUGERI & BEROUTCHACHVILI, 1976*[*]).

Em uma outra abordagem, MONTEIRO (1978) considera que o geossistema constitui um "*sistema singular, complexo, onde interagem os elementos humanos, físicos, químicos e biológicos, e onde os elementos sócio-econômicos não constituem um sistema antagônico e oponente, mas sim estão incluídos no funcionamento do sistema*". Segundo CHRISTOFOLETTI (1999), nesta proposta surge a possibilidade de confundi-la com a abrangência da organização espacial, e conclui que nos geossistemas, "*os produtos do sistema sócio-econômico entram como inputs e interferem nos processos e fluxos de matéria e energia, repercutindo inclusive nas respostas da estruturação espacial geossistêmica*". Essa conclusão é amplamente aceita neste trabalho, pois admite-se aqui a hipótese de que foi a partir da intervenção humana sobre os geossistemas (*inputs*) e que os mesmos geraram respostas (*outputs*) indesejáveis no espaço geográfico.

CHRISTOFOLETTI (1999) tendo como base conceitos desenvolvidos a partir de SOTCHAVA(1971) e BERTRAND(1972) esquematizou o método sistêmico para a investigação do meio ambiente da seguinte forma:

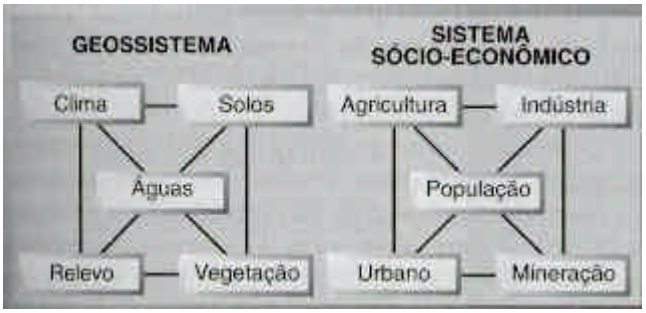


Figura 3.1. Os geossistemas e o sistema sócio-econômico, segundo CHRISTOFOLETTI (1999).

Neste esquema existe uma separação clara entre o geossistema e o sistema sócio-econômico e que como já exposto, interagem na forma de *inputs* e *outputs*.

A conclusão de TROPPMAIR (2000), com relação aos geossistemas, vai de encontro com a questão entre a interação entre os geossistemas e o sistema sócio-econômico quando afirma que:

[*] apud TROPPMAIR (2000).

> "*pela ação antrópica poderão ocorrer pequenas alterações nos sistemas, afetando algumas de suas características, porém estes serão perceptíveis apenas em micro-escala e nunca com tal intensidade que o Geossistema seja totalmente transformado, descaracterizado ou condenado a desaparecer*".

Salvo algumas questões epistemológicas, o que se deve ressaltar é o entendimento da realidade de forma sistêmica, onde existe a compartimentação da realidade, que pode ser estudada isoladamente, e ao mesmo tempo estabelece relações entre as partes que representam a integração do todo, sendo este um nível superior. Assim, através dessa abordagem, é possível utilizar o arcabouço teórico produzido para cada segmento da realidade e integrá-los através da síntese teoricamente obtida através da interdisciplinaridade.

A abordagem sistêmica constitui o método deste trabalho, pois os componentes ambientais serão considerados e analisados como parte do meio que compõe a área de estudo, sendo suas características particulares mas que possuem um vínculo com os fenômenos característicos deste meio. Ainda assim deve-se ressaltar, a inclusão do sistema sócio-econômico e a organização espacial como um conjunto de objetos e ações que provocam sensíveis alterações na dinâmica natural dos geossistemas e que neste trabalho está refletida através do uso e ocupação do solo.

3.3 - Sobre o Sistema Sócio-Econômico e a Organização Espacial

O sistema sócio-econômico e a organização espacial serão considerados como um conjunto de objetos e ações com seus respectivos atributos, que mantêm relação entre si e que possuem cada qual um grau de relacionamento entre os objetos do geossistema.

A organização espacial e o sistema sócio-econômico dão-se pelo grau de intervenção e transformação evoluído historicamente da relação entre o homem e a natureza. SANTOS (1996) procura enquadrar historicamente essa evolução em diferentes períodos que representariam a forma deste relacionamento, dividindo a história em períodos técnico-científico e informacional.

A noção de totalidade na relação entre o homem e a natureza expressa

através da supremacia da unicidade técnica advinda com o processo histórico de globalização (SANTOS, 1994), manifesta-se no lugar através de um processo de filtragem ao se considerar as escalas de representação geográfica (CASTRO, 1995b). Portanto, cada ação do conjunto dos objetos do sistema sócio-econômico e da organização espacial origina-se de um impulso totalizante que é filtrado segundo as especificidades da escala geográfica nacional, regional e local.

4 – MATERIAIS, TÉCNICAS E FONTES DE PESQUISAS

4.1- Materiais

4.1.1 - Cartográficos

4.1.1.1 - Mapas do IBGE

Fez-se uso de cartas topográficas na escala de 1:50.000 que abrangem parcialmente à área de estudo, elaboradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram utilizadas as seguintes cartas:

Tabela 4.1. Cartas do IBGE (escala 1:50.000) utilizadas no trabalho.

ÍNDICE	FOLHA
SF-23-Y-A-V-4	CAMPINAS
SF-23-Y-C-II-2	INDAIATUBA
SF-23-Y-A-V-3	AMERICANA
SF-23-Y-C-II-1	SALTO
SF-23-Y-A	CAPIVARI
SF-23-Y-C-I-2	PORTO FELIZ
SF-23-M-III-3	IBITIRUNA

4.1.1.2 - Mapas Temáticos

Fez-se uso dos seguintes mapeamentos temáticos para a elaboração do trabalho:

_ Mapa Geológico do Estado de São Paulo publicado pelo IPT em 1981 na escala 1 : 500.000.

_ Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo publicado pelo IPT em 1981 na escala 1:1.000.000.

_ Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, elaborado pelo IAC e EMBRAPA (1999).

_ Carta de Utilização das Terras do Estado de São Paulo, IGC, escala 1:250.000 folha de Campinas (1980).

_ Levantamento de Cobertura Vegetal Natural do Estado de São Paulo – tabelas de quantificação por município – Projeto Olho Verde – DEPRN/SMA, 1988/1989.

4.1.2 - Sensoriamento Remoto

Fez-se uso de imagens digitais disponibilizadas pela Embrapa Monitoramento por Satélite que representam a área de estudo.

Segundo a EMBRAPA, essas imagens revelam de forma fiel a situação vigente das diversas modalidades de uso e ocupação do solo da área imageada. Esses mosaicos de imagens são materiais de extrema utilidade para trabalhos de planejamento ambiental, monitoramento e gestão territorial. Ainda segundo a EMBRAPA, os mosaicos foram produzidos em cooperação com empresas que atuam no mercado de observação da terra, utilizando as mais avançadas tecnologias para o processamento digital de imagens, o que lhe dá características particulares, como a seleção criteriosa das cenas empregadas, georreferenciamento com precisão cartográfica e a perfeita combinação dos processos de equalização de histograma, balanço de cores, ajuste geométrico e recorte. Segue a seguir a descrição técnica dos mosaicos elaborados.

4.1.2.1 - Parâmetros Técnicos das Imagens

Segundo a Embrapa as imagens possuem os seguintes parâmetros técnicos:

- Fontes dos dados: *imagens de satélite Landsat 7/ETM+*;
- Órbita/Ponto: 219/076 e 220/076;
- Data: Para Órbita/Ponto 219/076: 03/05/2001 e para Órbita/Ponto 220/076: 23/03/2001;

- Composição: *combinação das bandas espectrais 5,4,3/RGB em composição colorida falsa cor;*
- Projeção/Datum: *Projeção Geográfica (Lat/Long);*
- Elipsóide: *South America 1969;*
- Datum: *SAD69;*
- Principais Processamentos: *ajuste geométrico, equalização radiométrica, balanço de cores, mosaicagem, recorte e reprojeção;*
- Tipo: *matricial (raster) 8 bits, 1 byte por píxel;*
- Resolução: variável em função do tamanho do Estado. *Geralmente a resolução é de 60 m (estados da Amazônia Legal) e 30 m (demais estados).*
- Sazonalidade das imagens: *foram utilizadas preferencialmente datas do período seco;*
- Cobertura de Nuvens: *preferencialmente com cobertura de nuvens máxima de 10%. Na inexistência de imagens que atendam a esse critério, foi utilizada a imagem com menor cobertura disponível;*
- Precisão Geométrica: *erro circular horizontal de 1,5 pixel (60, 90 m);*
- Georeferenciamento: *a partir de pontos cartográficos obtidos na cartografia 1:100.000 ou maior escala disponível na região;*
- Reamostragem: *convolução cúbica;*
- Modelização Polinomial: *modelo polinomial de 1º grau;*
- Perímetro Estadual: *Base oficial do IBGE na escala 1:250.000 e detalhadas ao longo das feições geográficas naturais, como rios e represas;*

4.1.3 - Material de Apoio Computacional

- S*oftware* AutoCAD Map R2, para a digitalização e adequação das informações ambientais. Fabricante : AUTODESC, INC.

- S*oftware* IDRISI32 para a integração das informações ambientais e geração dos mapas de integração e de zoneamento, assim como para interpolação altimétrica e elaboração de informações referentes à declividade. Fabricante: CLARK LABS.

- S*oftware* SURFER versão 6.01 para a interpolação dos dados referentes à pluviosidade. Fabricante: GOLDEN SOFTWARE, INC.

- S*oftware* COREL DRAW versão 9.0, para edição dos mapas. Fabricante: COREL CORPORATION.

- S*oftware* WORD e EXCEL 2000 para edição de textos, gráficos e tabelas. Fabricante: MICROSOFT CORPORATION.

4.2 - Técnicas

4.2.1 - Álgebra de Mapas

A técnica de álgebra de mapas em Sistema de Informações Geográficas (SIGs), foi utilizada para a elaboração dos mapas de “vulnerabilidade aos processos erosivos”, “potencial de retenção hídrica” e para o mapa de “zoneamento ambiental”.

Para os mapas de vulnerabilidade aos processos erosivos e potencial de retenção hídrica fez-se uso como operador de funções de manipulação “soma”.

Para a elaboração do mapa de zoneamento ambiental, foram utilizados os operadores lógicos de conjunto: “E”, “OU” e “NÃO” (em inglês: “AND”, “OR” ou “NOT”).

Não se exclui o uso de outros operadores de manipulação para a obtenção dos objetivos desse trabalho.

Aspectos teóricos com relação ao conceito e descrição da técnica de álgebra de mapas, entre outras, em Sistema de Informações Geográficas (SIGs) podem ser consultados em: ANSELIN (1999); ARANOFF (1995); BAILEY *et al.* (1996); BURROUGH *et al.* (1998); HEARNSHAW *et al.* (1994); JONES (1997); LAURINI *et al.* (1992); e XAVIER (1993;2001).

4.2.2 - Cartografia Temática

Técnicas de cartografia temática foram utilizadas para a representação das informações tanto para os mapas referentes a cada componente ambiental como para os mapas de integração das informações ambientais e para o mapa de zoneamento.

Os mapas de levantamentos ambientais, compartimentos ambientais e de zoneamento possuem informações do tipo seletiva, logo, optou-se pelo emprego de cores variadas para a representação das mesmas

Para a representação dos mapas de vulnerabilidade aos processos erosivos e de potencial de retenção hídrica, que contêm informações ordenadas, optou-se pela variação do tom de cores que indicassem a intensidade dos fenômenos analisados. Essa idéia foi expressa através do uso de tons relativos a uma matriz de uma determinada cor. Foi usado o tom claro para representar a baixa intensidade dos fenômenos, um tom intermediário para representar a intensidade média e um tom forte para representar a alta intensidade dos fenômenos. As matrizes de cores utilizadas foram a cor vermelha para representar a vulnerabilidade aos processos erosivos e a amarela para representar o potencial de retenção hídrica dos solos.

4.2.3 – Adequação da Base Cartográfica às Imagens de Satélite

A adequação da base cartográfica às imagens de satélite foi efetuada com o auxílio do software AUTOCAD MAP R2 através do comando “*rubber sheet*”.

Foram selecionados pontos base na imagem e pontos de referência na base cartográfica efetuando-se a adequação. As imagens de satélite já estavam georreferenciadas.

4.2.4 - Interpolação

A técnica de interpolação é bastante utilizada nas ciências ambientais para a obtenção de dados que se apresentam de forma contínua no espaço, como é o caso de dados referentes à altitude, textura dos solos, teor de minerais, dados de pluviosidade, entre outros. Essa técnica é utilizada em estudos geoestatísticos.

Neste trabalho a técnica de interpolação foi utilizada para a obtenção das informações referentes a pluviosidade e para a obtenção de modelos digitais do terreno com base em dados contidos em curvas de nível (dados altimétricos).

Para a interpolação da informação pluviométrica utilizou-se do *software* SURFER versão 6.01 para a aplicação do algoritmo "curvatura mínima" sobre os dados das estações pluviométricas. O algoritmo "curvatura mínima" é descrito tecnicamente no manual de ajuda do *software*.

Para a obtenção dos modelos digitais do terreno foi necessário à utilização do interpolador "TIN" presente no *software* IDRISI32. O algoritmo desse interpolador também se encontra disponível no manual de ajuda do *software* IDRISI32.

Aspectos teóricos com relação às definições de conceitos e descrições de técnicas que envolvem a geoestatística podem ser consultadas em: LANDIM (1988), BRAGA (1990), HOULDING (2000), entre outros.

4.2.5 - Interpretação de Imagens de Satélite

O uso de técnicas de interpretação de imagens de satélite foi necessário para a obtenção das feições referentes ao uso da terra e cobertura vegetal, assim como para delimitação dos compartimentos geomorfológicos.

A obtenção das feições de uso e de cobertura vegetal e dos compartimentos geomorfológicos foi efetuada com o auxílio do *software* AUTOCAD MAP R2. Neste *software* é possível a utilização do recurso de ampliação da imagem ("zoom") para melhor identificação de extensão, limite e tipologia das feições e compartimentos. As feições de uso e cobertura vegetal e os compartimentos geomorfológicos foram delimitados em forma de polígonos.

4.3 - Fontes de Pesquisa

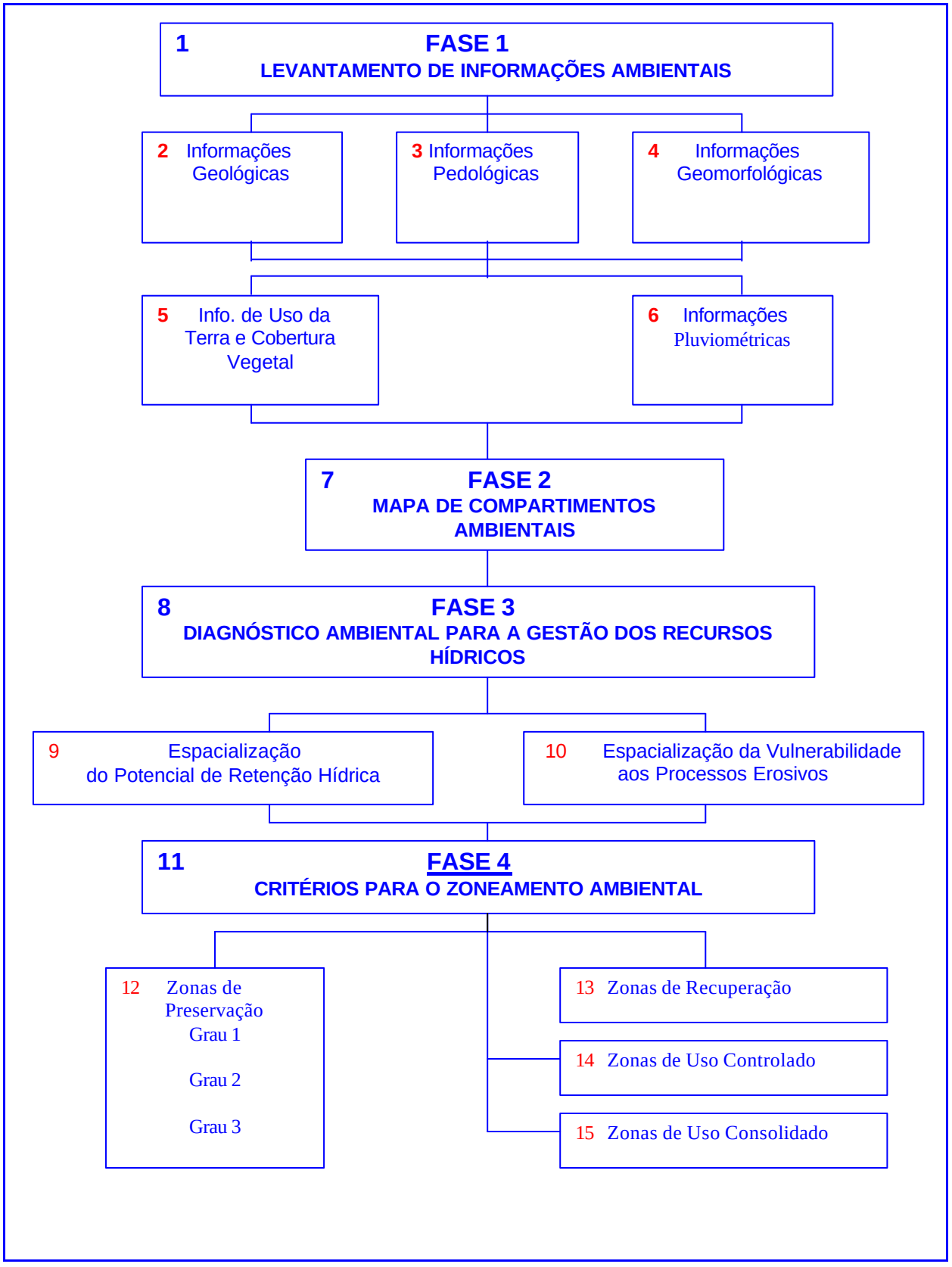
Para a elaboração do trabalho foram consultadas fontes de pesquisas dos seguintes institutos:

_ Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)
_ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
_ Instituto Agronômico de Campinas
_ Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE)
_ Ministério da Agricultura
_ Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo
_ Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (CBH-PCJ)
_ Universidade Estadual Paulista – Unesp – Rio Claro
_ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
_ Universidade de São Paulo – USP

5 - METODOLOGIA

A metodologia de trabalho está dividida em quatro fases: a fase de levantamento de informações ambientais, integração das informações, diagnóstico para a gestão dos recursos hídricos e de zoneamento ambiental com base na integração das informações ambientais. O Gráfico 5.1 demonstra as diferentes fases da pesquisa.

Gráfico 5.1. Metodologia de pesquisa.



5.1 - Fase 1 (Levantamento de Informações Ambientais)

1) Levantamento de informações ambientais

Na primeira fase foi efetuado um levantamento de informações e dados ambientais disponíveis para a região de estudo. A partir deste levantamento foi possível adquirir as informações referentes ao substrato geológico e pedológico e informações geomorfológicas e as de uso e cobertura vegetal.

2) Informações Geológicas

As informações geológicas e a carta de unidades geológicas foram obtidas através do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, publicado pelo IPT em 1981 na escala 1:500.000.

3) Informações Geomorfológicas

As informações geomorfológicas foram obtidas com base em imagens obtidas através do satélite Landsat TM7 e com auxílio das cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000.

4) Informações Pedológicas

As informações pedológicas foram obtidas através do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, elaborado pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC-SP) e EMBRAPA.

5) Informações de Uso e Cobertura Vegetal

As informações sobre o uso da terra e de cobertura vegetal foram obtidas com base nas imagens Landsat TM7, tendo como referência as seguintes publicações: a Carta de Utilização das Terras do Estado de São Paulo, IGC, escala 1:250.000 folha de Campinas (1980) e o Levantamento de Cobertura Vegetal

Natural do Estado de São Paulo – tabelas de quantificação por município (Projeto Olho Verde) DEPRN/SMA, 1988/1989.

6) Informações Pluviométricas

As informações do elemento climático pluviosidade foram obtidas através dos dados de 20 estações meteorológicas da rede DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo), distribuídas pela área da bacia e de seu entorno.

5.2 - Fase 2 (Mapa de Compartimentos Ambientais)

7) Mapa de Compartimentos Ambientais

A partir do levantamento das informações ambientais foi elaborado um mapa síntese, na escala de mapeamento 1:500.000, correspondente aos compartimentos ambientais, em que constam todas as informações ambientais relevantes e que serviram de base para o cumprimento dos objetivos da pesquisa.

5.3 - Fase 3 (Diagnóstico ambiental para a gestão dos recursos hídricos)

8) Espacialização da vulnerabilidade aos processos erosivos

A partir da definição de critérios para a integração dos dados foi efetuada a espacialização da informação referente a vulnerabilidade dos processos erosivos na escala de mapeamento 1:500.000, de acordo com as informações ambientais disponíveis.

9) Espacialização do potencial de retenção hídrica

Assim como para a espacialização da vulnerabilidade aos processos erosivos, a partir da definição dos critérios para a integração dos dados foi efetuada a espacialização da informação referente ao potencial de retenção hídrica, na escala de mapeamento 1:500.000, da bacia hidrográfica do rio Capivari de acordo com as

informações ambientais disponíveis.

5.4 - Fase 4 (Zoneamento ambiental)

11) Critérios Para o Zoneamento Ambiental

Com base no levantamento e integração das informações ambientais foi elaborado o zoneamento ambiental, em escala de mapeamento 1:500.000, tendo como base as informações referentes aos aspectos físicos relevantes para a identificação de zonas que possuem importância ao processo de gestão dos recursos hídricos na região.

A partir dos critérios elaborados para o zoneamento, foi possível a determinação das seguintes zonas:

12) Zonas de Preservação

Zonas destinadas à preservação das condições ambientais, estão definidas em três graus de relevância: graus 1, 2 e 3.

13) Zona de Recuperação

Zona destinada à recuperação das condições ambientais para que exista uma melhor resposta com relação à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos.

14) Zona de Uso Controlado

Zona destinada ao uso produtivo com a aplicação ou manutenção de técnicas de conservação do solo.

15) Zona de Uso Consolidado

Zona destinada à manutenção do uso, expansão agrícola ou urbana.

6 – LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES AMBIENTAIS

6.1 - Informações Geológicas

As informações geológicas foram obtidas do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, publicado pelo IPT em 1981, na escala 1 : 500.000.

A bacia hidrográfica do rio Capivari está localizada na borda centro-leste da Bacia Sedimentar do Paraná, sendo formada por grande variedade de litologias, que podem ser agrupadas em quatro grandes domínios geológicos: as rochas metamórficas (essencialmente metassedimentares) e as rochas graníticas, ambas pertencentes ao embasamento cristalino e localizadas na área à leste da bacia hidrográfica; as rochas sedimentares paleozóicas, litologias essas mais expressivas em termos de área e localizadas no centro e a oeste da bacia hidrográfica; os corpos intrusivos básicos distribuídos espacialmente ao centro e a oeste da bacia; e as coberturas sedimentares Cenozóicas, localizadas ao centro e a leste da bacia hidrográfica.

São encontradas as seguintes unidades geológicas na bacia hidrográfica do rio Capivari:

_ **Gnaisses**

Esses gnaisses fazem parte do Complexo Amparo de idade pré-cambriana e são representados por biotita gnaisses, gnaisses migmatizados e migmatitos com estruturas diversas.

_ **Suítes Graníticas Pós-Tectônicas – Fácies Itú**

Formação pertencente a era Paleozóica e ao Grupo Tubarão. É constituída pela presença de corpos graníticos e granodioríticos alóctones, isótropos, granulação fina e grossa.

_ **Formação Itararé**

Formação pertencente a era Paleozóico e ao Grupo Tubarão. É constituído por arenitos de granulação variada e arcósios, conglomerados, diamictitos, tilitos, siltítos, folhelhos ritmitos e raras camadas de carvão.

_ **Formação Iratí**

Formação pertencente a era Paleozóica e ao Grupo Passa Dois. É constituída por siltos, argilitos e folhelhos sílticos, folhelhos pirobetuminosos, localmente em alternância rítmica com calcários, silicificados e restritos níveis conglomeráticos.

_ **Formação Corumbataí**

Formação pertencente a era Paleozóica e ao Grupo Passa Dois. É constituída por argilitos, folhelhos e siltítos com intercalações de bancos carbonáticos, silexíticos e camadas de arenitos finos.

_ **Intrusivas Básicas Tabulares**

Pertencente a era Mesozóica e ao Grupo São Bento. É constituído por soleiras diabásicas e diques básicos em geral.

_ **Formação Rio Claro**

Formação pertencente a era Cenozóica. É constituída por depósitos continentais indiferenciados, incluindo sedimentos alúvio-coluvionares de natureza areno-argilosa e depósitos variados associados às encostas.

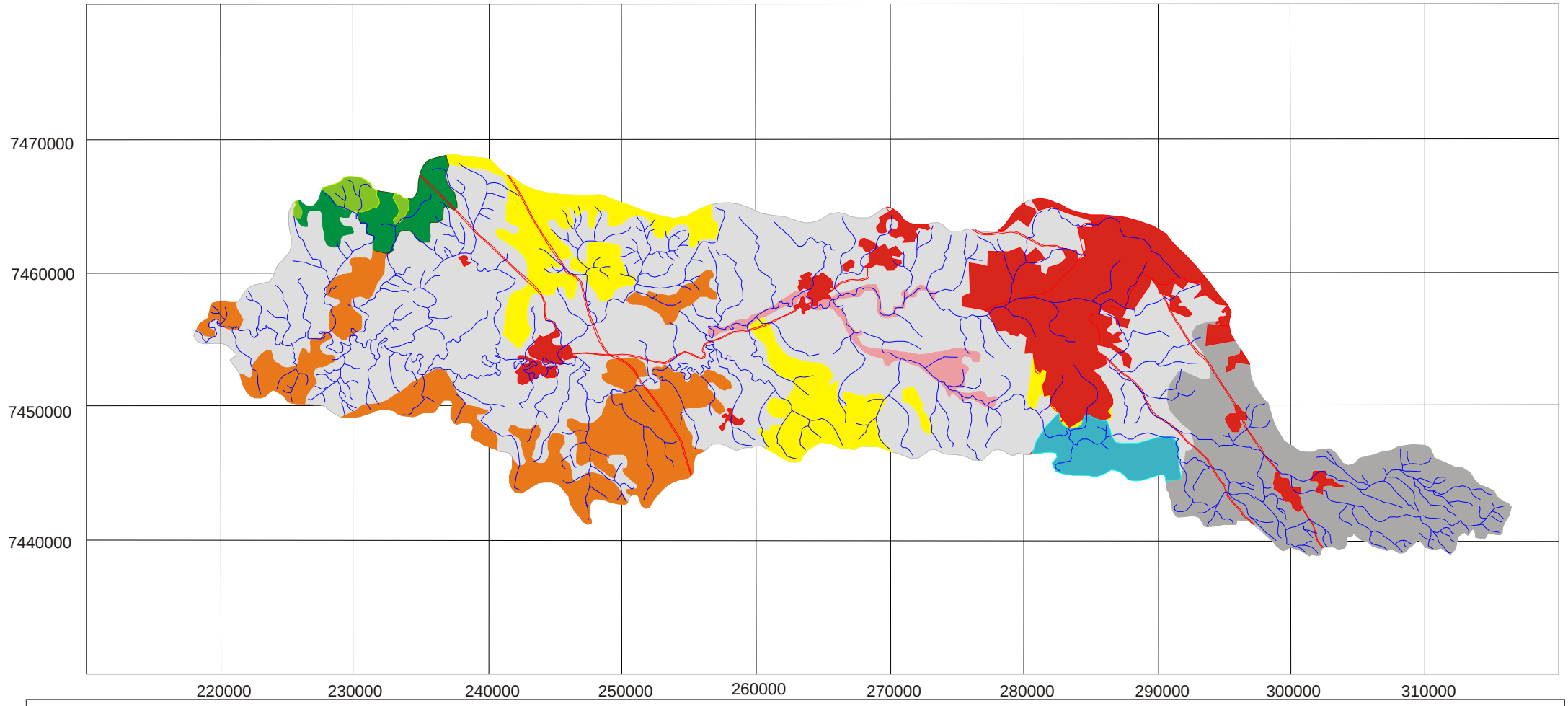
_ **Aluviões em Geral**

Pertencente a era Cenozóica. É caracterizado por areias finas e sedimentos silto-argilosos encontrados nas planícies dos principais rios (coberturas colovionares e aluvionares recentes de encostas associados às calhas atuais) ou depósitos em terraços suspensos (cascalheiras e aluviões pré-atuais) compostos por arenitos médios grossos estratificados.

A Figura 6.1 apresenta a distribuição espacial das unidades geológicas, descritas anteriormente, na bacia hidrográfica do rio Capivari.

Figura 6.1. MAPA GEOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI-SP

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente



Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Área Urbana
- Estradas

Legenda

Cenozóico
- Qa - Aluviões em Geral
- Tqr - Formação Rio Claro

Paleozóico
- PC - Formação Corumbataí
- Pi - Formação Iratí
- Cpi - Formação Itararé
- Eoyl - Granitos Fácies Itú

Mesozóico
- JKB - Intrusivas Básicas Tabulares

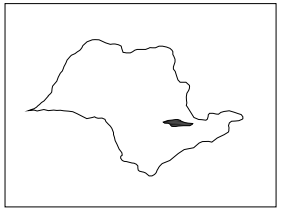
Pré-Cambriano
- PlaGM - Gnaisses

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG

0 5 10 15 20 km

Fonte: Adaptação do mapa Geológico do Estado de São Paulo
Escala 1:500.000 - IPT

Localização da bacia no Estado de São Paulo



6.2 - INFORMAÇÕES PEDOLÓGICAS

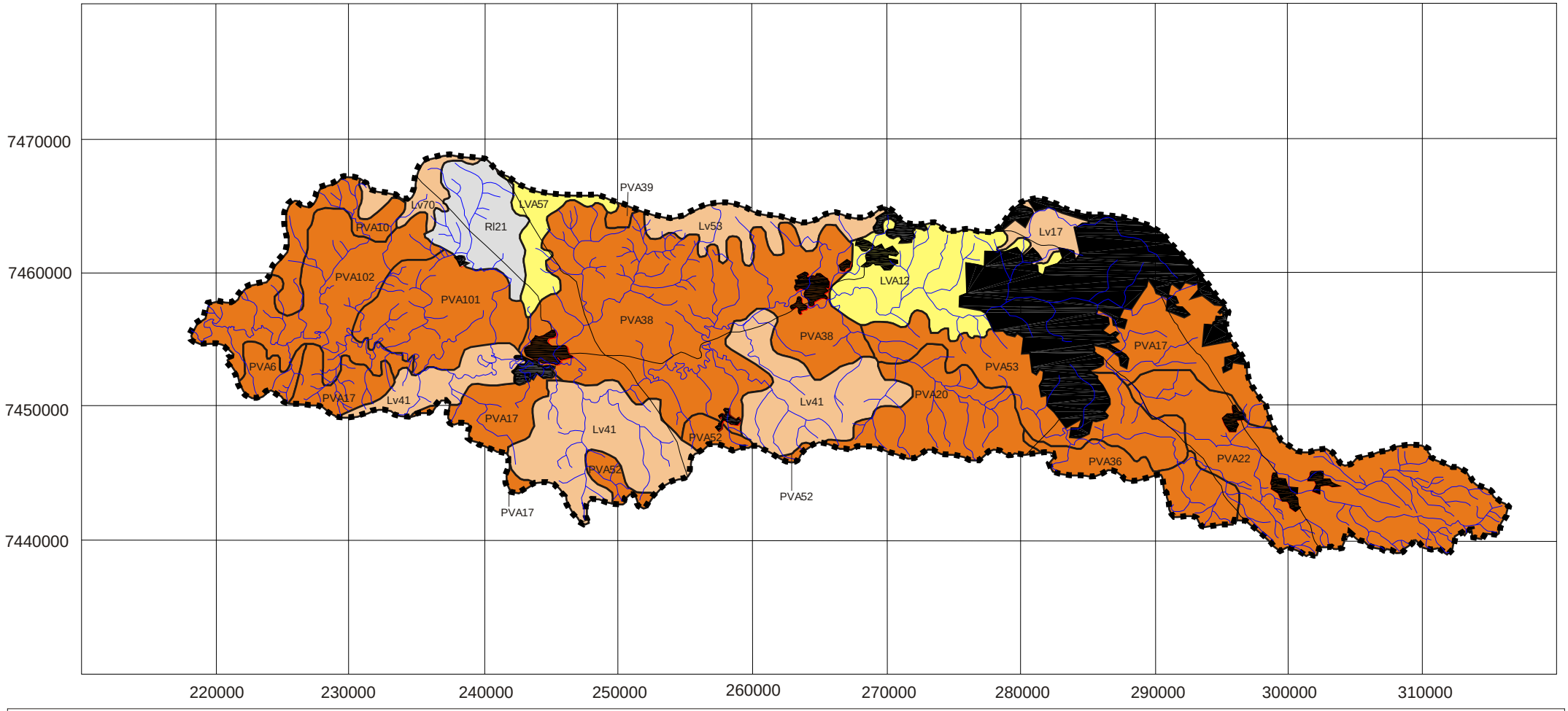
As informações pedológicas foram obtidas através do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, elaborado pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e pela EMBRAPA (CNPS).

O método utilizado para a confecção deste mapa foi o da compilação. Segundo OLIVEIRA *et. al.* (1999), mapas compilados são efetuados a partir das informações pedológicas disponíveis. No referido mapeamento fez-se uso de documentações cartográficas em diferentes escalas e elaboradas por diversas instituições. O mapa pedológico do Estado de São Paulo constitui-se de 387 unidades de mapeamento representadas por unidades de mapeamento simples (uma classe de solos), por associação de duas ou mais classes e/ou por grupamentos.

Na bacia hidrográfica do rio Capivari o mapa pedológico do Estado de São Paulo apresenta a ocorrência das seguintes classes: Latossolos Vermelhos (LV), Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA), Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) e Neossolos Litólicos (RL). A Figura 6.2 mostra a distribuição das unidades pedológicas no mapa pedológico do Estado de São Paulo na bacia hidrográfica do rio Capivari.

Figura 6.2. MAPA PEDOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI-SP

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente



Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Área Urbana
- Estradas
- Limite das Unidades Pedológicas

Legenda

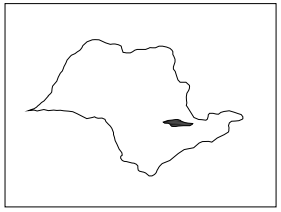
- Argissolos (P)
  (PVA) Argissolos Vermelho-Amarelos
- Latossolos (L)
  (LV) Latossolos Vermelhos
- Latossolos (L)
  (LVA) Latossolos Vermelho-Amarelos
- Neossolos (R)
  (RL) Neossolos Litólicos

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG

0 5 10 15 20 km

Fonte: Mapa Pedológico do Estado de São Paulo
Escala 1:500.000 - Instituto Agronômico de Campinas (IAC)

Localização da bacia no Estado de São Paulo



6.2.1 - Latossolos (L)

Segundo OLIVEIRA *et al*. (1999) os latossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais de 150 cm de espessura.

Os latossolos são, em geral, solos com boas propriedades físicas e situados na maioria dos casos, em relevo favorável ao uso intensivo de máquinas agrícolas. Esses solos apresentam grande porosidade o que lhes conferem boa drenagem interna, mesmo quando argilosos, sendo comum valores entre 50 e 60%. A situação topográfica de ocorrência desses solos apresenta declividades inferiores a 5%, com exceção aos latossolos presentes em regiões serranas (OLIVEIRA, 1999).

A bacia hidrográfica do rio Capivari apresenta a ocorrência de duas subordens dos latossolos estabelecidas pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SBCS). Os Latossolos Vermelhos (LV) com matiz 2,5YR ou mais vermelhos na maior parte dos 100cm do horizonte B, inclusive BA; e os Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) com matiz 5YR ou mais vermelhos e mais amarelos que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA).

As Tabelas 6.1 e 6.2 mostram respectivamente às unidades de mapeamento e suas associações dos Latossolos Vermelhos e dos Latossolos Vermelho-Amarelos.

Tabela 6.1. Unidades de mapeamento dos Latossolos Vermelhos (LV) e suas descrições.

Unidade de Mapeamento	Descrição
LV17	Latossolos Vermelhos distroférricos e distróficos, A moderado, textura argilosa e relevo suave ondulado.
LV41	Latossolos Vermelhos distróficos, A moderado, textura argilosa e relevo suave ondulado.
LV53	Latossolos Vermelhos distróficos + Latossolos Vermelhos distroférricos ambos A moderado, textura argilosa e relevo suave ondulado.
LV70	Latossolos Vermelhos distroférricos + Latossolos Vermelhos distroférricos e eutroférricos, todos textura argilosa relevo suave ondulado + Latossolos Vermelho-Amarelos eutroférricos textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado, todos A moderado.

Fonte: Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e EMBRAPA (CNPS).

Tabela 6.2. Unidades de mapeamento dos Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) e suas descrições.

Unidade de Mapeamento	Descrição
LVA12	Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura média + Neossolos Quartzarênicos órticos distróficos, ambos A moderado e relevo suave ondulado.
LVA57	Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos + Latossolos Vermelhos distróficos e distroférricos + Nitossolos Vermelhos eutroférricos, todos A moderado, textura argilosa e relevo suave ondulado.

Fonte: Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e EMBRAPA (CNPS).

6.2.2 - Argissolos (P)

Segundo Oliveira *et al.* (1999) os argissolos são solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E e apresentando ainda as seguintes características: 1) horizonte plíntico, se presente, não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural; 2) horizonte glei, se presente, não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural. O acréscimo de argila em profundidade e a capacidade de troca de cátions inferior a 27 cmol /kg de solo são os principais atributos diagnósticos válidos para todos os Argissolos. Os Argissolos Vermelho-Amarelos apresentam em geral maior relação textural entre os horizontes A e E, e entre o horizonte B do que os Argissolos Vermelhos, sendo por isso, em igualdade de condições ambientais, mais vulneráveis à erosão. Os argissolos apresentam predominantemente argila de atividade baixa, mas a capacidade de adsorção desta fração, para a mesma textura, é em geral, ligeiramente superior à dos Latossolos.

A bacia hidrográfica do rio Capivari apresenta a ocorrência de uma subordem dos Argissolos estabelecida pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SBCS), a subordem Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) com matiz 5YR ou mais vermelhos e mais amarelo que 2,5YR na maior parte do horizonte B, inclusive BA.

A Tabela 6.3 mostra as unidades de mapeamento e suas associações dos Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA).

Tabela 6.3. Unidades de mapeamento dos Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) e suas descrições.

Unidade de Mapeamento	Descrição
PVA6	Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos, A moderado e textura média/argilosa fase não rochosa e relevo montanhoso escarpado.
PVA10	Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos + Argissolos Vermelhos distróficos e eutróficos, ambos textura arenosa/argilosa e arenosa/média + Gleissolos Háplicos textura argilosa ambos dstróficos textura média, relevo plano e A moderado.
PVA17	Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, A moderado, textura arenosa/média e média/argilosa, relevo suave ondulado.
PVA20	Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, A moderado, textura média/argilosa relevo ondulado e suave ondulado
PVA22	Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, A moderado, textura argilosa e média cascalhenta/argilosa cascalhenta, fase rochosa e relevo forte ondulado e montanhoso.
PVA36	Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, A moderado, textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta fase pedregosa e rochosa, relevo forte ondulado + Afloramentos de rochas.
PVA38	Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos textura arenosa/média + Cambissolos háplicos distróficos, textura média, ambos A moderado e relevo ondulado.
PVA39	Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos + Cambissolos háplicos Tb distróficos, ambos A proeminente, textura média e relevo suave ondulado e forte ondulado.
PVA52	Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, textura média/argilosa + Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, textura argilosa, ambos A moderado, relevo suave ondulado e ondulado.
PVA53	Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, textura arenosa/média + Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, textura média, ambos A moderado e relevo suave ondulado.
PVA101	(Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos arênicos ou não, A moderado, textura arenosa/média profundos ou pouco profundos relevo ondulado) + Neossolos Litólicos eutróficos A moderado e chernozêmico e distróficos, A moderado, ambos textura média e todos relevo ondulado.

PVA102	(Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos abrúpticos, textura arenosa/argilosa e média/argilosa, relevo suave ondulado e ondulado) + Luvissolos crômicos pálicos planossólicos, textura média/argilosa relevo ondulado e suave ondulado, todos A moderado.

Fonte: Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e EMBRAPA (CNPS).

6.2.3 - Neossolos (R)

Segundo OLIVEIRA *et. al.* (1999), os Neossolos são solos constituídos por material mineral ou orgânico com menos de 40cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico e satisfazendo as seguintes características: 1) Ausência de horizonte glei, exceto no caso de solos com textura areia ou areia franca, dentro de 50cm da superfície do solo, ou entre 50 a 120cm de profundidade, se os horizontes sobrejacentes apresentarem mosqueados de redução em quantidade abundante; 2) Ausência de horizonte vértico imediatamente abaixo de horizonte A; 3) Ausência de horizonte plíntico dentro de 40cm, ou dentro de 200cm da superfície, se imediatamente abaixo do horizonte E ou procedidos de horizontes de coloração variegada ou mosqueados em quantidade abundante, com uma ou mais das seguintes cores: matiz 2,5YR ou matizes 10YR a 7,5YR com cromas baixos, normalmente igual ou inferior a 4, podendo atingir 6, no caso da matiz 10YR; 4) Ausência de A chernozêmico conjugado a horizonte cálcico ou C carbonático.

A bacia hidrográfica do rio Capivari apresenta a ocorrência de uma subordem dos Neossolos estabelecida pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SBCS), a subordem Neossolos Litólicos (RL) com horizonte A ou O hístico com menos de 40cm de espessura, assente diretamente sobre rocha ou sobre horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresentam caráter litóide dentro de 50cm da superfície do solo. Admite um horizonte B em início de formação cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

A Tabela 6.4 mostra a única unidade de mapeamento dos Neossolos Litólicos (RL) presente na bacia do rio Capivari.

Tabela 6.4. Unidade de mapeamento dos Neossolos Litólicos (RL) e suas descrições .

Unidade de Mapeamento	Descrição
RL21	Neossolos Litólicos eutróficos, A moderado e chernozêmico e distróficos A moderado + grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelho-Amarelos arênicos ou não, A moderado, textura arenosa/média profundos e pouco profundos, todos relevo ondulado.

Fonte: Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e EMBRAPA (CNPS).

7 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 - Informações Geomorfológicas

As informações geomorfológicas foram obtidas com base nas imagens disponibilizadas pela Embrapa Monitoramento por Satélite, com auxílio das cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000.

A bacia hidrográfica do rio Capivari, em termos geomorfológicos, encontra-se segundo TROPPMAIR (2000), em dois geossistemas distintos: a “Depressão Periférica” e o “Mar de Morros”.

Geomorfologicamente, o geossistema “Mar de Morros” é caracterizado por relevo fortemente ondulado, com morros paralelos do tipo apalacheano, com a presença de morros com serras restritas e serras alongadas. Na paisagem, demonstra-se como uma seqüência de morros ou de “meias laranjas”, indicado na literatura como formas esculpidas em rochas cristalinas de diversas litologias e que foram trabalhados por paleoclimas e pelo clima atual (TROPPMAIR, 2000; p. 42).

A “Depressão Periférica”, segundo TROPPMAIR (2000), geomorfologicamente é constituída por colinas amplas e médias, além de morrotes alongados e espigões.

A Figura 7.1 mostra a divisão da bacia hidrográfica do rio Capivari em dois geossistemas distintos: a “Depressão Periférica” e o “Mar de Morros”.

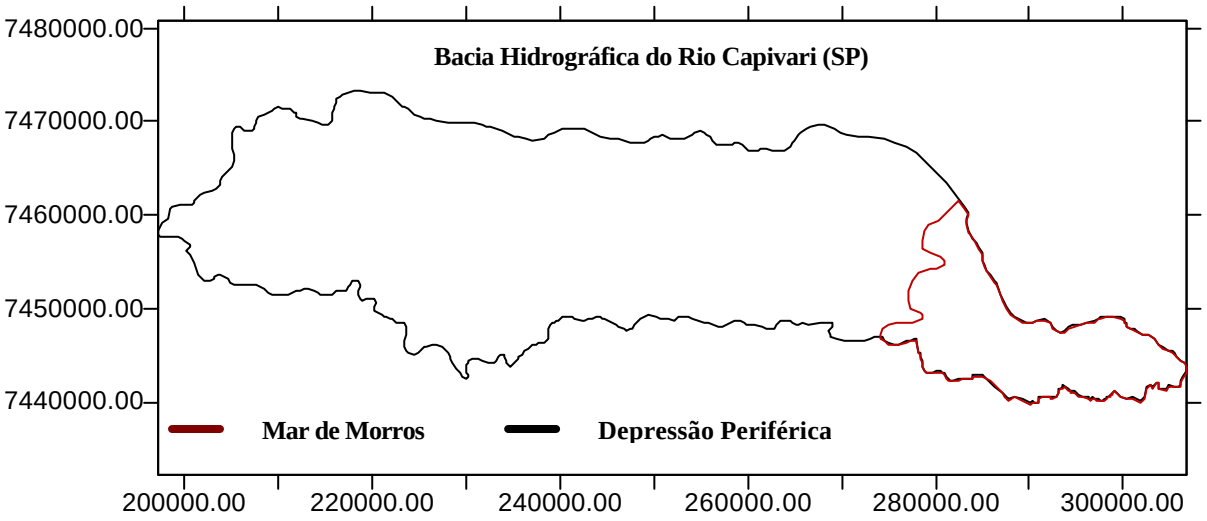


Figura 7.1. Localização dos geossistemas “Depressão Periférica” e “Mar de Morros" na Bacia Hidrográfica do rio Capivari, segundo Troppmair (2000).

A bacia hidrográfica do rio Capivari, segundo a classificação de R0SS (1996), encontra-se em duas unidades do relevo brasileiro: a de planaltos e serras do Atlântico leste-sudeste, correspondente ao geossistema “Mar de Morros; e a Depressão Periférica da borda leste da Bacia do Paraná, correspondente ao geossistema ”Depressão Periférica”.

Os planaltos e serras do Atlântico leste-sudeste possuem gênese associada aos ciclos de dobramentos acompanhados de metamorfismos regionais, falhamentos e extensas intrusões. A forma de relevo predominante desta unidade é constituída por morros com formas de topos convexos, elevada densidade de canais de drenagem e vales profundos. É a área definida por Ab’Saber como domínio dos “Mares de Morros” (ROSS, 1996. pp. 58).

A Depressão Periférica da borda leste da Bacia do Paraná é quase inteiramente, constituída por sedimentos do paleozóico e do mesozóico. Essa unidade apresenta formas de relevos diversificadas em função da influência tectônica, variação litológica e dos graus de atuação dos processos erosivos dos mais variados ambientes paleoclimáticos. Ross salienta que, no Estado de São Paulo, observa-se a transição dos terrenos altos do cristalino para a depressão esculpida em sedimentos, onde predominam altitudes variando de 600 a 700 metros.

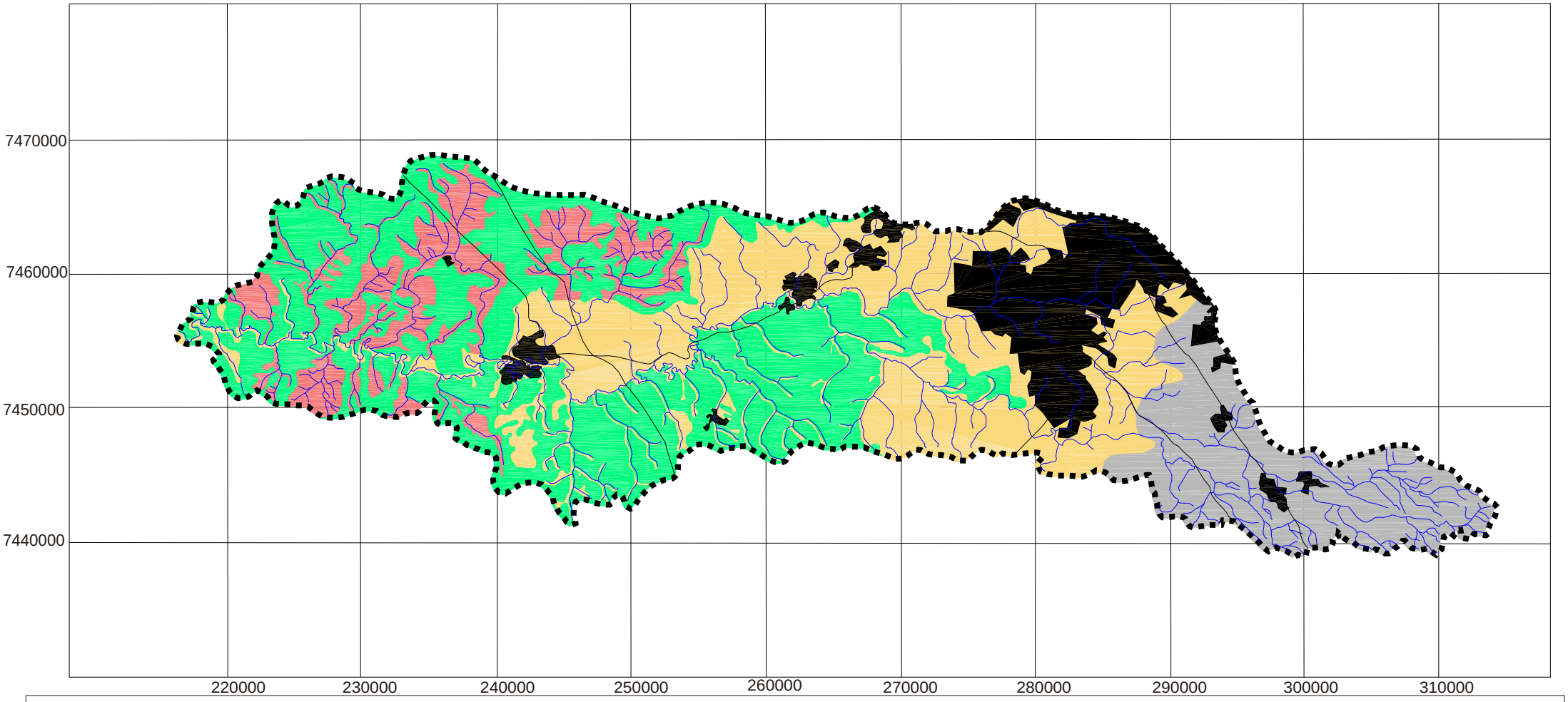
Para a bacia do rio Capivari, foram delimitados quatro compartimentos geomorfológicos: “Topos Aplainados”, “Morrotes e Vales Dissecados”, “Morrotes e Vales Intensamente Dissecados” e o “Mar de Morros”. Os três primeiros compartimentos encontram-se no domínio da “Depressão Periférica” e o último no domínio “Mar de Morros” como propriamente indica a legenda. A Tabela 7.1 apresenta a descrição dos compartimentos e a Figura 7.2 mostra a distribuição espacial das mesmas na bacia do rio Capivari.

Tabela 7.1. Descrição dos compartimentos geomorfológicos da bacia do rio Capivari.

Compartimentos	Descrição
Topos Aplainados	Área de relevo do tipo colinoso com interflúvios amplos, variando de 1 a 4 km. As declividades são baixas (até 5% em sua maioria). Os perfis das encostas vão de retilíneos a convexos. Drenagem pouco intensa.
Morrotes Dissecados	Área de Morrotes com perfis de encostas do tipo retilíneo. Declividades variando de 5 a 15% com drenagem moderada.
Morrotes Intensamente Dissecados	Área de Morrotes com perfis de encostas do tipo retilíneo com a presença de feições erosivas. Declividades médias e altas (entre 10 e 20% em sua maioria) com drenagem de alta intensidade.
Mar de Morros	Área de Morros com forte domínio estrutural. Vales encaixados e altas declividades. Perfis de encostas retilíneos com a presença de feições erosivas. Drenagem de alta intensidade. Declividades médias e altas superiores a 20%.

Figura 7.2. MAPA GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI-SP

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente



Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Área Urbana
- Estradas

Legenda

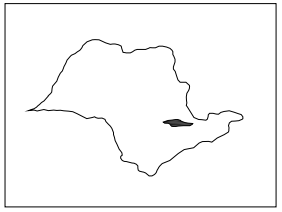
- Topos Aplainados
- Morrotes e Vales Dissecados
- Morrotes e Vales Intensamente Dissecados
- Mar de Morros

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG

0 5 10 15 20 km

Fonte: EMBRAPA; Cartas IBGE, escala 1:50.000;
Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo
Escala 1:1.000.000 - IPT 1981.

Localização da bacia no Estado de São Paulo



7.1.1 - Análise Morfométrica

Com base na delimitação dos compartimentos geomorfológicos foi possível a realização de uma análise morfométrica de 4 sub-bacias selecionadas na bacia do rio Capivari. Cada sub-bacia representa um compartimento geomorfológico sendo estas uma exemplificação das características morfométricas das mesmas.

A análise morfométrica foi realizada com base nas seguintes variáveis: a área e o perímetro da sub-bacia hidrográfica, a variação altimétrica, a hierarquização da drenagem, a densidade da drenagem, o índice de sinuosidade e o índice de compacidade da sub-bacia hidrográfica analisada. Foram ainda realizados cálculos de declividade para as áreas das bacias e a confecção de perfis longitudinais dos rios principais e perfis transversais das áreas das sub-bacias.

A hierarquização da drenagem foi realizada pela técnica de ordenamento, desenvolvida por STRAHLER (1957) *apud* PROCHNOW (1994), tem o intuito de refletir o grau de ramificação fluvial dentro de uma bacia hidrográfica, ou seja, o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem. Uma outra técnica utilizada para a verificação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem é o cálculo da densidade de drenagem que é definida pela seguinte fórmula: $DD = L / A$ onde:

DD = Densidade da drenagem;

L=Comprimento total dos canais em KM;

A=Área de bacia hidrográfica considerada.

Outro indicador aplicado ao sistema de drenagem é o índice de sinuosidade que busca avaliar o desvio do percurso do canal com relação ao seu comprimento vetorial, o que pode indicar o grau de dissecação do relevo assim como o de desenvolvimento do sistema de drenagem. Esse índice pode ser obtido através da aplicação da seguinte fórmula: $SIN = L / L+$ onde:

SIN = Sinuosidade do curso d'agua;

L = Comprimento do curso d'agua principal;

L+=Comprimento vetorial do canal (talvegue).

O índice de compacidade constitui uma avaliação da forma da bacia hidrográfica, tendo como comparação o círculo como forma ideal para uma perfeita

relação entre a foz do rio e determinados pontos na bacia hidrográfica, terá conseqüências na rapidez do escoamento das águas pelos canais fluviais. Se a aplicação desse índice em uma bacia hidrográfica apresentar valor próximo a 1, esse valor irá demonstrar que a forma da bacia aproxima-se da forma de um círculo perfeito e portanto o escoamento de água pelos canais fluviais será fisicamente mais rápido do que em uma bacia que apresentar índice muito superior a 1. O cálculo desse índice para uma bacia hidrográfica é importante para avaliar comparativamente se uma bacia tem uma maior probabilidade de ocorrência de enchentes do que outra. Esse índice pode ser obtido através da aplicação da seguinte fórmula:

$Kc = 0{,}28 * P / \sqrt{A}$ onde:

Kc = Índice de compacidade;
P = Perímetro da bacia hidrográfica;
A = Área da bacia.

A declividade das áreas das bacias foi realizada com o auxílio do *software* IDRISI 32 através da aplicação do comando "*slope*" sobre um modelo digital do terreno obtido através do interpolador "TIN". A resolução utilizada para a elaboração do modelo digital do terreno foi 100 X 100 metros, respectivamente 0,2 cm e 0,2 cm para representação na escala 1:50.000. Isto significa que a unidade de informação referente à declividade possui uma área correspondente a 10.000 m^2. Segundo o manual do software IDRISI 32, o comando "*slope*" do *software* IDRISI32 aplica a seguinte fórmula em uma matriz de dados contendo os valores relativos a altimetria de uma determinada área sobre uma resolução determinada:

$$D^2 / 100 = (p_esquerdo - p_direito / res * 2)^2 + (p_superior - p_inferior / res * 2)^2$$

Onde:
D2 : declividade em percentual;
p_esquerdo : pixel ao lado esquerdo do pixel onde a declividade será calculada;
p_direito : pixel ao lado direito do pixel onde a declividade será calculada;
p_superior : pixel superior ao pixel onde a declividade será calculada;

p_superior : pixel inferior ao pixel onde a declividade será calculada;
res: resolução da matriz.

Os perfis longitudinais dos rios foram realizados com auxílio do *software* AUTOCAD R14 através da mensuração da altitude do rio ao longo de seu percurso, sobre uma base georreferenciada.

Os perfis transversais foram obtidos através das cartas topográficas na escala 1:50.000, com auxílio de régua e confecção dos gráficos no “software” “EXCEL 2000”.

A Tabela 7.2. mostra quatro sub-bacias selecionadas e os respectivos compartimentos ao qual fazem parte.

Tabela 7.2. Sub-bacias selecionadas para análise morfométrica e seus respectivos compartimentos geomorfológicos.

Sub-Bacia(s)	Compartimentos Geomorfológicos
Ribeirão Mandacarú e Córrego do Carneiro	Topos Aplainados
Córrego Piçarrão	Morrotes e Vales Dissecados
Ribeirão Fundo	Morrotes e Vales Intensamente Dissecados
Córrego Fazenda São Bento	Mar de Morros

Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (Escala 1:50.000)

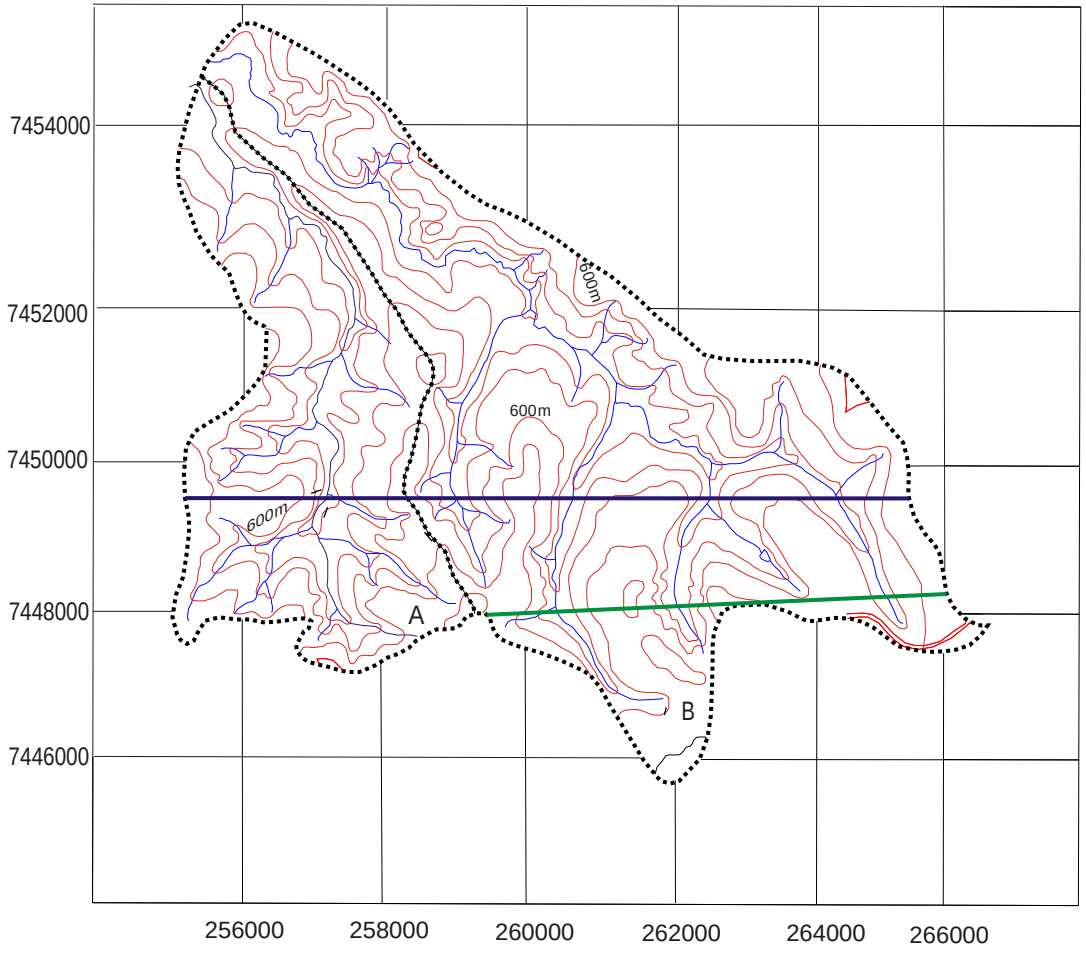
7.1.1.1 - Sub-bacias do Ribeirão Mandacarú e Córrego do Carneiro

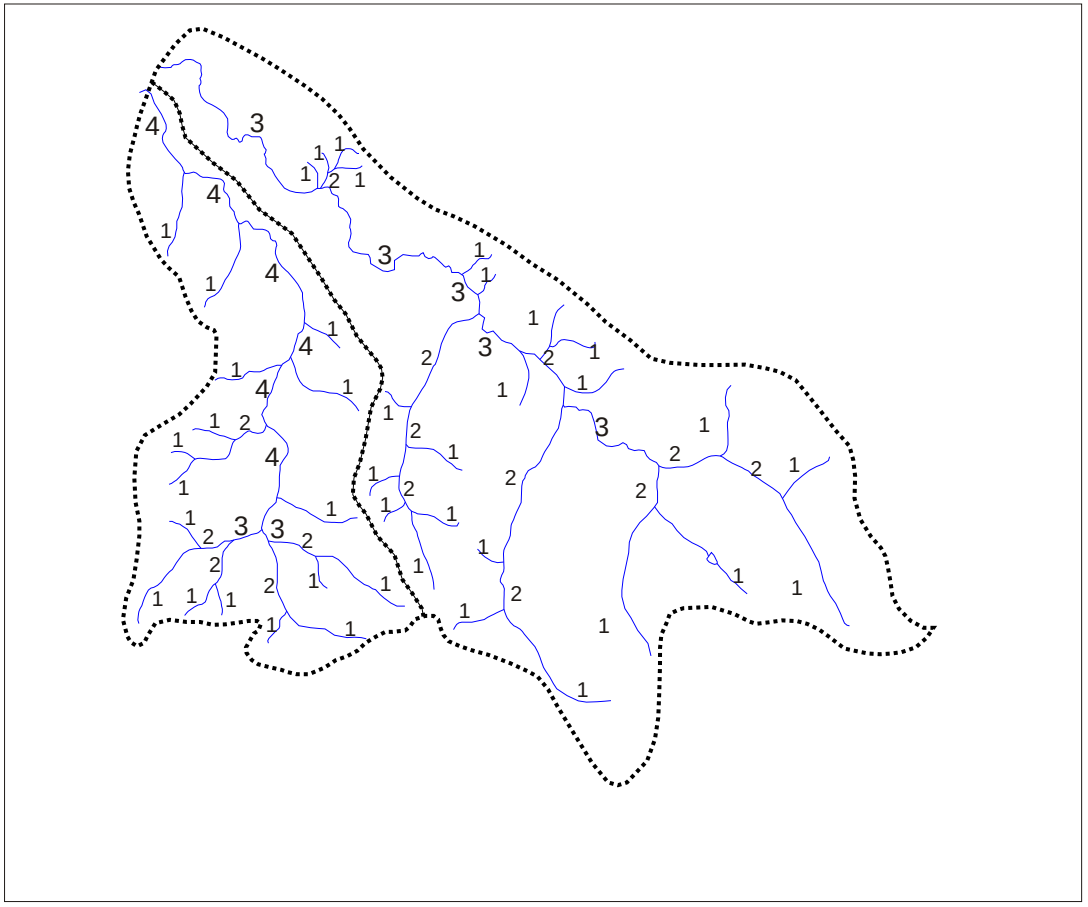
As sub-bacias ribeirão Mandacarú e o córrego do Carneiro fazem parte do compartimento geomorfológico “Topos Aplainados”, com exceção aos vales dissecados pelos rios que fazem parte do compartimento “Morrotes e Vales Dissecados”. Para fins de simplificação, as sub-bacias foram analisadas como um todo pertencente ao compartimento “Topos Aplainados”, pois a área relativa à outro compartimento é pouco representativa e durante a análise são feitas ressalvas quanto a presença deste compartimento. Essas sub-bacias apresentam respectivamente áreas de 39,138 km^2 e 18,43 km^2, totalizando para a área de análise o valor de 57,58 km^2. O perímetro para o córrego do Carneiro é de 22,78 Km e do ribeirão Mandacarú é de 34,476, totalizando para toda a área o valor de perímetro de 57,24Km. A variação altimétrica para as duas sub-bacias é de 100 metros.

A Figura 7.3 mostra a delimitação da área das sub-bacias do córrego do Carneiro e do Ribeirão Mandacarú. Nesta representação encontra-se a rede de drenagem hierarquizada, as curvas de nível, os limites das bacias hidrográficas, e a demarcação dos perfis transversais.

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente

Figura 7.3. AS SUB-BACIAS RIB. MANDACARÚ E COR. DO CARNEIRO E SUAS HIERARQUIZAÇÕES DE DRENAGEM





Convenções Cartográficas e Legenda

- Drenagem
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Curva de NívelÁrea Urbana
- Perfil Transversal A'- A''
- Perfil Transversal B'- B''

A - Sub-Bacia Córrego do Carneiro

B - Sub-Bacia Ribeirão Mandacarú

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG
Eqüidistância entre as curvas de nível: 20 metros.

0 1,25 2,5 3,7 5,2 Km

Fonte: Cartas IBGE 1:50.000

A densidade da drenagem, o índice de sinuosidade e o índice de compacidade para as sub-bacias do córrego do Carneiro e para o ribeirão Mandacarú foram obtidos através dos seguintes cálculos :

Densidade de Drenagem

Sub-Bacia córrego do Carneiro:

DD = L/A;
DD =27298/18439;
DD = 1,480

Sub-Bacia ribeirão Mandacarú:

DD = L/A;
DD =41946/39138;
DD = 1,071

Índice de Sinuosidade

Sub-Bacia córrego do Carneiro:

SIN = L / L+;
SIN = 10239/7980;
SIN = 1,283

Sub-Bacia ribeirão Mandacarú:

SIN = L / L+;
SIN = 14268/13027;
SIN = 1,095

Índice de Compacidade

Sub-Bacia córrego do Carneiro:

Kc = 0,28 * P / √ A;
Kc = 0,28 * 22780/√18439375;
Kc = 0,28 * 22780/1357;
Kc= 4,7

Sub-Bacia ribeirão Mandacarú:

Kc = 0,28 * P / √ A;
Kc = 0,28 * 34476/√39138016;
Kc = 0,28 * 34476/6256;
Kc= 1,543

Cálculo de Declividade

A Tabela 7.3 mostra a distribuição das classes de declividade e seus percentuais nas sub-bacias do ribeirão Mandacarú e Córrego do Carneiro.

Tabela 7.3. Classes de declividade das sub-bacias ribeirão Mandacarú e Córrego do Carneiro.

Classe de Declividade (em %)	Percentagem em área (%)
Classe 1 (0%)	5,19
Classe 2 (0,1 – 5%)	56,02
Classe 3 (5,1 – 10%)	30,17
Classe 4 (10,1 – 15%)	8,02
Classe 5 (15,1 – 20%)	0,55
Classe 6 (20,1 –25%)	0,01
Classe 7 (25,1 – 30%)	0
Classe 8 (30,1 – 35%)	0
Classe 9 (> 35%)	0

Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

A distribuição das declividades demonstra que as mesmas se encontram em sua grande maioria, abaixo de 5%, sendo essa distribuição típica para o compartimento “Topos Aplainados”. Em aproximadamente 8% da área foi apresentada declividade entre 10 e 15 %, estando essas associadas principalmente na interface entre os fundos de vales e a borda dos topos, ou seja, em algumas encostas com declive um pouco mais acentuado e que fazem parte do compartimento “Morrotes e Vales Dissecados”.

Perfis Longitudinais

Foram realizados dois perfis longitudinais para às sub-bacias do ribeirão Mandacarú e para o córrego do Carneiro, cada um representando um desses rios. Os percursos desses rios podem ser observados na Figura 7.3 e a variação altimétrica do percurso através das Figuras 7.4 e 7.5.

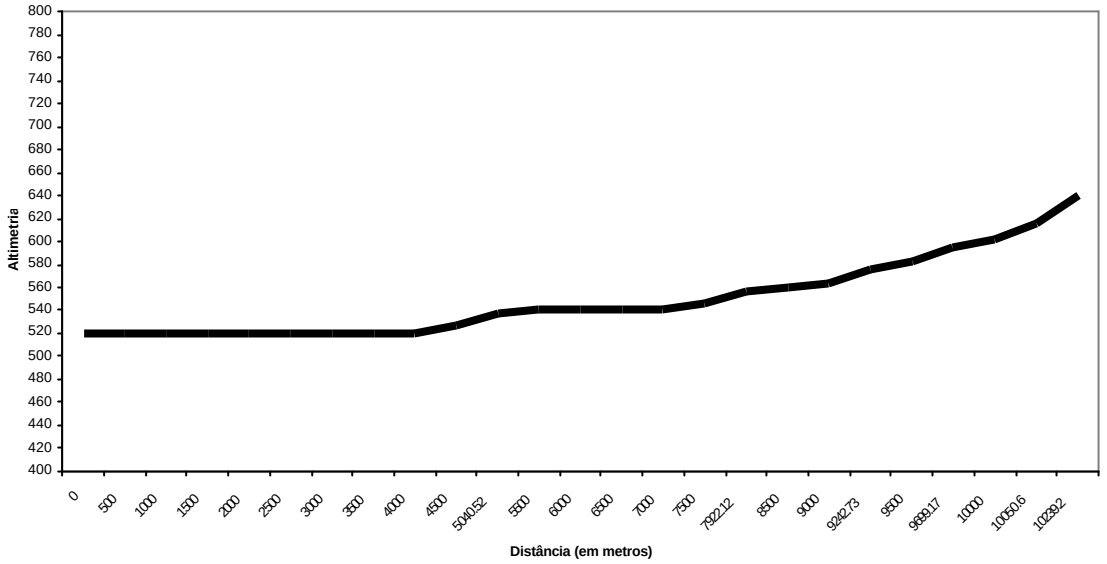


Figura 7.4. Perfil longitudinal da sub-bacia do córrego do Carneiro.

Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

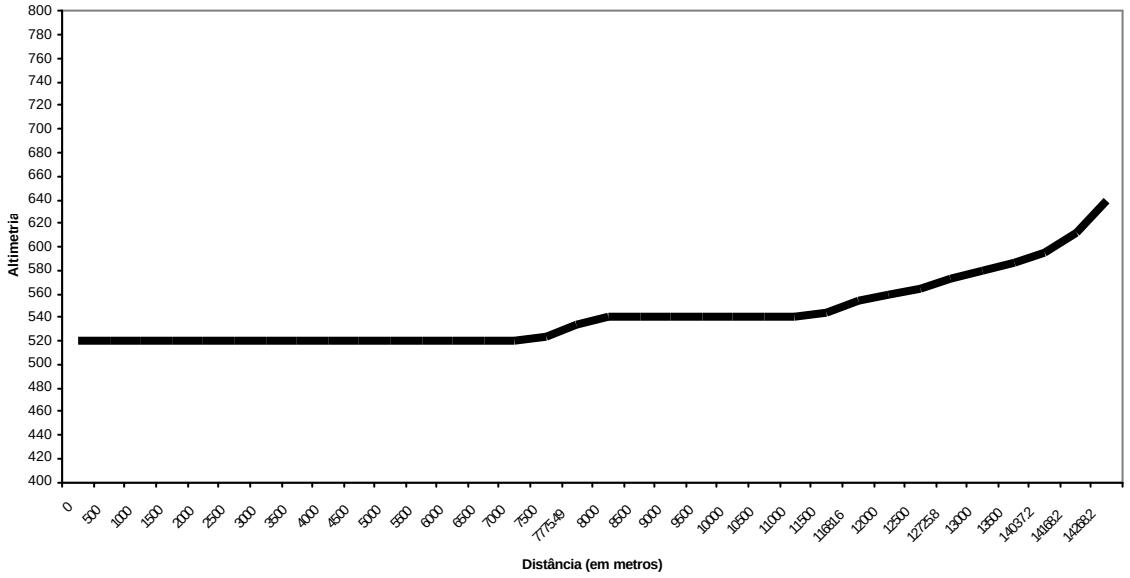


Figura 7.5. Perfil longitudinal da sub-bacia do córrego do Mandacarú.

Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

Perfis Transversais

Foram realizados dois perfis transversais para às sub-bacias do córrego do Carneiro e do ribeirão Mandacarú, ambos com orientação oeste-leste. O traçado dos perfis podem ser visualizados através da Figura 7.3. As Figuras 7.6 e 7.7 mostram a variação altimétrica ao longo do traçado dos perfis.

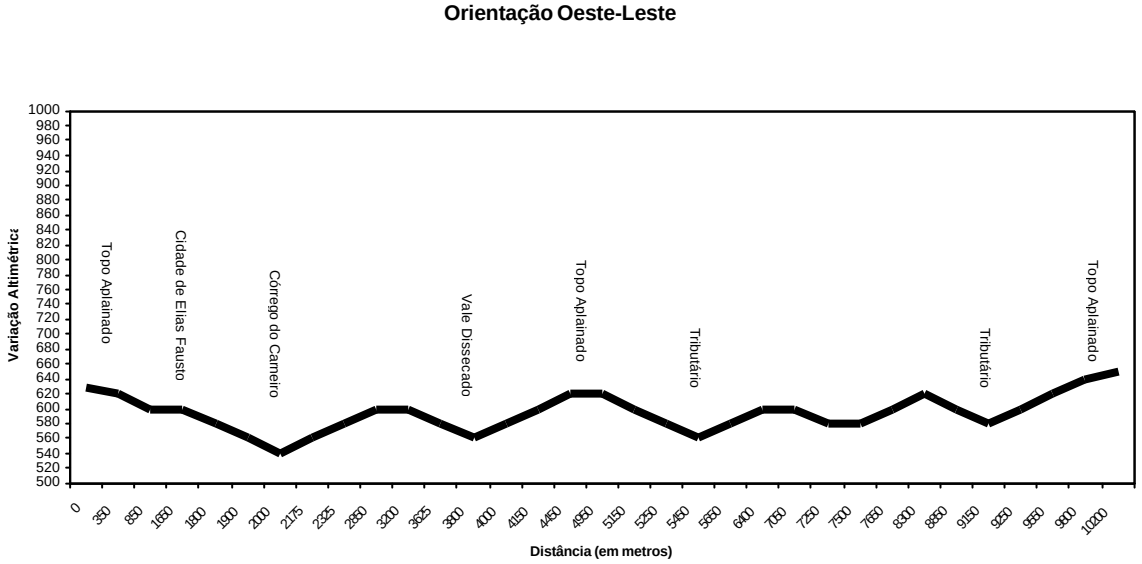


Figura 7.6. Perfil transversal A'-A" das sub-bacias córrego do Carneiro e ribeirão Mandacarú.
Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

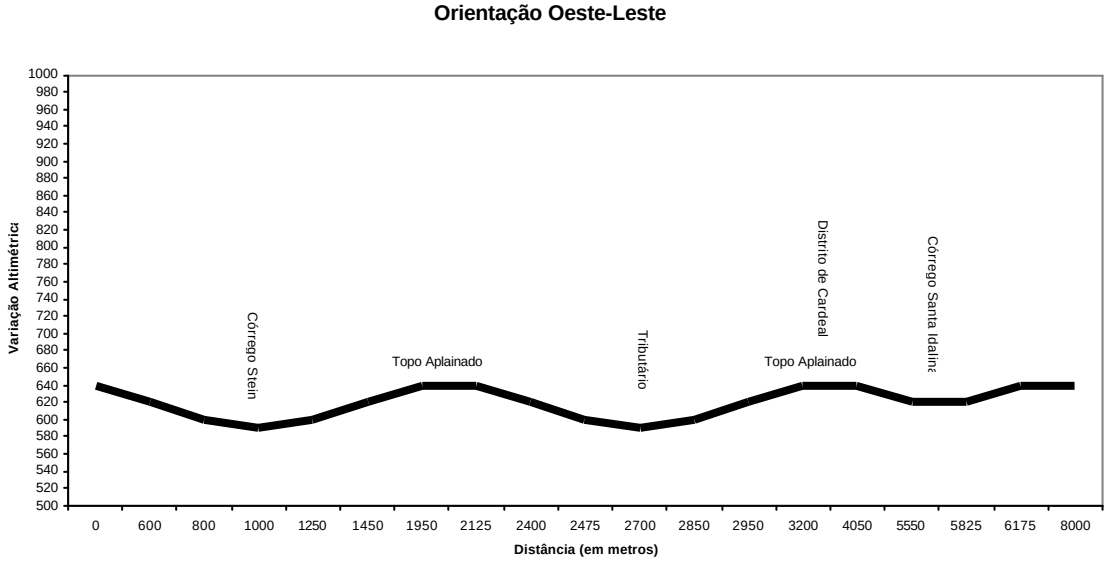


Figura 7.7. Perfil longitudinal B'-B" das sub-bacias córrego do Carneiro e ribeirão Mandacarú.
Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

7.1.1.2 - Sub-Bacia Córrego Piçarrão

A sub-bacia córrego Piçarrão faz parte do compartimento geomorfológico “Morrotes e Vales Dissecados”. Essa sub-bacia possui área de 77,672 km^2 e perímetro de 52,223 Km. A variação altimétrica desta sub-bacia é de 200 metros.

A Figura 7.8 mostra a delimitação da área da sub-bacia do córrego Piçarrão. Nesta representação encontra-se a rede de drenagem hierarquizada, as curvas de nível, o limite da sub-bacia hidrográfica, e a demarcação do perfil transversal.

A densidade da drenagem, o índice de sinuosidade e o índice de compacidade para a sub-bacia córrego Piçarrão foram obtidos através dos seguintes cálculos :

Densidade de Drenagem

DD = L/A;
DD = 97630/52223;
DD = 1,256;

Índice de Sinuosidade

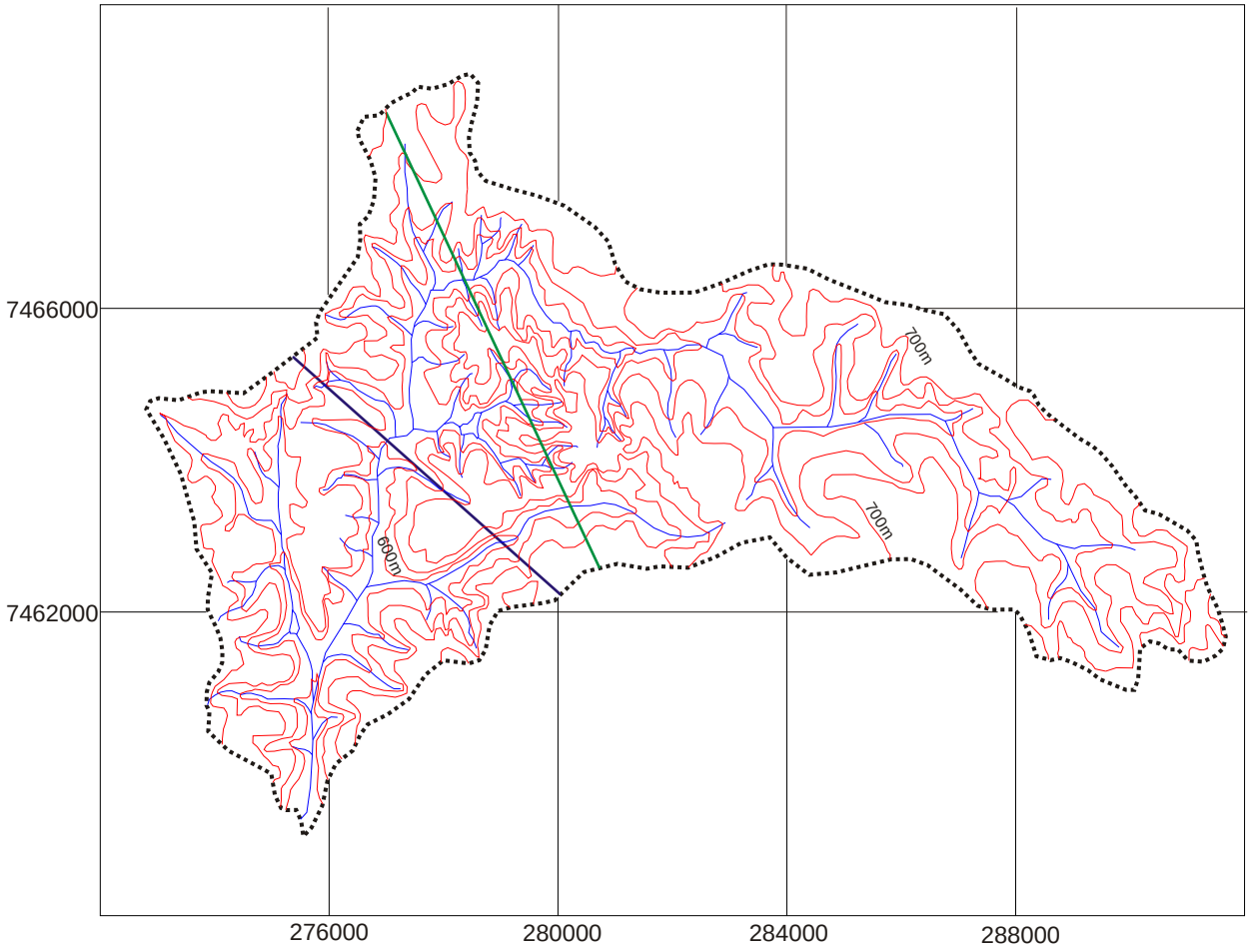
SIN = L / L+;
SIN = 22611/14486;
SIN = 1,560

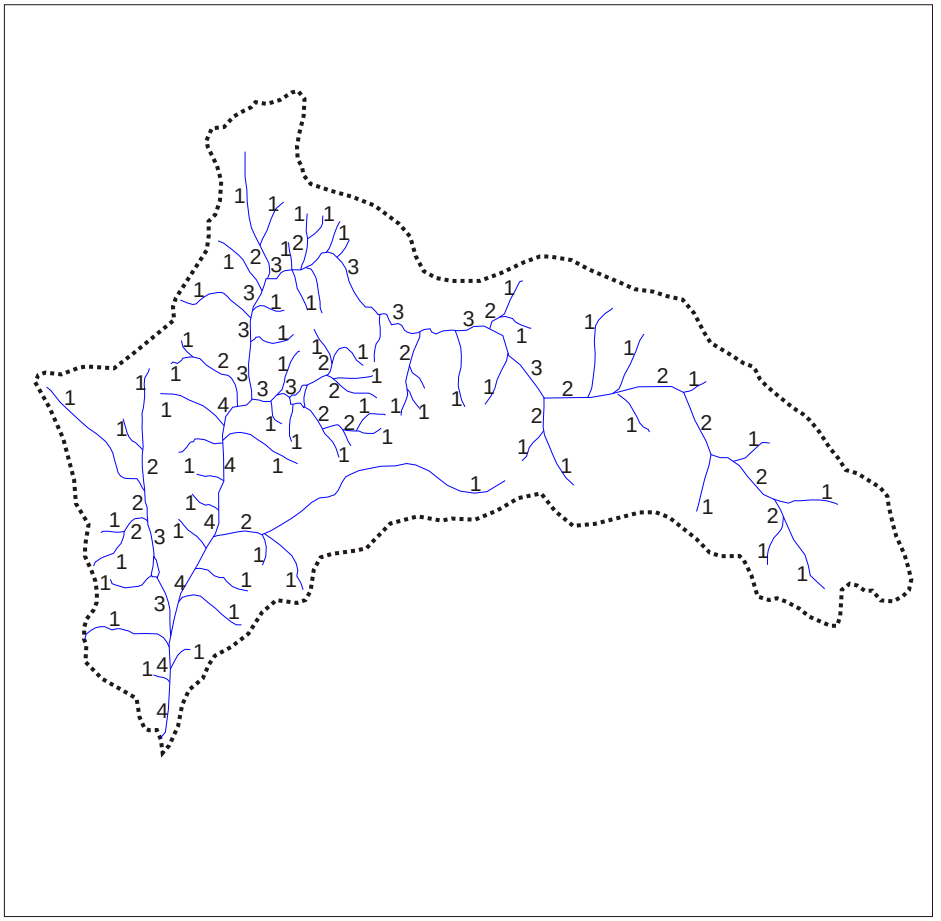
Índice de Compacidade

Kc = 0,28 * P / √ A;
Kc = 0,28 * 52223/√ 77672509;
Kc = 0,28 * 52223/8813,2;
Kc= 1,659

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente

Figura 7.8. A SUB-BACIA CÓRREGO PIÇARRÃO E SUA HIERARQUIZAÇÃO DE DRENAGEM





Convenções Cartográficas e Legenda

- Drenagem
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Curva de Nível
- Perfil Transversal A' - A"
- Perfil Transversal B' - B''

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG
Eqüidistância das curvas de nível: 20 metros

0 1,4 2,8 4,2 5,6 Km

Fonte: Cartas IBGE 1:50.000

Cálculo de Declividade

A Tabela 7.4 mostra a distribuição das classes de declividade e seus percentuais no córrego Piçarrão.

Tabela 7.4. Classes de declividade da sub-bacia córrego Piçarrão

Classe de Declividade (em %)	Percentagem em área (%)
Classe 1 (0%)	9,74
Classe 2 (0,1 – 5%)	46,48
Classe 3 (5,1 – 10%)	27,46
Classe 4 (10,1 – 15%)	11,98
Classe 5 (15,1 – 20%)	2,99
Classe 6 (20,1 –25%)	0,9
Classe 7 (25,1 – 30%)	0,36
Classe 8 (30,1 – 35%)	0,05
Classe 9 (> 35%)	0

Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

A distribuição das declividades demonstra que as mesmas se encontram em sua grande maioria na classe 2, sendo essa distribuição típica para o compartimento “Morrotes e Vales Dissecados” o que demonstra um menor nível de energia com relação aos compartimentos “Morrotes e Vales Intensamente Dissecados” e “Mar de Morros”. A distribuição das declividades nesta sub-bacia assemelha-se muito com as sub-bacias analisadas para o compartimento “Topos Aplainados”,porém, a diferença ocorre em uma menor distribuição na classe 2 e uma maior distribuição nas classes 4, 5 e 6.

Perfis Longitudinais

Foi realizado o perfil longitudinal para a sub-bacia córrego Piçarrão, com a representação do rio principal. O percurso desse rio pode ser observado na Figura 7.8. e a variação altimétrica do percurso através da Figura 7.9.

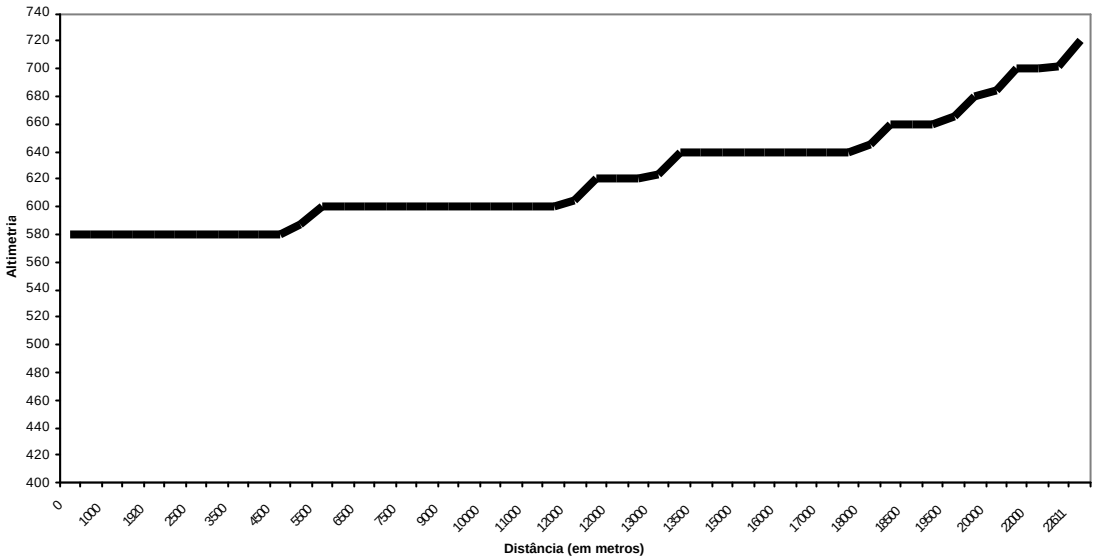


Figura 7.9. Perfil longitudinal da sub-bacia do córrego Piçarrão.
Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

Perfis Transversais

Foram realizados dois perfis transversais para a sub-bacia córrego Piçarrão, ambos com a orientação noroeste-sudeste. O traçado dos perfis podem ser visualizados através da Figura 7.8. As Figuras 7.10 e 7.11 mostram a variação altimétrica ao longo do traçado dos perfis.

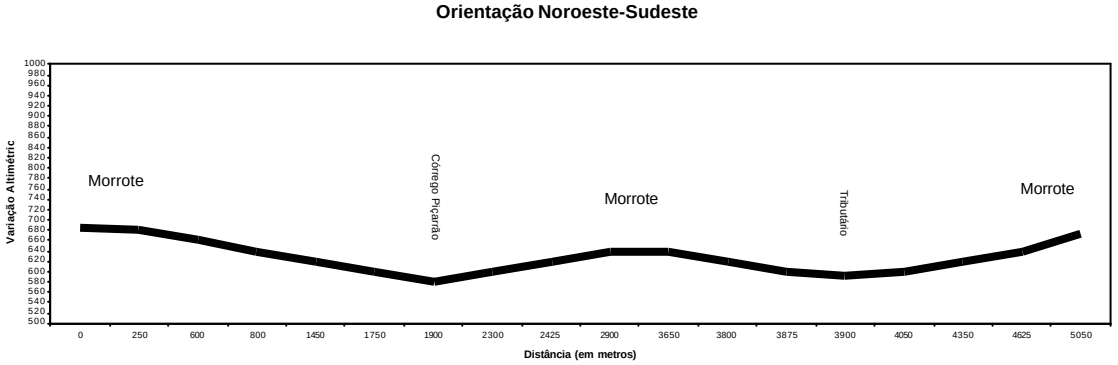


Figura 7.10. Perfil Transversal A'-A'' do córrego do Piçarrão.
Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

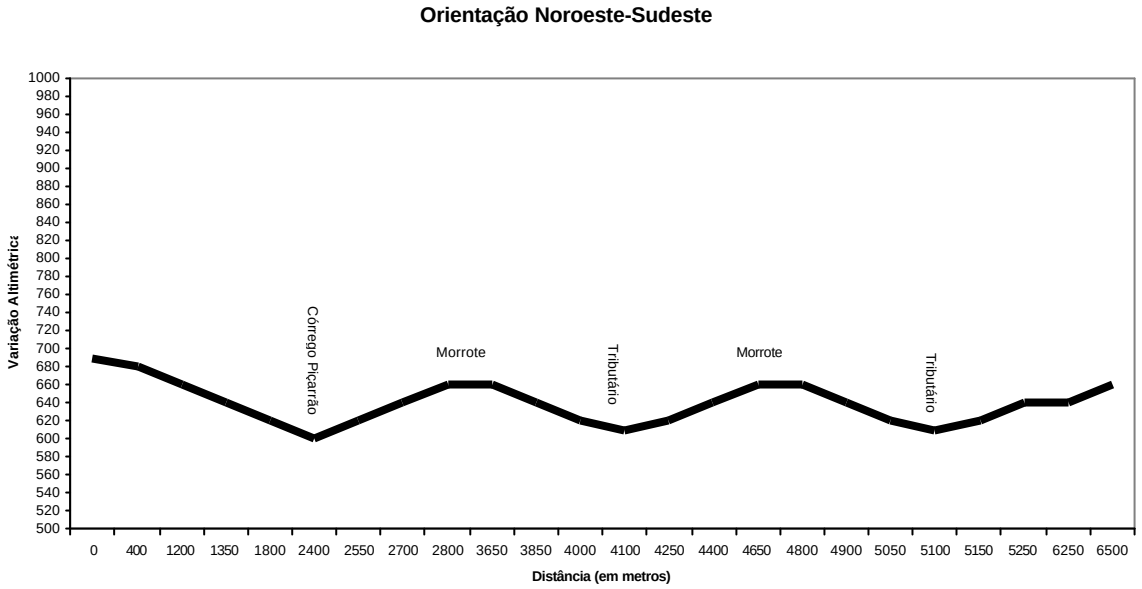


Figura 7.11. Perfil Transversal B'-B'' do córrego do Piçarrão.
Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

7.1.1.3 - Sub-Bacia Ribeirão Fundo

A sub-bacia ribeirão Fundo pertence ao compartimento geomorfológico "Morrotes e Vales Intensamente Dissecados". A sub-bacia ribeirão fundo possui área de 16,263 km^2 e o seu perímetro é de 18,730 km. A variação altimétrica desta sub-bacia é de 80 metros.

A Figura 7.12 mostra a delimitação da área da sub-bacia do ribeirão Fundo. Nesta representação encontra-se a rede de drenagem hierarquizada, as curvas de nível, o limite da sub-bacia hidrográfica, e a demarcação do perfil transversal.

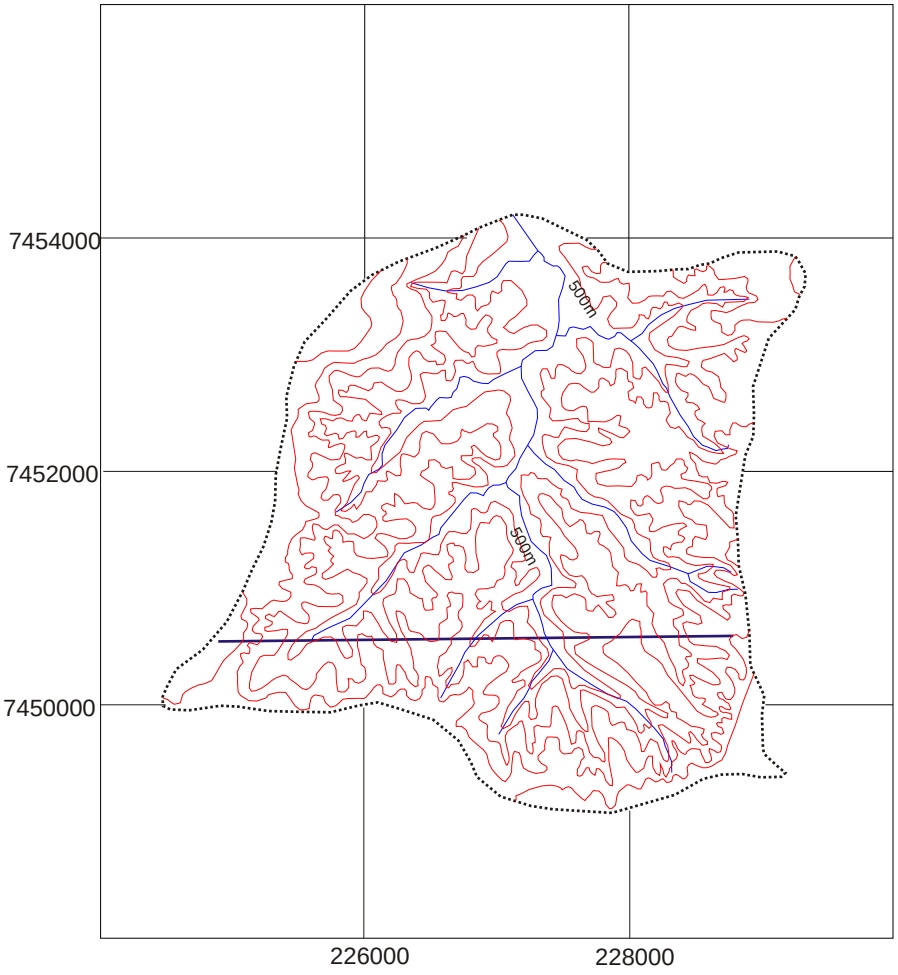
A densidade da drenagem, o índice de sinuosidade e o índice de compacidade para a sub-bacia do ribeirão fundo foram obtidos através dos seguintes cálculos :

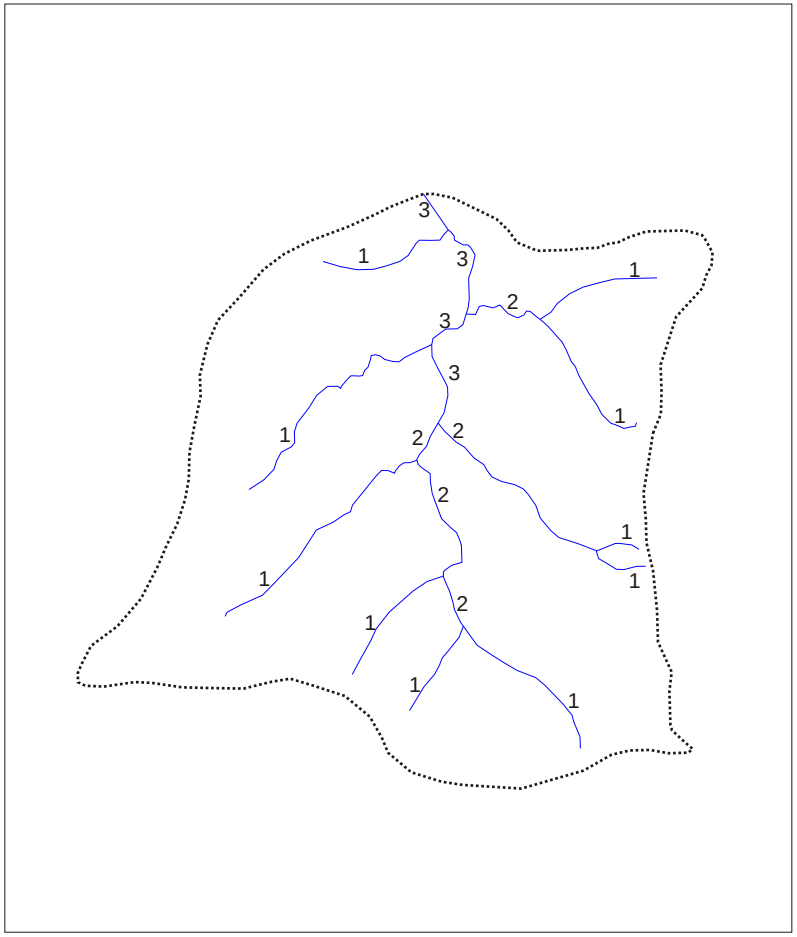
Densidade de Drenagem

DD = L/A;
DD =18730/16263;
DD = 1,151;

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente

Figura 7.12. A SUB-BACIA RIBEIRÃO FUNDO E SUA HIERARQUIZAÇÃO DE DRENAGEM





Convenções Cartográficas e Legenda

- Drenagem
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Curva de Nível
- Perfil Transversal A' - A"

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG
Eqüidistância das curvas de nível: 20 metros

0 0,58 1,16 1,74 2,3 Km

Fonte: Cartas IBGE 1:50.000

Índice de Sinuosidade

SIN = L / L+;
SIN = 5810/4928;
SIN = 1,178

Índice de Compacidadade

Kc = 0,28 * P / √ A;
Kc = 0,28 * 17555/√ 16263096;
Kc = 0,28 * 17555/4032.75;
Kc= 1,218

Cálculo de Declividade

A Tabela 7.5. mostra a distribuição das classes de declividade e seus percentuais na bacia do ribeirão Fundo.

Tabela 7.5. Classes de declividade da sub-bacia ribeirão Fundo.

Classe de Declividade (em %)	Percentagem em área (%)
Classe 1 (0%)	11,87
Classe 2 (0,1 – 5%)	22,78
Classe 3 (5,1 – 10%)	26,96
Classe 4 (10,1 – 15%)	24,93
Classe 5 (15,1 – 20%)	11,9
Classe 6 (20,1 –25%)	1,3
Classe 7 (25,1 – 30%)	0,18
Classe 8 (30,1 – 35%)	0,03
Classe 9 (> 35%)	0

Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

A distribuição das declividades demonstra que as mesmas se encontram em sua grande maioria, nas classes 3 e 4, sendo essa distribuição típica para o compartimento “Morrotes e Vales Dissecados”, demonstrando a alta energia deste tipo de relevo. Aproximadamente 11,9% da área apresentou declividade entre 15,1 e 20 %, associadas principalmente à interface entre os fundos de vales e a borda dos topos, ou seja, a algumas encostas com declive um pouco mais acentuado. As baixas declividades, classes 1, 2 e 3, estão associadas aos fundos dos vales e aos topos dos morrotes.

Perfis Longitudinais

Foi realizado um perfil longitudinal para a sub-bacia do ribeirão Fundo, com a representação do rio principal. O percurso desse rio pode ser observado na Figura 7.12 e a variação altimétrica do percurso através da Figura 7.13.

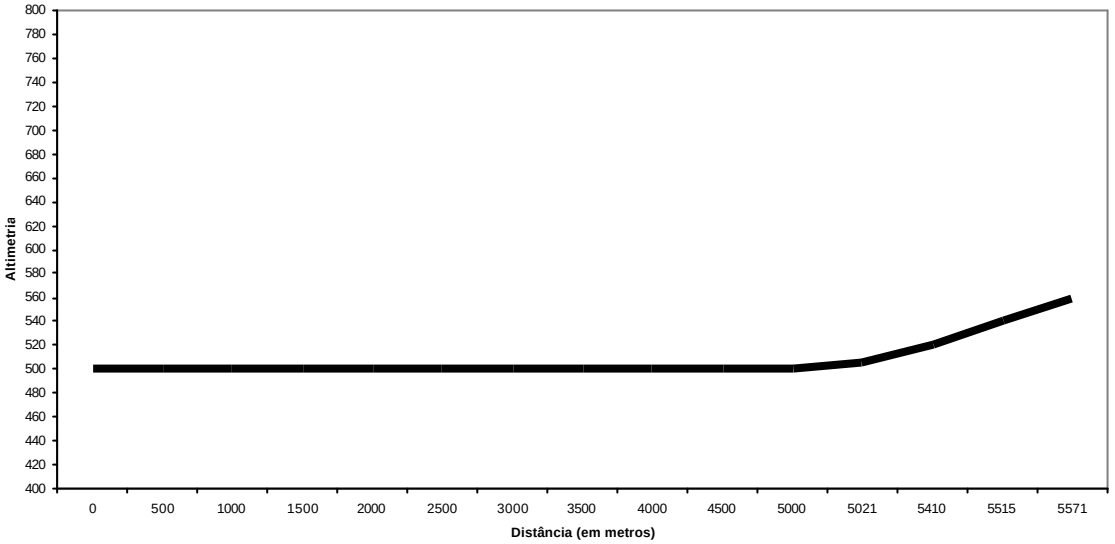


Figura 7.13. Perfil Longitudinal do ribeirão Fundo.
Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

Perfil Transversal

Foi realizado um perfil transversal para a sub-bacia do ribeirão Fundo, com orientação oeste-leste. O traçado do perfil pode ser visualizado através da Figura 7.12. A Figura 7.14 mostra a variação altimétrica ao longo do traçado do perfil.

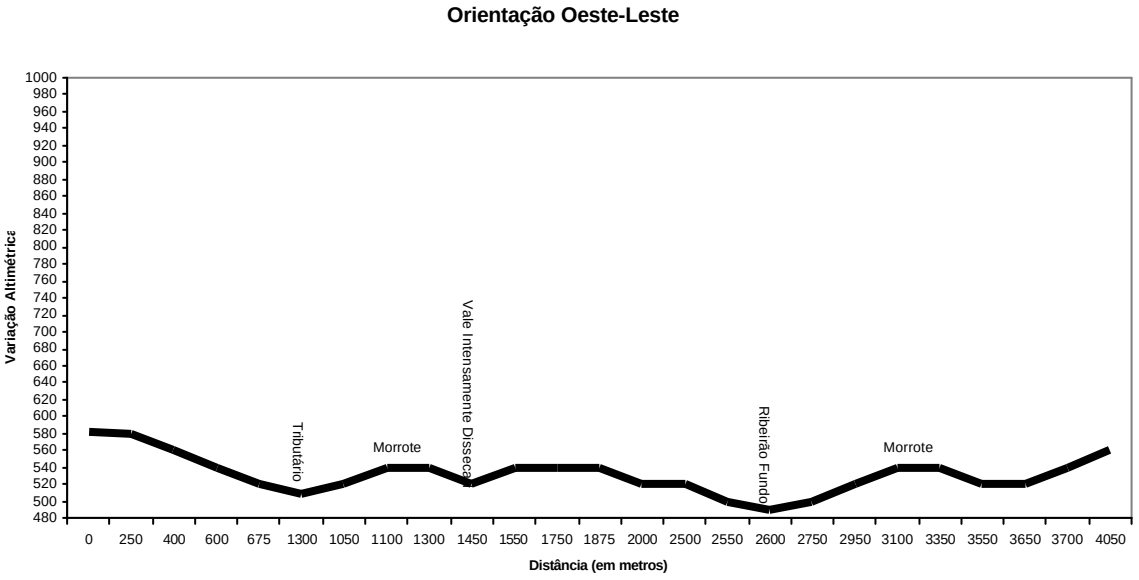


Figura 7.14. Perfil Transversal A'-A'' do ribeirão Fundo.
Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

7.1.1.4 - Sub-Bacia Córrego Fazenda São Bento

A sub-bacia córrego fazenda São Bento pertence ao compartimento geomorfológico “Mar de Morros”. Essa sub-bacia possui área de 10,874 km^2 e o seu perímetro é de 15,071 km. A variação altimétrica desta sub-bacia é de 160 metros.

A Figura 7.15 mostra a delimitação da área da sub-bacia córrego da fazenda São Bento. Nesta representação encontra-se a rede de drenagem hierarquizada, as curvas de nível, o limite da sub-bacia hidrográfica e a demarcação do perfil transversal.

A densidade da drenagem, o índice de sinuosidade e o índice de compacidade para a sub-bacia do córrego fazenda São Bento foram obtidos através dos seguintes cálculos :

Densidade de Drenagem

DD = L/A;
DD =15704/10874;
DD = 1,444;

Índice de Sinuosidade

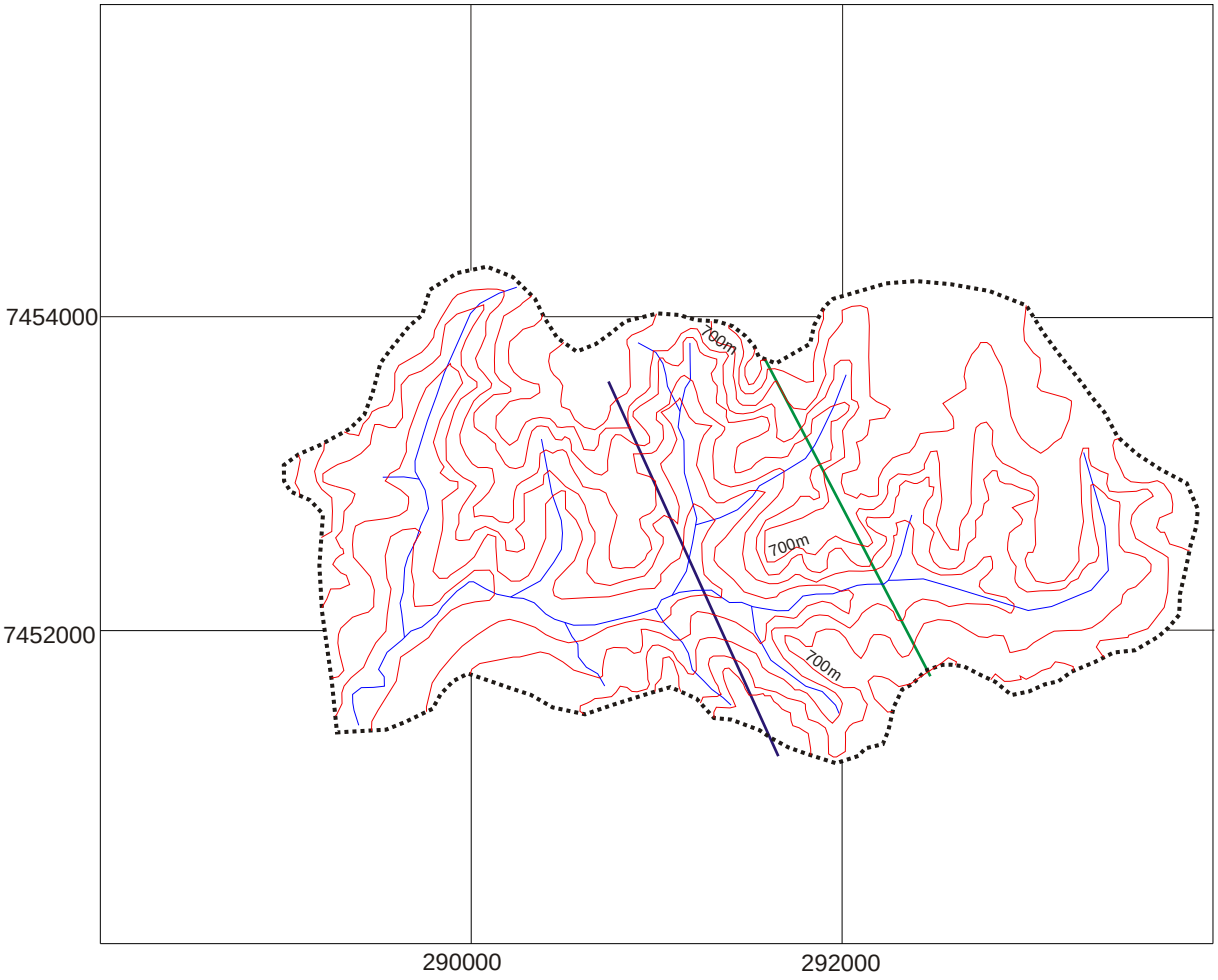
SIN = L / L+;
SIN = 5853/4280;
SIN = 1,367;

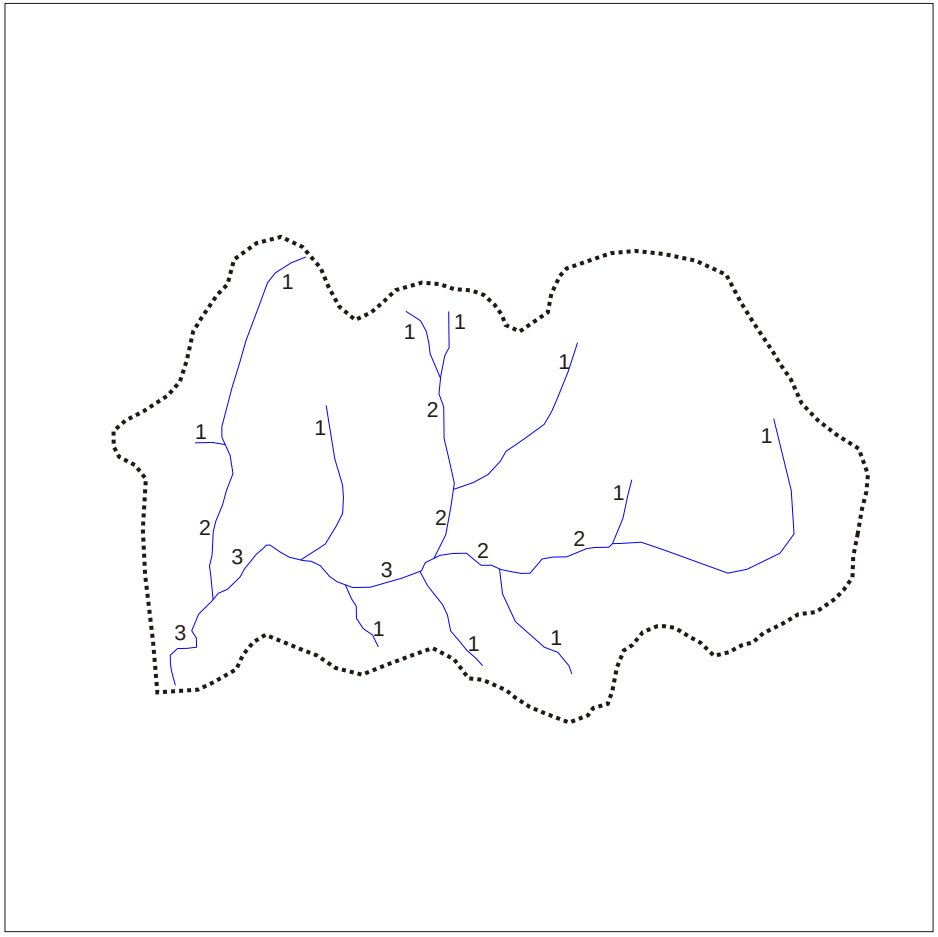
Índice de Compacidadade

Kc = 0,28 * P / √ A;
Kc = 0,28 * 15071/√ 10874884;
Kc = 0,28 * 15071/3297.7;
Kc= 1,27

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente

Figura 7.15. A SUB-BACIA CÓRREGO FAZ. SÃO BENTO E SUA HIERARQUIZAÇÃO DE DRENAGEM





Convenções Cartográficas e Legenda

- Drenagem
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Curva de Nível
- Perfil Transversal A' - A"
- Perfil Transversal B' - B''

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG
Eqüidistância das curvas de nível: 20 metros

0 0,8 1,6 2,4 3,2 Km

Fonte: Cartas IBGE 1:50.000

Cálculo de Declividade

A Tabela 7.6. mostra a distribuição das classes de declividade e seus percentuais na bacia do córrego fazenda São Bento.

Tabela 7.6. Classes de declividade da sub-bacia córrego fazenda São Bento.

Classe de Declividade (em %)	Percentagem em área (%)
Classe 1 (0%)	7,32
Classe 2 (0,1 – 5%)	14,41
Classe 3 (5,1 – 10%)	23,84
Classe 4 (10,1 – 15%)	23,22
Classe 5 (15,1 – 20%)	15,26
Classe 6 (20,1 –25%)	9,51
Classe 7 (25,1 – 30%)	3,72
Classe 8 (30,1 – 35%)	1,51
Classe 9 (> 35%)	1,17

Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

A distribuição das declividades na sub-bacia córrego fazenda São Bento demonstrou que as mesmas encontram-se, em sua grande maioria, entre as classes 3 e 4, distribuição típica para o compartimento “Mar de Morros”, apresentando a alta energia deste tipo de relevo. Aproximadamente 15,26% da área apresentaram declividades variando entre 15,1 e 20 % e em 9,51% apresentaram declividades que variaram de 20,1 a 25%. As baixas declividades (classes 1, 2 e 3) estão associadas aos fundos dos vales e aos topos dos morros. A análise da distribuição da declividade na sub-bacia córrego São Bento, mostrou que o compartimento geomorfológico “Mar de Morros” possui relevo de alta energia.

Perfil Longitudinal

Foi realizado um perfil longitudinal para a sub-bacia córrego fazenda São Bento, com a representação do rio principal. O percurso desse rio pode ser observado na Figura 7.15 e a variação altimétrica do percurso através da Figura 7.16.

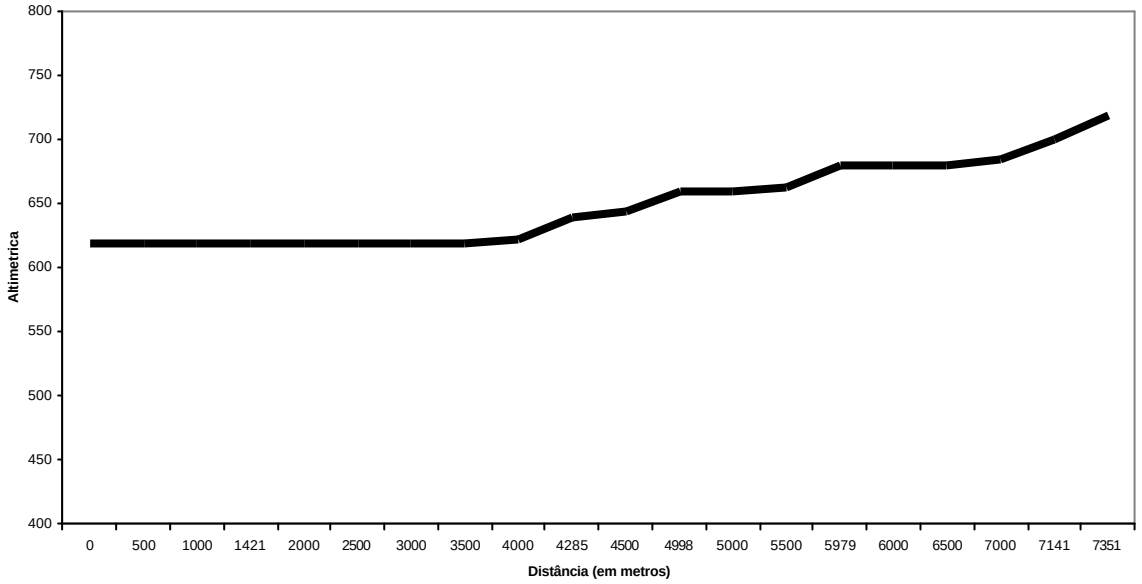


Figura 7.16. Perfil Longitudinal do córrego fazenda São Bento.
Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

Perfis Transversais

Foram realizados dois perfis transversais para a sub-bacia córrego fazenda São Bento, ambos com a orientação noroeste-sudeste. O traçado dos perfis podem ser visualizados através da Figura 7.15. As Figuras 7.17 e 7.18 mostram a variação altimétrica ao longo do traçado dos perfis.

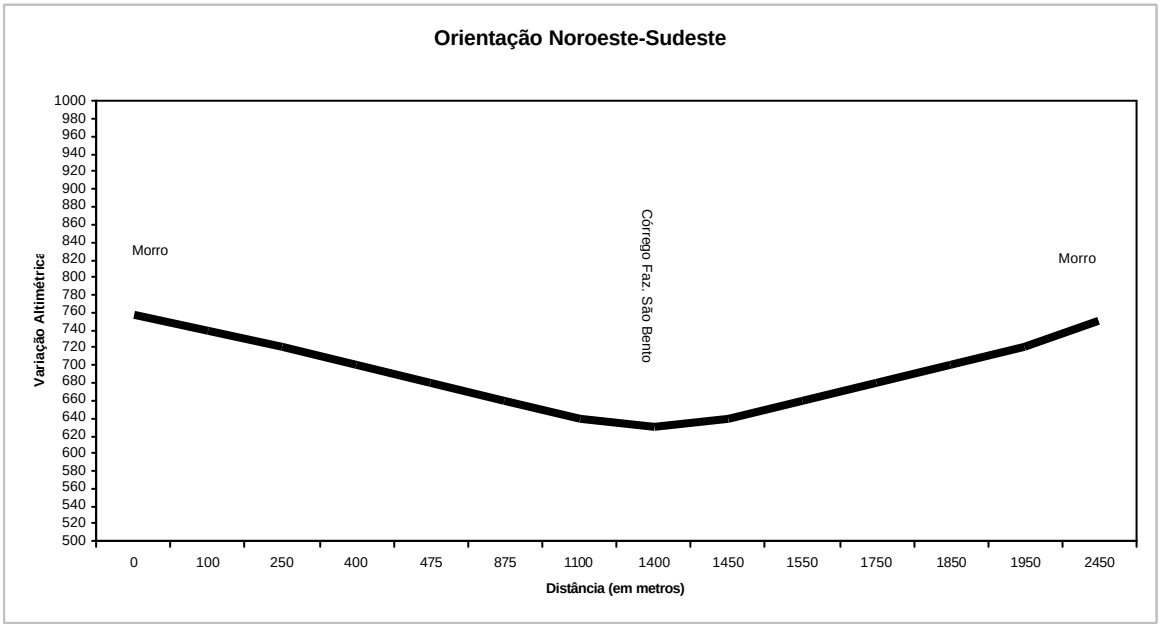


Figura 7.17. Perfil Transversal A' – A'' do córrego fazenda São Bento.
Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

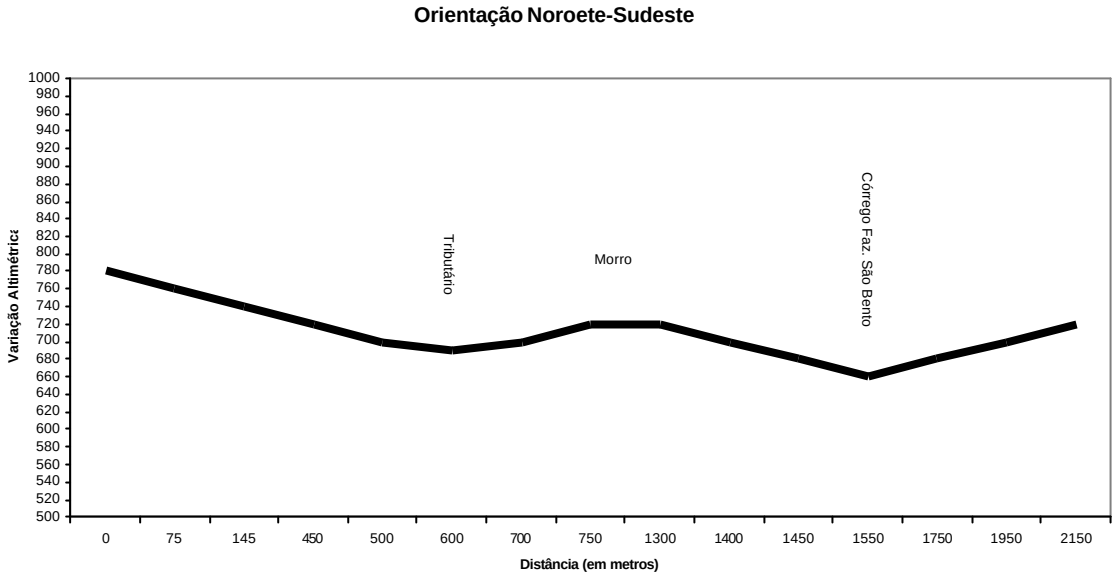


Figura 7.18. Perfil Transversal B' – B'' do córrego fazenda São Bento.
Fonte: Cartas Topográficas do IBGE (escala 1:50.000).

7.1.1.5 – Conclusões

A análise morfométrica das sub-bacias selecionadas mostrou que existem diferenciações significativas nas variáveis analisadas, que as qualificam como pertencentes a compartimentos geomorfológicos distintos.

A densidade de drenagem mostrou que a sub-bacia córrego do Carneiro possui o maior índice com 1,480 e a sub-bacia córrego fazenda São Bento apresentou o segundo maior valor com 1,444. O resultado da densidade de drenagem para a sub-bacia córrego do Carneiro apresentou-se como uma contradição à classificação da mesma como uma sub-bacia pertencente ao compartimento "Topos Aplainados". O resultado apresentado deve-se ao fato de que parte desta sub-bacia encontra-se classificada como pertencente ao compartimento geomorfológico "Morrotes e Vales Dissecados", justificando maior densidade de drenagem em virtude de uma maior dissecação do relevo. O terceiro maior valor de densidade de drenagem foi encontrado na sub-bacia córrego Piçarrão com 1,256 e o quarto maior valor na sub-bacia ribeirão Fundo. Apesar do córrego Píçarrão pertencer ao compartimento "Morrotes e Vales Dissecados", apresentou valor superior ao do ribeirão Fundo que representa o compartimento "Morrotes e Vales Intensamente Dissecados". Esse resultado deveria ser inverso, mas deve-se considerar a diferença de área de uma bacia para a outra, pois a sub-bacia córrego Piçarrão é 4,77 vezes maior que a sub-bacia ribeirão Fundo. A sub-bacia ribeirão

Mandacarú apresentou o menor valor de densidade de drenagem, 1,071, sendo este um valor que deve ser considerado como habitual para as sub-bacias pertencentes ao compartimento “Topos Aplainados”.

O maior valor de sinuosidade foi apresentado pela sub-bacia córrego do Piçarrão com 1,560, seguido pela sub-bacia córrego fazenda São Bento com 1,367. As sub-bacias ribeirão Fundo, ribeirão Mandacarú e córrego do Carneiro apresentaram respectivamente os seguintes valores: 1,178, 1,283 e 1,095. O valor apresentado pela sub-bacia ribeirão Mandacarú expressa o comportamento dos percursos dos rios pertencentes ao compartimento geomorfológico “Topos Aplainados”, ou seja, rios poucos sinuosos e de baixa densidade.

O índice de compacidade do relevo foi bastante elevado na sub-bacia córrego do Carneiro (4,7), bastante superior ao apresentado pelas outras sub-bacias, 1,659 para o córrego Piçarrão, 1,543 para o ribeirão Mandacarú, 1,270 para o córrego fazenda São Bento e 1,218 para o ribeirão Fundo. Esses resultados demonstraram que na sub-bacia córrego do Carneiro existe grande probabilidade de ocorrência de enchentes ao longo de seu percurso devido à relação “perímetro x forma” circular da bacia ser bastante elevada.

A análise da declividade é a que melhor mostrou as diferenciações existentes entre os compartimentos geomorfológicos. Baseado na análise da distribuição percentual das declividades, foi possível constatar que a sub-bacia córrego Fazenda São Bento apresentou os maiores declives, expressando a alta energia, característica do compartimento geomorfológico “Mar de Morros”. Seguindo essa ordem de energia a sub-bacia ribeirão Fundo apresentou a segunda maior distribuição de altas declividades, a sub-bacia córrego Píçarrão apresentou a terceira maior distribuição e as sub-bacias ribeirão Mandacarú e córrego do Carneiro apresentaram a quarta maior distribuição de declividades elevadas e a primeira maior distribuição de baixas declividades. A distribuição de declividade pode ser utilizada como um dos parâmetros para a determinação da energia do relevo, e por conseqüência a energia dos compartimentos geomorfológicos. A Tabela 7.7. mostra uma síntese das características morfométricas das sub-bacias hidrográficas analisadas.

Tabela 7.7. Síntese das características morfométricas das sub-bacias analisadas.

		Sub-Bacias				
		Córrego do Carneiro	Ribeirão Mandacarú	Córrego do Piçarrão	Ribeirão Fundo	Córrego São Bento
Compartimento Geomorfológico		Topos Aplainados	Topos Aplainados	Morrotes e Vales Dissecados	Morrotes e Vales Intensamente Dissecados	Mar de Morros
Área (Km^2)		18,43	39,138	77,672	16,263	10,874
Perímetro (km)		22,78	34,476	52,223	18,730	15,071
Densidade de Drenagem		1,48	1,071	1,256	1,151	1,444
Índice de Sinuosidade		1,283	1,095	1,560	1,178	1,367
Índice de Compacidade		4,7	1,095	1,659	1,21	1,27
Declividade	(0%)	5,19		9,74	11,87	7,32
	(0.1 – 5%)	56,02		46,48	22,78	14,41
	(5.1 – 10%)	3,17		27,46	26,96	23,84
	(10.1 – 15%)	8,02		11,98	24,93	23,22
	(15.1 – 20%)	0,55		2,99	11,9	15,26
	(20.1 – 25%)	0,01		0,9	1,3	9,51
	(25.1 – 30%)	0		0,36	0,18	3,72
	(30.1 – 35%)	0		0,05	0,03	1,51
	(> 35%)	0		0	0	1,17

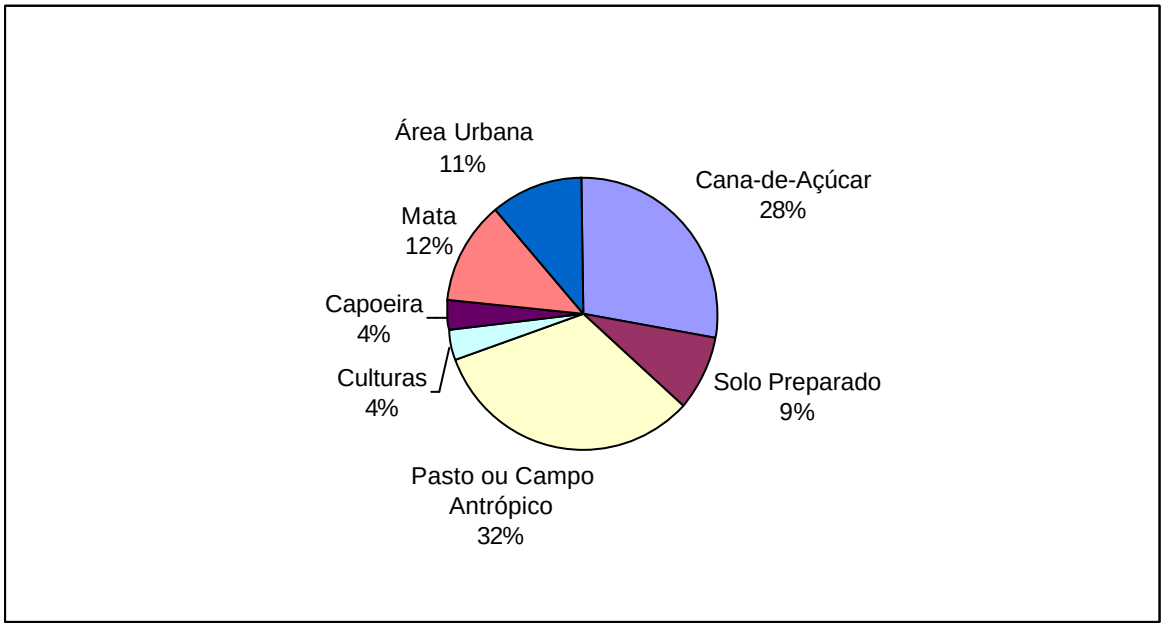
7.2 - INFORMAÇÕES DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL

As informações sobre o uso da terra e de cobertura vegetal foram obtidas com base nas imagens produzidas pela Embrapa Monitoramento por Satélite, tendo como referência as seguintes publicações: a Carta de Utilização das Terras do Estado de São Paulo, IGC, escala 1:250.000 folha de Campinas (1980) e o Levantamento de Cobertura Vegetal Natural do Estado de São Paulo – tabelas de quantificação por município – Projeto Olho Verde – DEPRN/SMA, 1988/1989.

Foram extraídas sete feições de uso da terra e de cobertura vegetal, cinco delas presentes na legenda dos referidos mapeamentos: Cultivo de cana-de-açúcar, pasto ou campo antrópico, mata, capoeira e área urbana; Duas feições foram criadas: solo preparado e culturas. A feição culturas foi criada admitindo, pela impossibilidade de distinção, que a mesma pode ser composta por variedades de tipos de culturas, tais como: citrus, culturas perenes, café, culturas anuais e hortifrutigranjeiros, presentes na legenda da Carta de Utilização das Terras do Estado de São Paulo. A feição solo preparado corresponde a áreas de cultivo de cana-de-açúcar que nas imagens apresentam-se como solo exposto.

O Gráfico 7.1 mostra a distribuição em percentagem de cada classe de uso da terra e a Figura 7.19 mostra a distribuição espacial dessas classes na bacia hidrográfica.

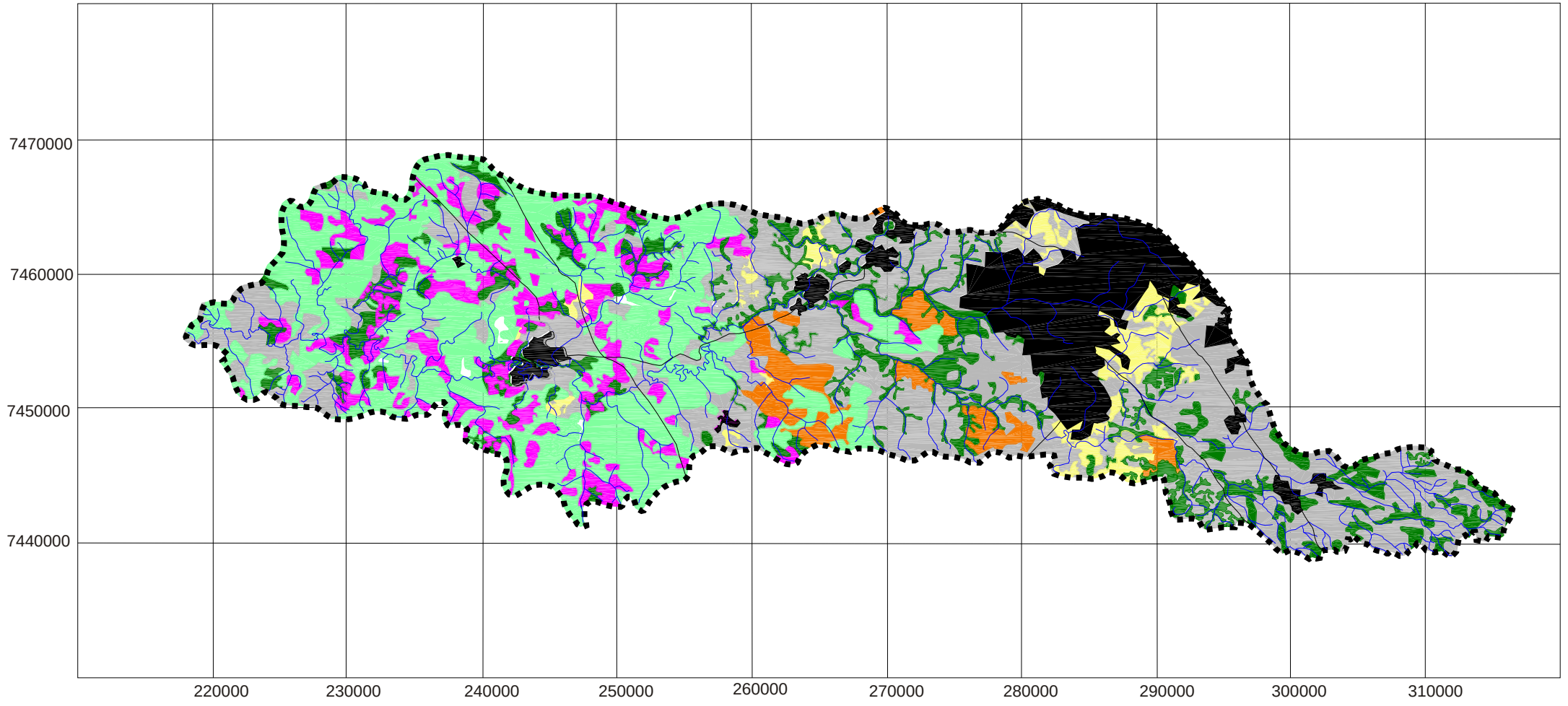
Gráfico 7.1. Distribuição percentual das classes de uso da terra na bacia do rio Capivari.



Fonte: EMBRAPA, IGC e DPRN.

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente

Figura 7.19. MAPA DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI-SP



Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Área Urbana
- Estradas
- Limite Municipal

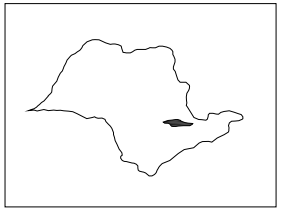
Legenda

- Cana-de-Açúcar
- Pasto ou Campo Antrópico
- Solo Preparado
- Culturas
- Mata
- Capoeira

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Inbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG

0 5 10 15 20 km

Localização da bacia no Estado de São Paulo



7.2.1 - Cana-De-Açúcar

Constitui-se uma cultura anual muito importante para economia da região, ocupando uma área significativa na bacia hidrográfica do rio Capivari. Está distribuída geograficamente na porção oeste e central da bacia e ocupa quase que totalmente o compartimento geomorfológico dos “Topos Aplainados”, que apresenta relevo suave, pouco movimentado, quase que plano, facilitando o uso de máquinas para a preparação dos solos. O plantio dessa cultura ocorre no início do período chuvoso ou até no seco, o que exige irrigação, e se prolonga durante todo o período chuvoso encerrando-se com a queimada e corte das plantas. Após o corte, o solo fica exposto esperando o plantio, ocupando grandes áreas ao arredor de outras que ainda possuem cana. Como já mencionado, o uso de máquinas é intenso, principalmente no início do ciclo, e a colheita é feita com uso de mão-de-obra urbana e rural e a produção é transportada por caminhões para as usinas.

Por fazer uso de máquinas para o preparo do solo, esse tipo de cultivo assume grande importância no estudo da vulnerabilidade aos processos erosivos e na dinâmica hidrológica dos solos, pois o intenso trabalho mecânico dos solos e o peso exercido pelas máquinas, alteram progressivamente suas características físicas. Fatos esses mencionados por PROCHONOW (1990) e OLIVEIRA (1983). Mas por ser uma cultura rentável, existe uma preocupação dos agricultores em manter a produtividade das terras que para serem mantidas exige a implantação de práticas conservacionistas de uso, evitando grandes perdas de solo por erosão laminar. Uma dessas práticas, difundidamente usada, é o plantio em curvas de nível. Embora observado o uso de práticas conservacionistas, as alterações no meio são apenas minimizadas, sendo grande a influência desse cultivo na alteração dos processos ambientais na região. A Figura 7.20 mostra áreas cobertas por cultivo de cana-de-açúcar.



Figura 7.20. Área de topos aplainados coberta pelo cultivo de cana-de-açúcar (Localização: Estrada Campinas – Capivari; Data: Dezembro de 2002).

7.2.2 - Solo Exposto ou Preparado

Feição ligada fundamentalmente à cana-de-açúcar. Constituem-se áreas onde o solo está preparado para o plantio do cultivo. Assim como a feição de uso cana-de-açúcar, ocupa geograficamente a região oeste e central da bacia hidrográfica, corresponde principalmente à compartimentação geomorfológica dos "Topos Aplainados". Essa classe é muito importante no estudo da erosão dos solos na região, pois em áreas de sua ocorrência a erosão laminar é severa, principalmente diante de eventos chuvosos no período de estiagem. A Figura 7.21 mostra solo preparado para o cultivo em topos aplainados.



Figura 7.21. Área de topos aplainados com a presença de solo preparado para cultivo (Localização: Município de Elias Fausto; Data: Dezembro de 2002).

7.2.3 - Pasto ou Campo Antrópico

Feição de uso constituída de terras ocupadas por pasto (capim ralo e esparso) ou áreas rurais e urbanas destinadas à especulação. Distribuem-se ao longo de toda a bacia hidrográfica com observações em todos os compartimentos geomorfológicos, concentrando-se mais a leste da bacia (área de conurbação entre os municípios da “Grande Campinas”).

Feição de uso considerada como de alta influência na aceleração de processos erosivos e na dinâmica da água. O pastoreio por animais ou a manutenção de áreas descampadas, provoca a alteração de propriedades físicas dos solos e que dependendo das características ambientais da área, podem influenciar em alterações significativas na paisagem. As Figuras 7.22 e 7.23 mostram a presença de pasto e de campo antrópico na bacia do rio Capivari.



Figura 7.22. Campo Antrópico em topos aplainados (Localização: Estrada Campinas – Capivari; Data: Dezembro de 2002).



Figura 7.23. Área de topos aplainados com a presença de pasto (Localização: Município de Capivari; Data: Dezembro de 2002).

7.2.4 - Culturas

Feição de uso que abrange vários tipos de culturas, tais como: Citrus, Culturas Anuais, Café, Fruticultura e Hortifrutigranjeiros. As culturas mais significativas, de acordo com a Carta de Uso e Ocupação do solo do Estado de São Paulo são: as Culturas Anuais e os Hortifrutigranjeiros. No mapeamento efetuado ocupam a região leste da bacia hidrográfica e estão localizadas próximas às áreas urbanas, principalmente na “Grande Campinas”. Mas, possivelmente encontram-se ao longo de toda a bacia hidrográfica. Essa feição encontra-se dentro de todas as unidades geomorfológicas, sendo mais representativa nos compartimentos “Topos Aplainados”.

A influência desses tipos de uso com relação à alteração de processos ambientais varia de cultura para cultura, o que também irá depender das características ambientais em que elas se inserem assim como o uso de práticas conservacionistas. A Figura 7.24 mostra uma área onde se encontra a presença dessa classe de uso.



Figura 7.24. Presença da classe culturas, nesse registro “citros”. (Localização: Município de Louveira; Data: Dezembro de 2002)

7.2.5 - Capoeira

Constitui-se de formas de vegetação baixa de grande densidade, localizadas nos topos de morros, encostas, vales ou áreas planas inundadas. Distribuem-se ao longo de toda a bacia hidrográfica, principalmente próxima à região de Campinas.

A presença de capoeira é um fator bastante importante para o estudo dos processos erosivos e da dinâmica da água no solo, pois a mesma exerce uma proteção natural contra os efeitos ocasionados pela chuva na superfície dos solos. Assim como fornece uma quantidade relativa de matéria orgânica que aumenta a capacidade de retenção de água.

7.2.6 - Mata

É caracterizada por formas de vegetação com a presença de arbustos e de árvores de médio porte com formação típica de floresta ombrófila densa, com fisionomia semelhante às encontradas na Serra do Mar (CBH-PCJ, 1999. p. 38). Inclui-se nesta classe as áreas de reflorestamento por eucaliptos e pinheiros, assim como a mata ciliar.

Localizam-se ao longo de toda a bacia estando presente em todas os compartimentos geomorfológicos e em todas as formas de relevo: topos de morros, encostas, fundo de vales e ao longo das várzeas.

Possui papel fundamental na dinâmica hídrica e dos processos erosivos, pois constitui-se em uma proteção natural de alta densidade e fornecedora de grande quantidade de matéria orgânica aos solos. As Figuras 7.25 e 7.26 mostram a presença da classe cobertura vegetal mata.



Figura 7.25. Mata (Localização: Município de Louveira; Data: Dezembro de 2002)



Figura 7.26. Compartimento “Mar de Morros” coberto parcialmente por mata nativa (Localização: Município de Louveira; Data: Dezembro de 2002).

7.3 - INFORMAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

As informações do elemento climático pluviosidade foram obtidas através dos dados de 20 estações meteorológicas da rede DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo), distribuídas pela área da bacia e de seu entorno. A Tabela 7.8 contém a descrição das estações meteorológicas utilizadas para a obtenção dos dados pluviométricos. Nesta tabela estão descritos: o número da estação, o nome da estação, o município em que ela se localiza, a altitude, as coordenadas geográficas (latitude e longitude) e as coordenadas UTM. A Figura 7.27 mostra a distribuição espacial das estações meteorológicas na bacia hidrográfica.

Tabela 7.8. Descrição das estações meteorológicas DAEE (1997).

Número	Nome	Município	Altitude	Latitude	Longitude	UTMx	UTMy
D3-002	Salto Grande	Campinas	690m	22°55’	46°53’	306850	7464468
D4-011	Fazenda Sete Quedas	Campinas	620m	22°58’	47°05’	302000	7458700
D4-044	Campinas	Campinas	710m	22°53’	47°04’	287990	7467907
D4-046	Faz. Monte D’este	Campinas	600m	22°46’	47°02’	291233	7480875
D4-047	Barão Geraldo	Campinas	630m	22°50’	47°03’	289624	7473469
D4-068	Rio das Pedras	Rio das Pedras	615m	22°59’	47°37’	232150	7468150
D4-069	Capivari	Capivari	500m	47°19’	47°19’	239750	7454250
D4-071	Ibitiruna	Piracicaba	490m	22°46’	47°57’	197067	7479290
D4-079	Bom Retiro	Santa Bárbara D’Oeste	600m	22°48’	47°28’	246786	7476506
D4-083	Bairro Pavioti	Monte Mor	610m	22°56’	47°15’	269350	7460150
D4-092	Usina Bom Retiro	Capivari	570m	22°53’	47°27’	250532	7356529
E3-053	Ermida	Jundiaí	730m	23°12’	46°59’	297017	7432955
E4-010	Pereiras	Pereiras	510m	23°03’	47°57’	197697	7447896
E4-013	Elias Fausto	Elias Fausto	580m	23°01’	47°21’	259150	7452703
E4-037	Vista Redonda	Tietê	570m	23°00’	47°43’	220900	7453850
E4-062	Buriti	Itupeva	690m	23°05’	47°03’	290010	7445781
E4-118	Porto Feliz	Porto Feliz	540m	23°12’	47°31’	242412	7432110
E4-119	Samambaia	Elias Fausto	660m	23°05’	47°25’	252437	7445207

Fonte: DAEE(1997).

Tabela 7.8. Descrição das estações meteorológicas DAEE(1997). (Continuação).

Número	Nome	Município	Altitude	Latitude	Longitude	UTMx	UTMy
E4-120	Tietê	Tietê	470m	23°05'	47°42'	223398	7444698
E4-123	Viracopos	Campinas	640m	23°01'	47°08'	281450	7455100

Fonte: DAEE(1997).

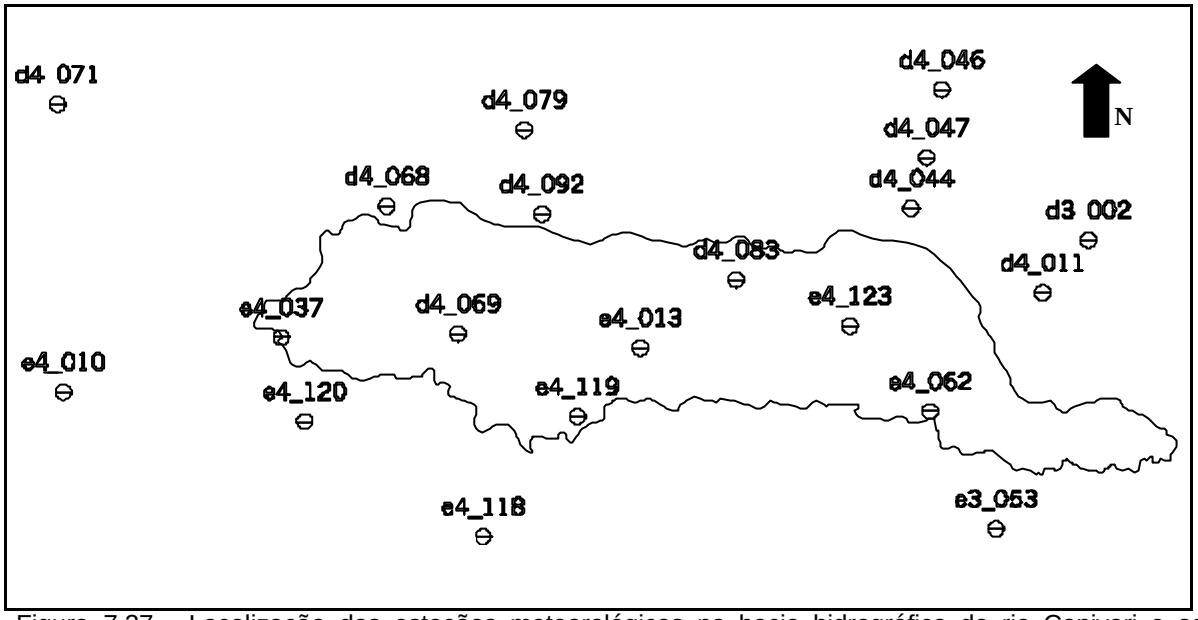


Figura 7.27. Localização das estações meteorológicas na bacia hidrográfica do rio Capivari e seu entorno.

Fonte: DAEE(1997).

7.3.1 - Totais Pluviométricos Mensais

Através dos dados obtidos nas vinte estações pluviométricas, tornou-se possível a transformação dos mesmos em informações relativas às médias dos totais pluviométricos mensais registradas de janeiro de 1971 até dezembro de 1996. A partir destas foi possível elaborar a carta de distribuição anual média de chuva na área da bacia, a variação média mensal de chuva, assim como a variação média de chuva no período chuvoso e período seco. A Tabela 7.9 mostra a média dos totais pluviométricos mensais nas vinte estações meteorológicas, assim como os totais médios anuais para cada estação.

Tabela 7.9. Totais médios mensais e totais médios anuais nas 20 estações metorológicas.

Estação	Média Mensal (1971 – 1996)												Média Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
D3-002	252,05	173,61	170,58	99,41	81,43	57,16	48,72	38,15	92,84	139,83	161,7	236,79	1552,33
D4-011	225,35	167,50	147,78	77,44	85,84	55,03	39,25	36,84	73,57	113,01	125,04	214,77	1361,46
D4-044	246,22	176,6	172	80,97	79,55	53,29	40,7	35,26	76,36	129,05	144,64	211,12	1448,8
D4-046	251,87	174,67	152,37	85,42	75,4	52,72	39,87	34,35	71,88	134,99	159,84	224,71	1458,14
D4-047	266,28	186,73	181,42	82,82	76,28	53,91	41,88	32,9	75,69	137,08	147,76	239,77	1522,57
D4-068	198,43	178,88	161,18	80,7	79,51	53,4	39,40	31,71	82,07	131,76	125,3	199,53	1361,92
D4-069	204,90	193,86	148,43	68,77	71,16	57,13	42,63	30,25	75,67	116,02	118,98	174,08	1301,93
D4-071	194,5	166,2	151,86	81,09	76,25	53,08	36,46	34,96	76,6	109,91	128,87	188,23	1298,06
D4-079	208,36	169,89	147,34	78,81	75,88	55,4	38,33	32,03	74,96	121,51	145,52	199,47	1347,55
D4-083	214,08	176,61	151	75,93	83,57	57,60	39,14	33,13	79,69	117,42	141,06	217,64	1386,93
D4-092	198,77	178,13	148,54	69,17	73,85	55,88	27,72	31,14	78,05	114,99	119,23	183,40	1278,90
E3-053	221,65	198,59	140,56	77,86	78,47	61,4	54,58	37,3	79,08	120,37	152,75	223,36	1446,02
E4-010	209,28	156,78	154,66	71,51	75,38	64,19	41,42	36	79,02	120,98	116,23	185,09	1310,59
E4-013	177,76	173,86	141,52	74,24	76,57	53,8	36,35	35,49	78,78	132	133,4	203,41	1317,24
E4-037	197,69	152,28	145,08	77,43	73,65	56,57	43,20	31,1	79,14	114,71	112,50	172,35	1255,75
E4-062	231,21	185,63	178,18	88,96	77,83	57,18	47,75	36,09	88,32	112,85	147,59	224,17	1475,79
E4-118	221,05	152,89	131,98	73,86	75,19	63,05	49,26	37,77	86,68	112,39	123,5	187,1	1314,77
E4-119	202,18	164,51	135,55	69,8	75,59	57,14	47,99	35,21	74,66	126,16	119,6	191,85	1300,3
E4-120	201,22	155,53	144,25	68,57	74,50	56,26	46,38	32,73	78,32	106,59	113,88	177,07	1255,35
E4-123	200,27	165,56	145,52	73,17	75,27	56,07	36,97	30,81	77,86	120,02	131,59	215,92	1329,09

Fonte: DAEE(1997).

As Figuras 7.28 e 7.29 demonstram a distribuição espacial da interpolação, das médias dos totais pluviométricos mensais, mês a mês, na bacia hidrográfica do rio Capivari. A seqüência está ordenada dos meses mais chuvosos (de outubro a março) aos meses mais secos (de abril a setembro). A variação dos níveis dos valores é representada em algumas linhas por rótulos de dados expressos em milímetros.

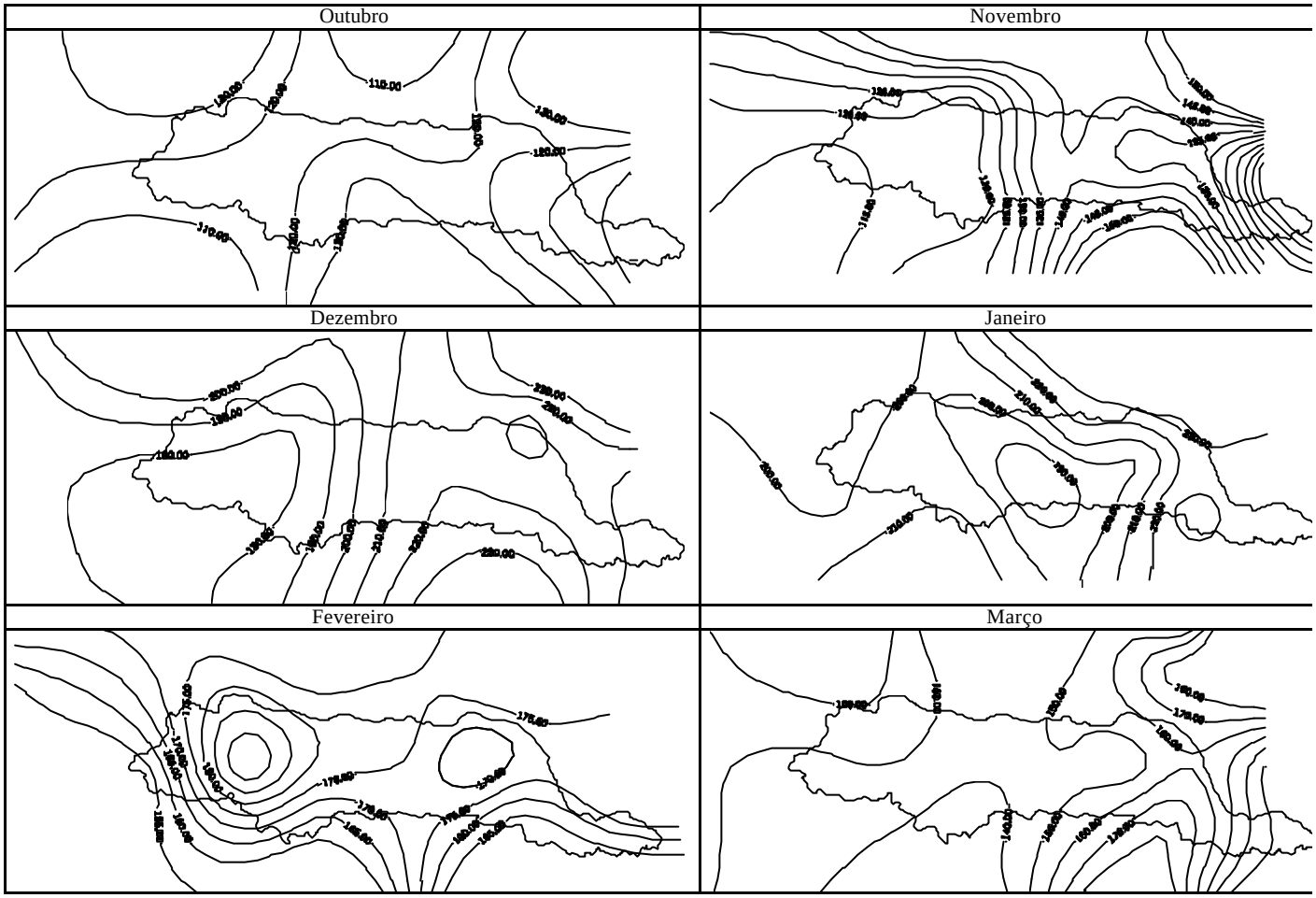


Figura 7.28. Distribuição espacial das médias pluviométricas (em mm) dos meses chuvosos de Outubro a Março da bacia do rio Capivari (período: de 1971 a 1996).

Fonte: DAEE(1997).

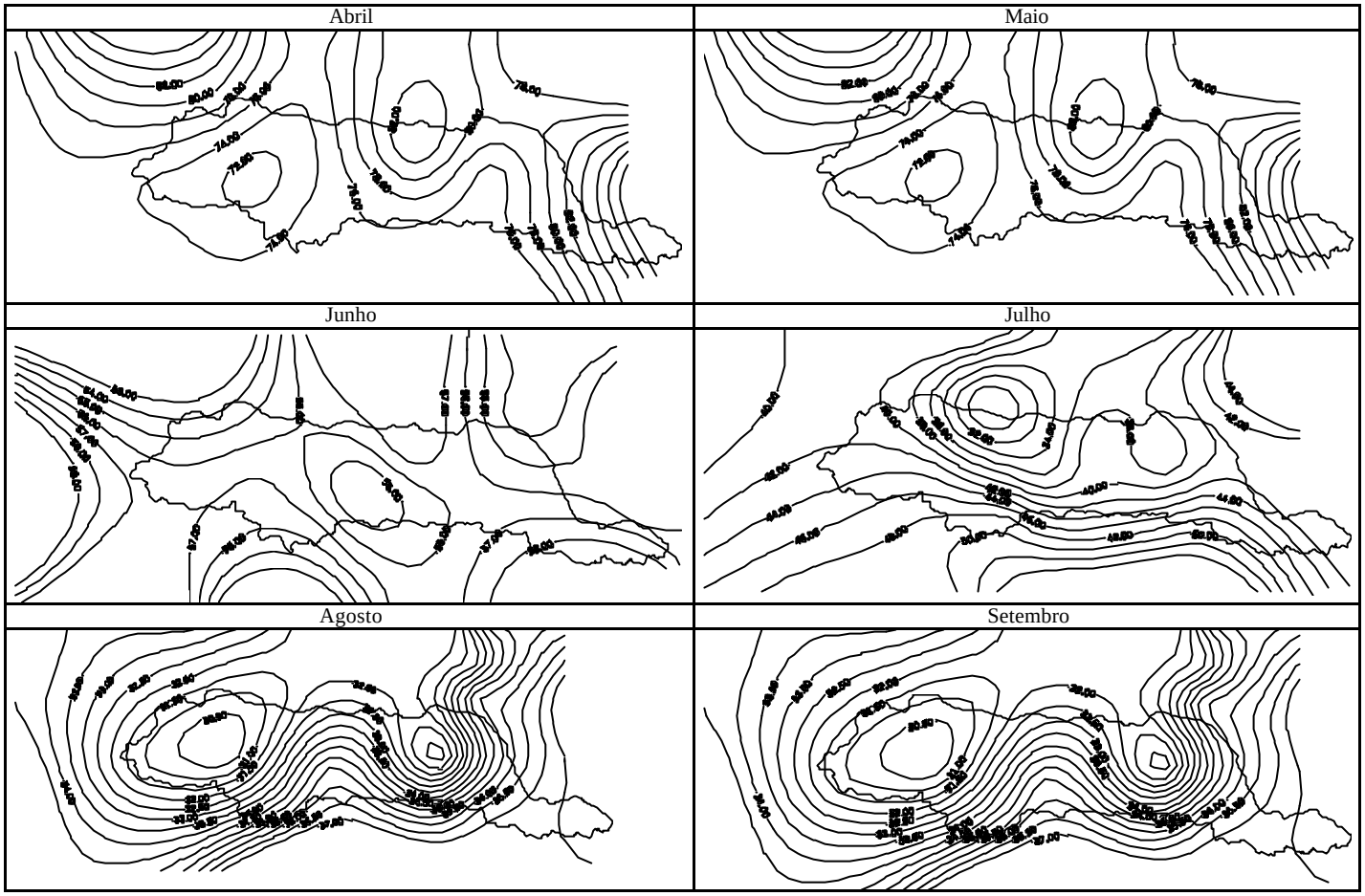


Figura 7.29. Distribuição espacial das médias pluviométricas (em mm) dos meses secos de Abril a Setembro da bacia do rio Capivari (período: de 1971 a 1996).

Fonte: DAEE(1997).

7.3.2 - Total Pluviométrico Médio Anual

A partir da soma dos totais pluviométricos médios mensais foi possível representar o total pluviométrico médio anual para cada estação, já expressos na Tabela 7.9. A partir desses valores, tornou-se possível a elaboração de uma carta de distribuição de totais pluviométricos médios anuais para toda a bacia hidrográfica do rio Capivari através da técnica de interpolação. A Figura 7.30 mostra esta distribuição espacial dos totais pluviométricos médios anuais.

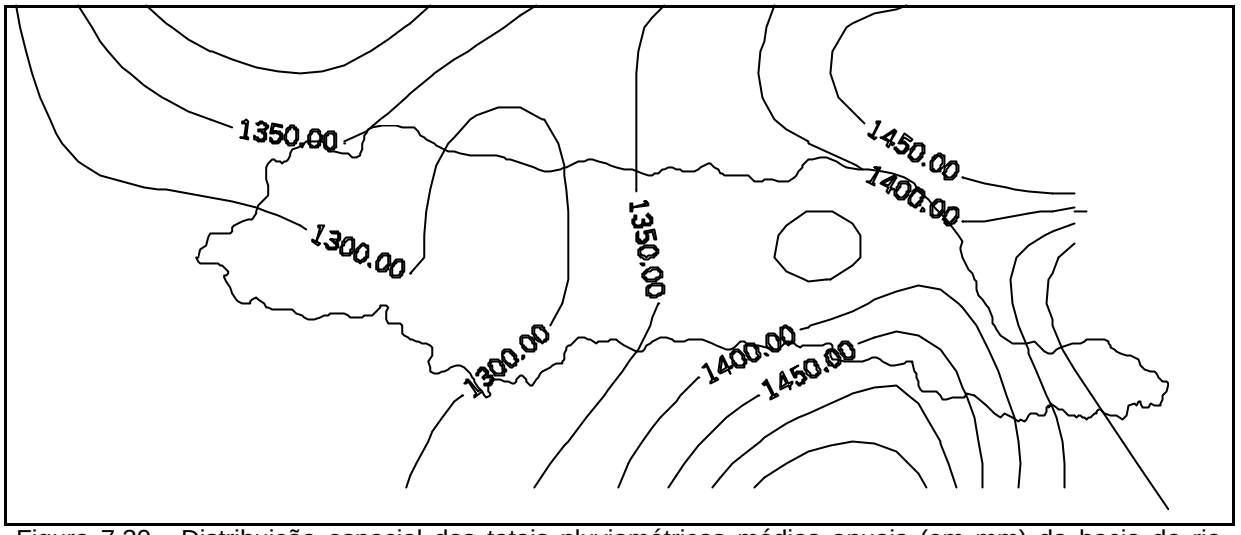


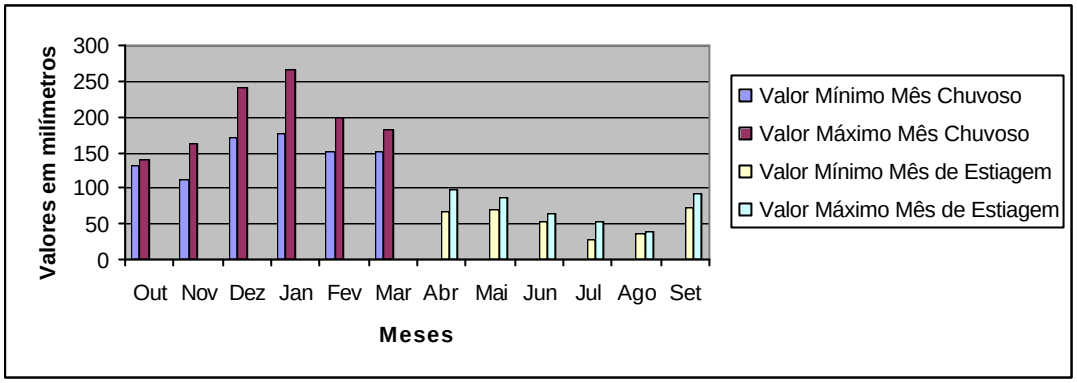
Figura 7.30. Distribuição espacial dos totais pluviométricos médios anuais (em mm) da bacia do rio Capivari (período: de 1971 a 1996).

Fonte: DAEE(1997).

7.3.3 - Totais Pluviométricos nos seis Meses mais Chuvosos e nos seis Meses Mais Secos.

A partir da soma das médias dos seis meses mais chuvosos e dos seis meses mais secos foi possível a representação dos totais pluviométricos dos respectivos períodos para cada estação meteorológica. Os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março são ditos como os mais chuvosos a partir de uma conclusão obtida através da observação indutiva dos dados. Os valores médios de pluviosidade mensal apresentaram-se para esses meses superiores com relação aos meses ditos como de estiagem. Este fato pode ser observado através da análise dos valores da Tabela 7.9 para cada mês em diferentes estações, assim como pela observação dos mapas representados pelas Figuras 7.28. e 7.29 que expressam a distribuição dos valores médios mensais interpolados para a bacia hidrográfica do rio Capivari. Ainda sim, é possível constatar essa afirmação através do Gráfico 7.2, que representa a variação dos valores máximos e mínimos para cada mês considerando os dados das vinte estações meteorológicas.

Gráfico 7.2. Distribuição dos valores médios mínimos e máximos nos meses chuvosos (de outubro a março) e nos meses de estiagem (de abril a setembro).



Fonte: DAEE(1997).

O Gráfico 7.2 demonstra que os meses ditos como chuvosos apresentam valores médios de pluviosidade média mensal, no período de 1971 a 1996, variando de mais de 250mm, como valor máximo, e mais de 100 mm como valor mínimo. Para os meses de estiagem o Gráfico 7.2 demonstra que os valores para esses meses variam de menos de 100mm para valores máximos e aproximadamente mais de 30mm para valores mínimos. Como conclusão, a análise do Gráfico 7.2 também justifica a classificação dos meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março como meses chuvosos e como de estiagem os meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro.

A Tabela 7.10 apresenta os valores médios mensais nos meses chuvosos para cada estação e sua soma e a Figura 7.31 demonstra a distribuição espacial da soma dos totais pluviométricos médios mensais dos meses chuvosos na bacia do rio Capivari.

Tabela 7.10. Totais médios mensais dos meses chuvosos (em mm) e valores de sua soma para cada estação meteorológica.

Estações	Meses Chuvosos						Soma
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	
D3-002	139.83	161,7	236,79	252,05	173,61	170,58	1134,6
D4-011	113,01	125,04	214,77	225,35	167,5	147,78	993,45
D4-044	129,05	144,64	211,12	246,22	176,6	172	1079,6
D4-046	134,99	159,84	224,71	251,87	174,67	152,37	1098,5
D4-047	137,08	147,76	239,77	266,28	186,73	181,42	1159
D4-068	131,76	125,3	199,53	198,43	178,88	161,18	995,08
D4-069	116,02	118,98	174,08	204,9	193,86	148,43	956,27
D4-071	109,91	128,87	188,23	194,5	166,2	151,86	939,57
D4-079	121,51	145,52	199,47	208,36	169,89	147,34	992,09
D4-083	117,42	141,06	217,64	214,08	176,61	151	1017,8
D4-092	114,99	119,23	183,4	198,77	178,13	148,54	943,06
E3-053	120,37	152,75	223,36	221,65	198,59	140,56	1057,3
E4-010	120,98	116,23	185,09	209,28	156,78	154,66	943,02
E4-013	132	133,4	203,41	177,76	173,86	141,52	961,95
E4-037	114,71	112,5	172,35	197,69	152,28	145,08	894,61
E4-062	112,85	147,59	224,17	231,21	185,63	178,18	1079,6
E4-118	112,39	123,5	187,1	221,05	152,89	131,98	928,91
E4-119	126,16	119,6	191,85	202,18	164,51	135,55	939,85
E4-120	106,59	113,88	177,07	201,22	155,53	144,25	898,54
E4-123	120,02	131,59	215,92	200,27	165,56	145,52	978,88

Fonte: DAEE(1997).

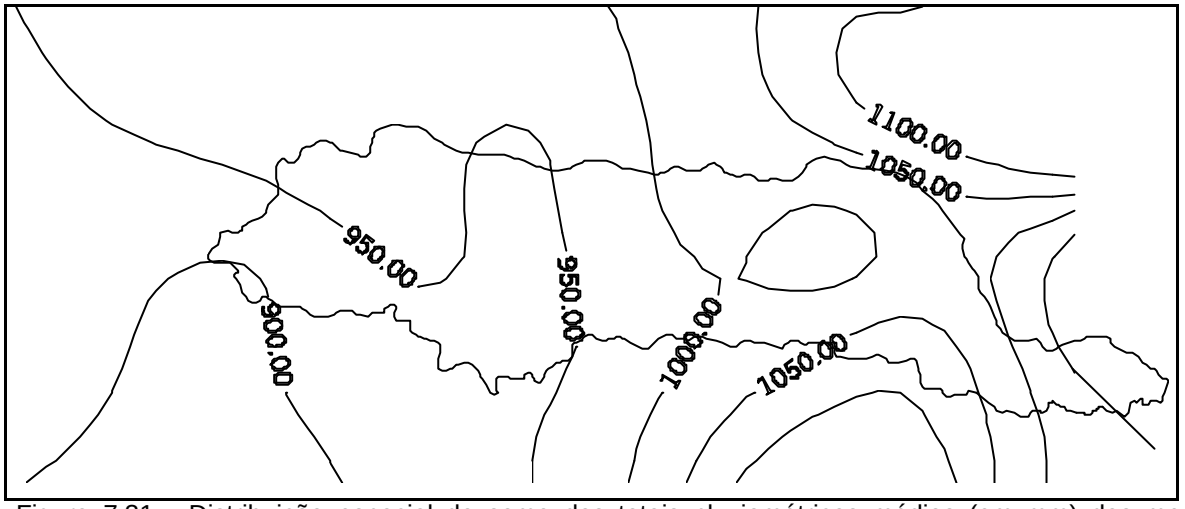


Figura 7.31. Distribuição espacial da soma dos totais pluviométricos médios (em mm) dos meses chuvosos.

Fonte: DAEE(1997).

A Tabela 7.11 apresenta os valores médios mensais nos meses de estiagem para cada estação e sua soma e a Figura 7.32 demonstra a distribuição espacial da soma dos totais pluviométricos médios mensais dos meses de estiagem na bacia do rio Capivari.

Tabela 7.11. Totais médios mensais dos meses secos e valores de sua soma para cada estação meteorológica.

Estações	Meses de Estiagem						**Soma**
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
D3-002	99,41	81,43	57,16	48,72	38,15	92,84	417,71
D4-011	77,44	85,84	55,03	39,25	36,84	73,57	367,97
D4-044	80,97	79,55	53,29	40,7	35,26	76,36	366,13
D4-046	85,42	75,4	52,72	39,87	34,35	71,88	359,64
D4-047	82,82	76,28	53,91	41,88	32,9	75,69	363,48
D4-068	80,7	79,51	53,4	39,4	31,71	82,07	366,79
D4-069	68,77	71,16	57,13	42,63	30,25	75,67	345,61
D4-071	81,09	76,25	53,08	36,46	34,96	76,6	358,44
D4-079	78,81	75,88	55,4	38,33	32,03	74,96	355,41
D4-083	75,93	83,57	57,6	39,14	33,13	79,69	369,06
D4-092	69,17	73,85	55,88	27,72	31,14	78,05	335,81
E3-053	77,86	78,47	61,4	54,58	37,3	79,08	388,69
E4-010	71,51	75,38	64,19	41,42	36	79,02	367,52
E4-013	74,24	76,57	53,8	36,35	35,49	78,78	355,23
E4-037	77,43	73,65	56,57	43,2	31,1	79,14	361,09
E4-062	88,96	77,83	57,18	47,75	36,09	88,32	396,13
E4-118	73,86	75,19	63,05	49,26	37,77	86,68	385,81
E4-119	69,8	75,59	57,14	47,99	35,21	74,66	360,39
E4-120	68,57	74,5	56,26	46,38	32,73	78,32	356,76
E4-123	73,17	75,27	56,07	36,97	30,81	77,86	350,15

Fonte: DAEE(1997).

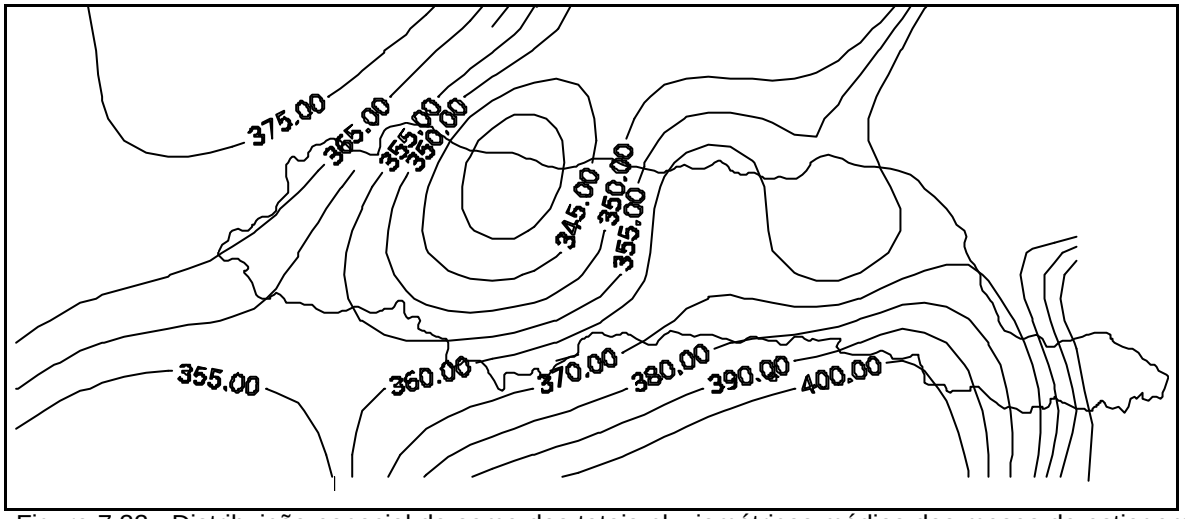


Figura 7.32. Distribuição espacial da soma dos totais pluviométricos médios dos meses de estiagem.

Fonte: DAEE(1997).

7.3.4 Freqüência Diária de Chuva: Base Para a Integração da Informação Pluviométrica.

A freqüência diária de chuva foi obtida a partir dos dados de pluviosidade referentes à chuva diária para cada uma das vinte estações meteorológicas, desde o ano de 1971 até o ano de 1996, totalizando para cada estação um total de 4739 dias de observação para estação chuvosa e 4758 dias de observação para a estação seca (algumas estações apresentaram dias com dados inexistentes). A partir desses dados foi possível a construção de tabelas relativas à freqüência diária de chuva para cada estação meteorológica utilizada neste trabalho. Após a obtenção da freqüência relativa de chuva, com base na divisão do universo de dados em classes de intensidade, foi possível a aplicação de um fator que expressa em forma de índice a relação entre as freqüências relativas de intensidades pluviométricas com os fenômenos ambientais a serem estudados.

As classes de intensidade constituem-se de uma classificação do universo de dados relativos a chuva diária para cada estação meteorológica. As classes são divididas cada uma de 10 em 10 milímetros de intensidade de chuva, variando de 0mm até maior que 90mm, conforme é demonstrado na Tabela 7.12.

Tabela 7.12. Divisão das classes de intensidade diária de chuva.

Classe 1	0mm
Classe 2	De 0,1 a 10mm
Classe 2	De 10 a 20mm
Classe 3	De 20 a 30mm
Classe 4	De 30 a 40mm
Classe 5	De 40 a 50mm
Classe 6	De 50 a 60mm
Classe 7	De 60 a 70mm
Classe 8	De 70 a 80mm
Classe 9	De 80 a 90mm
Classe 10	Maior que 90 mm

A freqüência relativa de chuva diária para cada classe de intensidade é obtida através da divisão do número representativo da classe pelo valor total de observações na amostra, conforme se segue:

Freqüência relativa = Freqüência da Classe / Total de Observações na amostra;

O fator a ser aplicado à freqüência relativa constitui-se de um valor numérico que varia de 0 a 1 aplicado diferencialmente em cada classe de intensidade de chuva diária, como demonstra a Tabela 7.13.

Tabela 7.13. Valor do fator aplicado a cada classes de intensidade de chuva.

Valor do Fator	Classe de Intensidade
0	0mm
0,1	De 0,1 a 10mm
0,2	De 10 a 20mm
0,3	De 20 a 30mm
0,4	De 30 a 40mm
0,5	De 40 a 50mm
0,6	De 50 a 60mm
0,7	De 60 a 70mm
0,8	De 70 a 80mm
0,9	De 80 a 90mm
1	Maior que 90 mm

A aplicação do fator é feita pela sua multiplicação junto à freqüência relativa de cada classe de intensidade de chuva obtendo-se um valor que expressa esta relação. O resultado da aplicação deste fator busca expressar de forma numérica a relação entre a freqüência relativa das classes junto aos fenômenos de vulnerabilidade aos processos erosivos, assim como o de potencial de retenção hídrica. Esse fator foi elaborado no intuito de demonstrar duas idéias quando se pensa na relação da chuva com os fenômenos acima descritos: a sua freqüência e magnitude. O fator atua com mais significância em chuvas de baixas freqüências mas de alta magnitude, pois são essas que provocam aumento de intensidade nos processos ambientais. Já para as chuvas de alta freqüência, o peso do fator é menor, mas o resultado da aplicação do fator mantém-se significativo pois os valores das freqüências são elevados. São eventos chuvosos de alta freqüência que mantêm as intensidades habituais dos processos ambientais, sendo fundamental a consideração dos mesmos. O fator só não se aplica a eventos não chuvosos, pois esses não provocam obviamente dinamismo no ambiente quando considera-se os processos ambientais.

Após a aplicação dos referidos fatores a cada classe de intensidade é obtido um índice que expressa a soma dessas aplicações. Para cada estação são obtidos dois índices: um índice para os meses chuvosos e um índice para os meses de estiagem, ambos extraídos seguindo os mesmos critérios só que com dados relativos a cada um desses períodos anuais.

A seqüência de tabelas e gráficos que expressam para cada estação meteorológica a freqüência diária de chuva para cada classe de intensidade, assim como os resultados dos índices para freqüência diária de chuva para os períodos chuvosos e de estiagem podem ser observados no Anexo A. Algumas estações apresentaram dias em que não foram feitas medições, essas serão representadas na tabela como dados inexistentes, sendo esses pouco expressivos.

As Tabelas e Gráficos de freqüência diária de chuva nas vinte estações meteorológicas nos mostram que a distribuição diária de chuva é menos dispersa, em termos de distribuição de valores, para os meses chuvosos considerando as informações extraídas após o processamento dos dados. Os valores de índice de chuva diária para os meses chuvosos variam de 0,06926 a 0,08938 respectivamente nas estações E4-120 e D3-002. O valor médio dos índices é de 0,07731 e o desvio padrão é de 0,0049 e como veremos é menor que o desvio padrão para os meses de estiagem, o que justifica a classificação dos índices de chuva diária para os meses chuvosos como menos dispersos. Os índices de chuva diária para os meses de estiagem variam de 0,02778 a 0,05735 respectivamente nas estações D4-092 e E4-119. O valor médio dos índices é de 0,03436 e o desvio padrão é de 0,0064, mostrando-se maior do que o desvio padrão para os índices de meses chuvosos em função de apresentar valores isolados muito superiores aos outros, como o valor do índice da estação E4-119. As informações nas tabelas mostram que não necessariamente uma estação que apresenta valores elevados de índices para os meses chuvosos se correlaciona com o índice da estação para os meses de estiagem, ou seja, se o valor do índice para os meses chuvosos for elevado o valor do índice para os meses de estiagem não necessariamente será igualmente de maior valor. Somente algumas estações mostraram esta tendência, como as estações: E4-119, D4-083 e D4-068 o que justifica em parte o valor de correlação entre os índices dos meses chuvosos e de estiagem ser de 0,4295, que embora seja positivo, está abaixo do valor 1 que indica perfeita associação positiva e mais

próxima do valor 0, que indica não correlação entre os dados (GERARDI *et al*., 1981. p. 101).

A análise da freqüência diária de chuva mostra que nos meses chuvosos a estação que apresenta menor número de dias não chuvosos em 4739 dias é a estação E4-119 com 2295 dias que não apresentaram chuva, correspondendo 48,42% do período analisado. A estação E4-119 também apresentou a maior freqüência de chuva entre 0,1 e 10mm, apresentando um valor de 1658 correspondendo a 34,98% do período analisado. Devido à baixa freqüência relativa de dias não chuvosos e de altas freqüências relativas distribuídas entre as classes de chuva, a estação E4-119, como já demonstrado, apresentou o maior índice de freqüência de dias chuvosos com 0,08685. Em contrapartida as estações D4-092 e E4-120 foram as que apresentaram as maiores freqüências de dias não chuvosos com 3122 e 3110 dias, correspondendo a 65,99% e 65,79% respectivamente. Devido à alta freqüência de dias não chuvosos as estações D4-092 e E4-120 apresentaram os menores índices de freqüências de dias chuvosos com 0,07076 e 0,06926 respectivamente. Para a estação chuvosa, os maiores registros de chuva correspondem a 182,7mm registrado no dia 15 de Dezembro de 1976 na estação D4-011 e de 173,3mm registrado no dia 22 de março de 1991 na estação D3-002.

Nos meses de estiagem, as estações que apresentaram maior freqüência de dias não chuvosos foram as estações: D4-092 com 3973 dias correspondendo a 84,19% dos dias e a estação D4-011 com 3966 dias correspondendo a 84,43% dos dias. Devido a esta alta freqüência de dias não chuvosos, as referidas estações apresentaram baixos índices de freqüência de chuva diária no período de estiagem com valores de 0,02778 e 0,02903, respectivamente. Quanto às menores freqüências de dias não chuvosos no período de estiagem, a estação E4-119 apresentou uma freqüência de 2601 dias sem registro de chuvas, correspondendo a 54,66% dos dias, o que influenciou em seu índice de freqüência que apresentou o maior valor com 0,05735, sendo este um valor bem acima da média de 0,03436 para o período seco. Na estação seca, os registros que apresentaram maior quantidade de chuva foram os de 1 de fevereiro de 1983 com 121,7mm na estação E4-010 e o de 16 de maio de 1987 com 148.7mm na estação E3-053.

Com base nas informações contidas nos índices de freqüência diária de chuva para o período seco e chuvoso nas vinte estações meteorológicas, foi possível a construção dos mapas de distribuição espacial dos índices com base na

interpolação executada pelo algoritmo da curvatura mínima. A Tabela 7.14 mostra os índices de chuva diária para o período seco e chuvoso nas vinte estações meteorológicas e as Figuras 7.33 e 7.34 mostram a distribuição espacial desses valores na bacia hidrográfica do rio Capivari:

Tabela 7.14. Índices de chuva diária para os períodos chuvosos e secos nas vinte estações meteorológicas.

Estação	Índice de Freqüência Diária do Período Chuvoso	Índice de Freqüência Diária do Período Seco
d3_002	0,08938	0,0357
d4_011	0,07255	0,02903
d4_044	0,08204	0,03144
d4_046	0,08683	0,03374
d4_047	0,08489	0,02948
d4_068	0,08014	0,03545
d4_069	0,07946	0,04026
d4_071	0,07324	0,03975
d4_079	0,07435	0,02889
d4_083	0,08273	0,03804
d4_092	0,07076	0,02778
e3_053	0,07734	0,03061
e4_010	0,07352	0,03267
e4_013	0,07668	0,03225
e4_037	0,07402	0,03655
e4_062	0,07981	0,03191
e4_118	0,07488	0,03406
e4_119	0,08685	0,05735
e4_120	0,06926	0,03005
e4_123	0,07921	0,03224

Fonte: DAEE(1997).

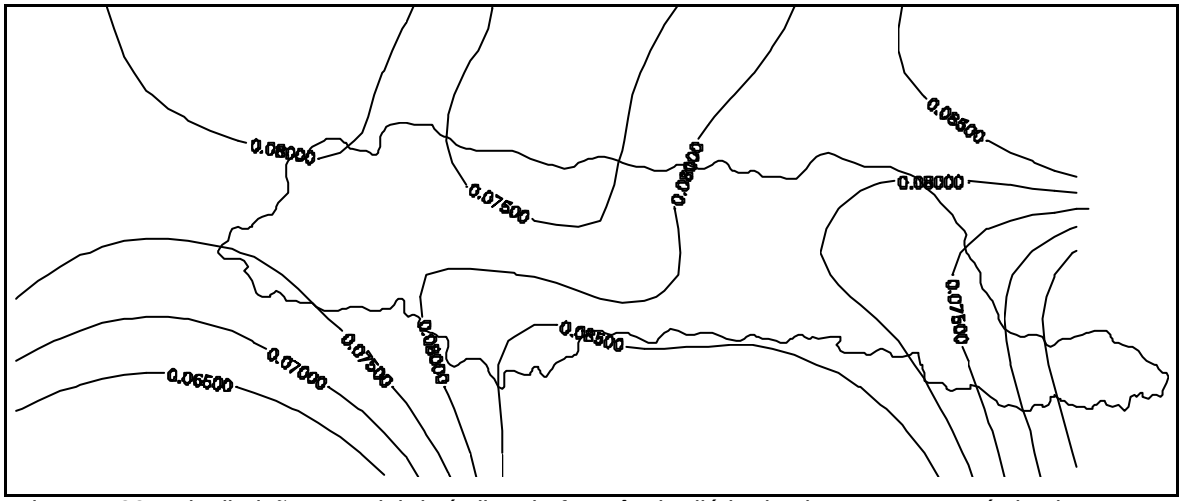


Figura 7.33. Distribuição espacial do índice de freqüência diária de chuva para o período chuvoso.

Fonte: DAEE(1997).

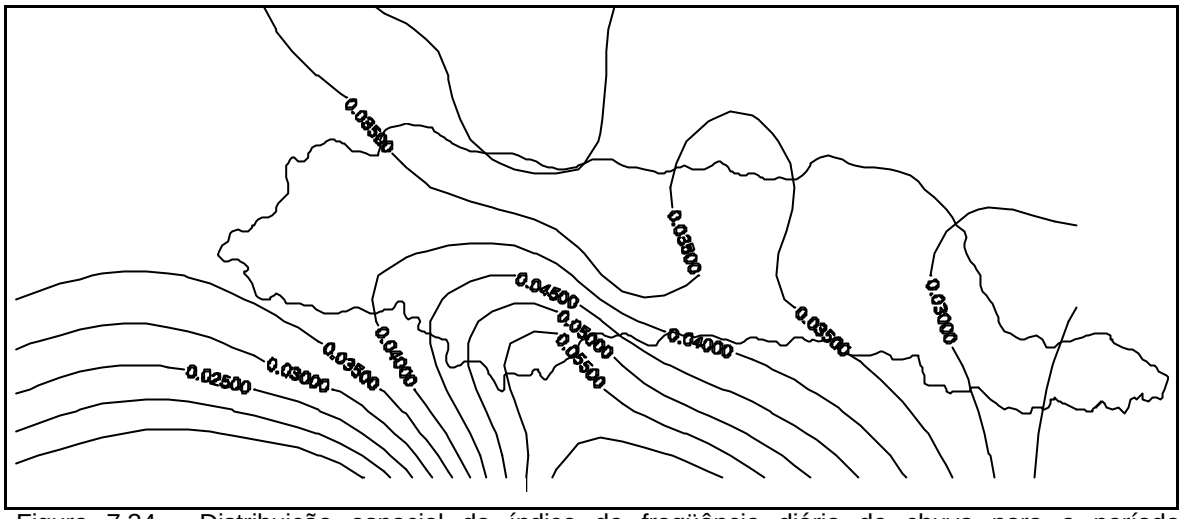


Figura 7.34. Distribuição espacial do índice de freqüência diária de chuva para o período de estiagem.

Fonte: DAEE(1997).

As informações contidas nesses mapas serão particularmente úteis para a elaboração dos mapas de síntese que se referem à vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos e do potencial de retenção hídrica dos solos, pois expressa os índices obtidos através da freqüência diária de chuva nos meses chuvosos e nos meses de estiagem, sendo essas informações mais precisas do que o total de chuva médio anual, no que diz respeito à chuva disponível para provocar erosão e/ou retenção nas camadas superficiais do solo. Por essa razão os referidos mapas serão tomados como base para a integração da informação pluviométrica.

7.3.5 - Relações entre Pluviosidade e Classificação Climática

As informações pluviométricas demonstraram que a bacia hidrográfica do rio Capivari possui variabilidade quanto à distribuição espacial de chuvas, como pode ser observado através da exposição dos Gráficos, Tabelas e Figuras. Um dos fatores que influenciam nesta diversidade é a localização da bacia hidrográfica em dois geossistemas distintos: a “Depressão Periférica” e o “Mar de Morros”. Fatores como a posição geográfica, altitude ou relevo, peculiares a cada geossistema e que também variam dentro dos mesmos, podem influenciar em uma maior ou menor incidência de chuva.

Com relação às classificações climáticas e pluviométricas o mapa de totais pluviométricos médios anuais demonstra que os valores de pluviosidade variam de

1250mm a 1500mm na bacia hidrográfica do rio Capivari. Essa informação vai de encontro com a tipologia pluvial proposta por SANT'ANNA NETO (1995) para o território paulista com base no mapa de classificação climática de MONTEIRO (1973), dividindo o estado de São Paulo em oito regiões e 25 subunidades homogêneas. A área de estudo encontra-se na região periférica setentrional, descrita pelo autor como área deprimida de intensa ventilação, apresentando valores de pluviosidade anual variando de 1300mm à 1500mm, ainda sim é uma região fortemente influenciada pelos sistemas tropicais atmosféricos. Ainda segundo SANT'ANNA NETO (2000) a posição latitudinal e localização zonal do Estado de São Paulo, e conseqüentemente da bacia do rio Capivari, na altura do trópico de Capricórnio, faz com que seu território possa ser considerado como uma área de forte atuação dos sistemas atmosféricos, pois é nesta faixa de transição que ocorre o confronto entre climas controlados pelos sistemas tropicais e polares. Na classificação de Sant'Anna não foi possível enquadrar a região do cristalino correspondente ao geossistema "Mar de Morros" na classificação de Troppmair, devido à incerteza de enquadrá-la na classificação como área pertencente à região leste ou sudoeste.

Segundo TROPPMAIR (2000), o clima do geossistema depressão periférica é do tipo "Cwa" na classificação de Koeppen e Tropical na classificação de Monteiro que é caracterizado pela ação de massas tropicais, tendo temperatura média de 21^{o}C e média das máximas de 30^{o}C e das mínimas de 12^{o} C. Segundo esse mesmo autor, a precipitação soma anualmente valores variando de 1100 a 1200mm divididos em 1000mm em 60 dias no verão e de 200mm em 15 dias no inverno. Esses valores diferem dos valores apresentados para o total pluviométrico anual na região da depressão periférica da bacia hidrográfica, que variam de 1250 a 1350mm, esse fato pode estar relacionado a um possível valor médio encontrado para toda a área do geossistema o que diferiria para os valores encontrados na área de estudo que é apenas parte do mesmo. Para o geossistema "Mar de Morros" a classificação climática para Koeppen é "Cfb" e "Tropical de Altitude" segundo Monteiro, a temperatura média é de 19^{o}C, a das máximas 26^{o}C e as das mínimas 9^{o}C, podendo ocorrer 3 a 4 dias de geada nos meses de inverno. A precipitação soma 1100mm a 1400mm/ano em 100 a 120 dias, sendo 1000mm em 80 dias no verão e 300 a 400mm no inverno em 25 dias. As diferenças entre os valores de pluviosidade apontados pelo autor com o que se apresenta na área de estudo (1350mm a

1500mm), possivelmente podem ser explicadas pelos mesmos motivos apresentados para o geossistema “Depressão Periférica”.

7.4 - COMPARTIMENTOS AMBIENTAIS

7.4.1 - Metodologia

A construção da carta de síntese ambiental teve como base os compartimentos geomorfológicos e a variação ambiental contida em cada um desses compartimentos. A tentativa de síntese expressa a idéia de representar a variação dos objetos sistêmicos e sua combinação no sistema ambiental da bacia hidrográfica do rio Capivari. A síntese ambiental é expressa através de compartimentos que têm como base os limites dos compartimentos geomorfológicos.

Para fins de definição, um compartimento ambiental constitui-se de uma integração entre objetos sistêmicos que se diferenciam, por um ou mais atributos, de objetos de outros compartimentos ambientais. A construção dos compartimentos ambientais assume os pressupostos do método sistêmico de abordagem, na consideração dos geossistemas e do sistema sócio-econômico e da organização espacial.

Os compartimentos ambientais constituem-se de uma generalização das informações contidas naquele espaço delimitado. Caso seja œnsiderado um nível de abordagem de maior detalhe seria possível delimitar outros compartimentos ambientais. A generalização da informação é bastante útil para o entendimento do conjunto e para fins de representação cartográfica da informação. Ainda sim, é a aplicação e admissão dos pressupostos do conceito de escalas de abordagem geográfica, onde cada nível de abordagem (escala) possui um conjunto de informações e fenômenos próprios que variam da escala de menor detalhe para a escala de maior detalhe (LACOSTE 1978; CASTRO 1995a).

Em termos tecnológicos, de cunho mais pragmático ligado a Geotecnia, é possível se fazer um contraponto entre a abordagem aqui considerada para a construção da carta síntese, tendo como exemplo a abordagem que considera os *Landforms*. Segundo LOLLO e ZUQUETE (1997) apud FILHO (1999), a partir da revisão deste conceito de outros pesquisadores (BELCHER (1946), MITCHELL(1948); HUNTO (1978) e WOLF (1983)) definem *Landforms* como:

> “O Landform é uma porção do terreno originada a partir de processos naturais e distinguíveis das porções vizinhas (demais *Landforms*) em

> pelo menos em um dos seguintes elementos de identificação: forma e posição topográfica, freqüência e organização dos canais, inclinação das vertentes e amplitude do relevo" (pp. 35).

Na dissertação de FILHO (1999) os *Landforms* foram obtidos e delimitados através da consideração de aspectos geológicos, geomorfológicos e dos perfis de materiais inconsolidados realizados pelo pesquisador.

Esse contraponto demonstra que tanto em uma como em outra abordagem a definição e delimitação de um compartimento ou *landform* varia de acordo com método e metodologia considerada, assim como os critérios adotados para a sua delimitação, o que exige um propósito, seja ele de gestão e/ou planejamento ou de um entendimento do comportamento geofísico do espaço.

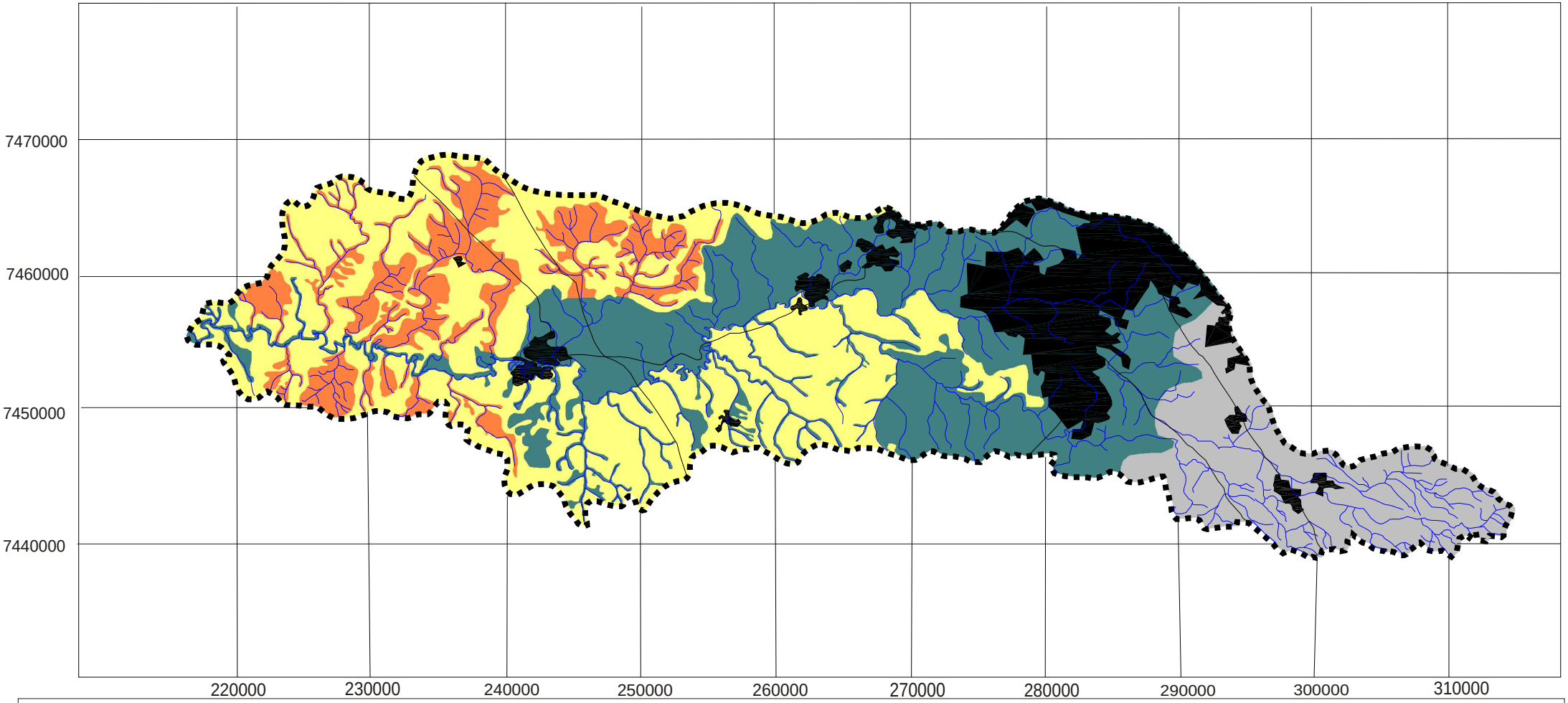
7.4.2 - Critérios

Foram definidos quatro compartimentos ambientais, os compartimentos C1, C2, C3 e C4. Esses compartimentos correspondem respectivamente a 33,75%, 39,65%, 11,7% e 14,9% da área da bacia hidrográfica do rio Capivari. Dentro de cada compartimento existe uma variabilidade de objetos geossistêmicos e uma variação das características do uso e ocupação do solo, que serão descritos através de sua representatividade percentual.

Os compartimentos ambientais C1, C2 e C3 encontram-se contidos no geossistema "Depressão Periférica" e o compartimento C4 encontra-se contido no geossistema "Mar de Morros", definidas por TROPPMAIR (2000). Os primeiros compartimentos apresentam uma variação dos objetos geossistêmicos coerentes com as descrições realizadas para o geossistema "Depressão Periférica" no capítulo dedicado à geomorfologia, principalmente no tocante ao substrato geológico; assim como para o compartimento C4 com relação ao geossistema "Mar de Morros". A Figura 7.35 mostra a localização dos compartimentos ambientais na bacia hidrográfica do rio Capivari.

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente

Figura 7.35. MAPA DE COMPARTIMENTOS AMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI-SP



Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Área Urbana
- Estradas

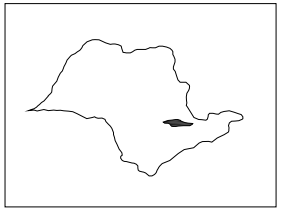
Legenda

- Unidade - U1
- Unidade - U2
- Unidade - U3
- Unidade - U4

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG

0 5 10 15 20 km

Localização da bacia no Estado de São Paulo



7.4.3 - Descrição dos Compartimentos Ambientais

Segue a seguir a descrição dos compartimentos ambientais delimitados para a bacia do rio Capivari.

7.4.3.1 - Compartimento C1

Esse compartimento ambiental corresponde ao compartimento geomorfológico “Topos Aplainados”. Constitui-se de uma área de relevo pouco movimentado, de baixa energia, sobre uma formação geológica do tipo sedimentar das eras Paleozóica e Cenozóica com algumas intrusões da era Mesozóica. As unidades geológicas mais representativas nesse compartimento correspondem à Formação Itararé, com 50,31%, à Formação Rio Claro 19,02% e à unidade Intrusivas Básicas Tabulares com 22,72%. A Tabela 7.15. mostra a distribuição das unidades geológicas no Compartimento C1.

Tabela 7.15. Distribuição das Unidades Geológicas no Compartimento C1.

Unidades Geológicas	%
Cpi – Formação Itararé	50,31
JKB – Intrusivas Básicas Tabulares	22,72
TQr – Formação Rio Claro	19,02
Pi – Formação Iratí	5,31
PC – Formação Corumbataí	1,56
Qa – Aluviões em geral	1,01
Suítes Graníticas Pós – tectônicas: Eoyl – Fácies Itú	0
PlaGM – Gnaisses	0

Fonte: IPT (1981).

Os solos predominantes nesse compartimento são os Latossolos Vermelhos e os Argissolos Vermelho-Amarelos das unidades de mapeamento LV41, PVA38 e PVA102, todas localizadas em formas de relevo planas ou suave onduladas, com texturas variadas (argilosa, média, arenosa/argilosa e média/argilosa). A Tabela 7.16 mostra a distribuição das unidades de mapeamento no compartimento C1.

Tabela 7.16. Distribuição das Unidades Pedológicas no Compartimento C1.

Unidades Pedológicas	%
LV41	27
PVA38	17,5
PVA102	12,67
PVA101	7,16
LV70	6,71
PVA17	5,38
PVA10	4,13
PVA53	3,5
LV53	3,33
RL21	3,23
PVA52	2,76
LVA12	2,53
PVA20	1,93
PVA6	1,76
PVA39	0,41
PVA36	0
LV17	0
LVA57	0
PVA22	0

Fonte: Instituto Agronômico de Campinas (IAC)

O principal tipo de uso do solo encontrado no compartimento C1 é o cultivo de cana-de-açúcar, ocupando 56,22% do compartimento. A alta freqüência dessa classe de uso está associada à presença de um terreno plano à suave ondulado, ideal para a prática desse cultivo, mas que exige a aplicação de fertilizantes, devido à baixa fertilidade dos solos. A Tabela 7.17 mostra a distribuição das classes de uso da terra no compartimento C1.

Tabela 7.17. Distribuição das Classes de Uso de Terra e Cobertura Vegetal no Compartimento C1.

Classes de Uso	%
Cana-de-Açúcar	56,22
Pasto ou Campo Antrópico	18,24
Solo Preparado	12,82
Culturas	6,87
Mata	4,96
Capoeira	0,41

Fonte: EMBRAPA; IGC; DPRN.

As principais classes de pluviosidade são as classes 2 e 4 para o período seco e de 3 e 4 para o período chuvoso. A Tabela 7.18 mostra distribuição das classes de freqüência diária de chuva para o período seco e chuvoso.

Tabela 7.18. Distribuição das Classes de freqüência diária de chuva para o período seco e chuvoso do Compartimento C1.

Período Seco	
Classes (variação do índice na classe)	%
Classe 2 (de 0,033695 a 0,03908)	55
Classe 4 (de 0,045523 a 0,05735)	17,99
Classe 3 (de 0,03909 a 0,045522)	14,2
Classe 1 (de 0,02778 a 0,033694)	12,79
Período Chuvoso	
Classes (variação do índice na classe)	%
Classe 3 (de 0,077309 a 0,081332)	44,82
Classe 4 (de 0,081333 a 0,08938)	31,45
Classe 2 (de 0,073285 a 0,077308)	21,57
Classe 1 (de 0,06926 a 0,073284)	2,13

Fonte: DAEE (1997)

7.4.3.2 - Compartimento C2

Esse Compartimento tem como base o compartimento geomorfológico “Morrotes e Vales Dissecados” e constitui-se de uma área de formação sedimentar com relevo moderadamente movimentado e que na área da bacia hidrográfica pode ser considerado como de média energia. O relevo é predominantemente esculpido na formação sedimentar Paleozóica Itararé que ocupa 63,83% da área do compartimento. As outras unidades geológicas são pouco expressivas. A Tabela 7.19 mostra a distribuição das unidades geológicas no compartimento C2.

Tabela 7.19. Distribuição das Unidades Geológicas no Compartimento C2.

Unidades Geológicas	%
Cpi – Formação Itararé	63,83
TQr – Formação Rio Claro	4,78
Suítes Graníticas Pós – tectônicas: Eoyl – Fácies Itu	4,04
JKB – Intrusivas Básicas Tabulares	3,7
Qa – Aluviões em geral	3,27
Qa – Aluviões em geral	3,27
Pi – Formação Iratí	1,9
PC – Formação Corumbataí	1,39
PlaGM – Gnaisses	0,2

Fonte: IPT (1981).

As principais unidades de mapeamento de solos no compartimento C2 são: a PV38, LVA12 e PVA20, que são unidades predominantemente com textura média e/ou média/argilosa sobre relevo ondulado ou suave ondulado. A Tabela 7.20 mostra a distribuição das unidades pedológicas na C2.

Tabela 7.20. Distribuição das Unidades Pedológicas no compartimento C2.

Unidades Pedológicas	%
PVA38	30,01
LVA12	13,64
PVA20	13,07
PVA53	10,94
LV41	8,67
PVA17	7,88
LV53	2,93
PVA36	2,78
PVA102	2,57
PVA22	1,69
PVA52	1,1
PVA101	0,66
PVA6	0,36
LV70	0,26
PVA10	0,1
RL21	0
PVA39	0
LVA57	0
LV17	0

Fonte: Instituto Agronômico de Campinas (IAC)

O tipo de uso da terra mais expressivo no compartimento C2 é o de Pasto e Campo Antrópico com 34,55%, e em seguida o cultivo de cana com 21,78%. A classe de cobertura vegetal mata também é relativamente significativa. A Tabela 7.21 mostra a distribuição das classes de uso e de cobertura vegetal.

Tabela 7.21 Distribuição das Classes de Uso de Terra e Cobertura Vegetal na C2.

Classes de Uso de Cob. Vegetal	%
Pasto ou Campo Antrópico	34,55
Mata	12,43
Cana-de-Açúcar	10,74
Capoeira	8,23
Solo Preparado	4,9
Culturas	3,04

Fonte: EMBRAPA; IGC; DPRN.

As classes 1 e 2 que correspondem aos índices de freqüência diária de chuva para o período seco são bastante significativas para C2, o que significa uma maior probabilidade de deficiência de água no período seco. Para o período de chuvas, o índice de freqüência diária encontra-se na classe 3 e 4, o que mostra maior freqüência de chuvas neste período. Analisando a Tabela 7.22, pode-se observar

que nos períodos secos a probabilidade de chuva é predominantemente baixa; já para o período chuvoso ocorre o inverso, o que mostra, como já dito, que não necessariamente existe uma correlação entre os índices de chuva do período seco e chuvoso.

Tabela 7.22. Distribuição das Classes de freqüência diária de chuva para o período seco e chuvoso do compartimento C2.

Período Seco	
Classes (variação do índice na classe)	%
Classe 2 (de 0,033695 a 0,03908)	48,11
Classe 1 (de 0,02778 a 0,033694)	35,83
Classe 3 (de 0,03909 a 0,045522)	9,95
Classe 4 (de 0,045523 a 0,05735)	6,09
Período Chuvoso	
Classes (variação do índice na classe)	%
Classe 3 (de 0,077309 a 0,081332)	50,32
Classe 4 (de 0,081333 a 0,08938)	36,62
Classe 2 (de 0,073285 a 0,077308)	13,04
Classe 1 (de 0,06926 a 0,073284)	0

Fonte: DAEE (1997)

7.4.3.3 - Compartimento C3

Esse Compartimento que tem como base o compartimento geomorfológico “Morrotes e Vales Intensamente Dissecados”, constitui-se de uma área de relevo movimentado com a ocorrência de erosão laminar e em sulcos. Esse compartimento está quase em sua totalidade localizada sobre a Formação Itararé que ocupa 82,23% do compartimento. A Tabela 7.23 mostra a distribuição das unidades geológicas na C3.

Tabela 7.23. Distribuição das Unidades Geológicas no Compartimento C3.

Unidades Geológicas	%
Cpi – Formação Itararé	82,23
JKB – Intrusivas Básicas Tabulares	8,48
TQr – Formação Rio Claro	6,31
Pi – Formação Iratí	1,85
PC – Formação Corumbataí	1,11
Qa – Aluviões em geral	0
Suítes Graníticas Pós – tectônicas: Eoyl – Fácies Itú	0
PIaGM – Gnaisses	0
Qa – Aluviões em geral	0

Fonte: IPT (1981).

As principais unidades de mapeamento pedológicas no compartimento ambiental C3 são as PV38, PVA101 e RL21 com respectivamente 22,92%, 20,68% e 17,07% de representatividade, e são caracterizadas como unidades de mapeamento predominantemente de textura média, arenosa/média e média/argilosa sob relevo ondulado. A Tabela 7.24 mostra a distribuição das unidades pedológicas no compartimento C3.

Tabela 7.24. Distribuição das Unidades Pedológicas no Compartimento C3 .

Unidades Pedológicas	%
PVA38	22,92
PVA101	20,68
RL21	17,07
PVA102	14,45
PVA17	11,48
PVA10	4,11
LV41	3,59
LV70	1,89
LV53	1,7
PVA6	1,67
PVA39	0,4
PVA53	0
PVA52	0
PVA36	0
PVA22	0
PVA20	0
LVA57	0
LVA12	0
LV17	0

Fonte: Instituto Agronômico de Campinas (IAC)

Os principais tipos de uso do solo são a cana-de-açúcar e pasto ou campo antrópico. As culturas de cana ocupam os topos dos morrotes ainda não erodidos e a prática de pastoreio ou a presença de campo ocorrem nos terraços fluviais. A Tabela 7.25 mostra as distribuições das classes de uso na C3.

Tabela 7.25. Distribuição das Classes de Uso de Terra e Cobertura Vegetal no Compartimento C3.

Classes de Uso de Cob. Vegetal	%
Cana-de-Açúcar	39,63
Pasto ou Campo Antrópico	21,5
Solo Preparado	20,94
Mata	17,37
Capoeira	0,53
Culturas	0

Fonte: EMBRAPA; IGC; DPRN.

As classes pluviométricas para o período seco mostram grande predominância nas classes 2 e 1, evidenciando uma baixa probabilidade de chuva para o período seco. Para o período chuvoso as classes 3 e 2 são as predominantes, o que mostra uma tendência a uma maior probabilidade de intensidade de chuva para esse período. A Tabela 7.26 mostra a distribuição das classes pluviométricas para os períodos secos e chuvosos.

Tabela 7.26. Distribuição das Classes de freqüência diária de chuva para o período seco e chuvoso no Compartimento C3.

Período Seco	
Classes (variação do índice na classe)	%
Classe 2 (de 0,033695 a 0,03908)	65,71
Classe 1 (de 0,02778 a 0,033694)	20,47
Classe 3 (de 0,03909 a 0,045522)	11,96
Classe 4 (de 0,045523 a 0,05735)	1,83
Período Chuvoso	
Classes (variação do índice na classe)	%
Classe 3 (de 0,077309 a 0,081332)	54,55
Classe 2 (de 0,073285 a 0,077308)	35,75
Classe 1 (de 0,06926 a 0,073284)	8,88
Classe 3 (de 0,077309 a 0,081332)	0,8

Fonte: DAEE (1997)

7.4.3.4 - Compartimento C4

O compartimento C4 tem como base o compartimento geomorfológico “Mar de Morros”. Caracteriza-se como um compartimento de relevo movimentado, do tipo montanhoso com rochas cristalinas do Pré-Cambriano. Geologicamente é composto por Gnaisses que ocupam 100% do compartimento.

Em termos pedológicos, a unidade PVA22 apresenta 72,94% de representação na C4, com textura predominantemente argilosa e média/cascalheta argilosa e relevo forte ondulado e montanhoso. Em termos de uso da terra e cobertura vegetal, na C4 predominam os tipos de uso pasto ou campo antrópico, com 69,49% e o tipo de cobertura vegetal mata, com 23,09% de representatividade. As Tabelas 7.27 e 7.28 mostram respectivamente a distribuição das unidades pedológicas e as classes de uso e cobertura vegetal.

Tabela 7.27. Distribuição das Unidades Pedológicas no CompartimentoC4.

Unidades Pedológicas	%
PVA22	72,94
PVA17	11,62
PVA36	11,23
PVA53	4,19
PVA38	0
PVA101	0
RL21	0
PVA102	0
PVA10	0
LV41	0
LV70	0
LV53	0
PVA6	0
PVA39	0
PVA52	0
PVA20	0
LVA57	0
LVA12	0
LV17	0

Fonte: Instituto Agronômico de Campinas (IAC)

Tabela 7.28. Distribuição das Classes de Uso de Terra e Cobertura Vegetal no Compartimento C4.

Classes de Uso de Cobertura Vegetal	%
Pasto ou Campo Antrópico	69,49
Mata	23,09
Capoeira	1,44
Culturas	1,04
Cana-de-Açúcar	0
Solo Preparado	0

Fonte: EMBRPA; IGC; DPRN.

Em termos pluviométricos, o compartimento C4 apresenta para o período seco a classe 1 como classe predominante, com 99,91% de representatividade e para o período chuvoso as classes 1 e 2. A predominância dessas classes mostra que a Compartimento possui uma menor freqüência de chuva diária que nas outras Compartimentos, fato esse também possível de se observar nos mapas de freqüência de chuva diárias para os meses secos e chuvosos. A Tabela 7.29 mostra a distribuição das classes na C4.

Tabela 7.29. Distribuição das Classes de freqüência diária de chuva para o período seco e chuvoso no Compartimento C4.

Período Seco	
Classes (variação do índice na classe)	%
Classe 1 (de 0,02778 a 0,033694)	99,91
Classe 2 (de 0,033695 a 0,03908)	0,08
Classe 3 (de 0,03909 a 0,045522)	0
Classe 4 (de 0,045523 a 0,05735)	0
Período Chuvoso	
Classes (variação do índice na classe)	%
Classe 1 (de 0,06926 a 0,073284)	55,22
Classe 2 (de 0,073285 a 0,077308)	32,92
Classe 3 (de 0,077309 a 0,081332)	11,79
Classe 4 (de 0,081333 a 0,08938)	0,05

Fonte: DAEE (1997)

Esse compartimento, junto ao compartimento C3, são os que apresentam uma maior dinâmica evolutiva da paisagem na bacia hidrográfica do rio Capivari e são os compartimentos que apresentam uma maior vulnerabilidade aos processos erosivos, devido a uma combinação favorável de fatores ambientais a esses fenômenos.

7.5 - VULNERABILIDADE AOS PROCESSOS EROSIVOS

7.5.1 - Metodologia

A carta de vulnerabilidade aos processos erosivos foi elaborada a partir das características ambientais da área de estudo, de sua integração e de individualizações das mesmas em classes de vulnerabilidade aos processos erosivos. As classes foram obtidas através de critérios que levam em consideração os seguintes componentes geossistêmicos: o elemento climático pluviosidade, a geomorfologia, a pedologia e a cobertura vegetal, assim como o sistema sócio-econômico e a organização espacial refletida através do uso antrópico do solo.

Considera-se, para fins de definição, processos erosivos como a dinâmica causadora de perda de solo por agentes erosivos, tais como a água e o vento, que se apresentam em forma de erosão em lençol e/ou laminar, sulco e/ou ravina ou voçoroca e/ou boçoroca.

7.5.2 - Critérios

Os critérios obtidos para a definição das classes foram extraídos através do arcabouço teórico produzido para cada componente do sistema, o que permite através do processo de dedução, a construção dos critérios classificatórios generalizadores para a espacialização da vulnerabilidade aos processos erosivos.

Para a determinação da vulnerabilidade, poderia-se utilizar a Equação Universal de Perda de Solos, desenvolvida por WISHMEIR e SMITH (1978) para estimar a perda de solos considerando a erosividade da chuva (R), a erodibilidade dos solos (K), o fator topográfico (LS), o fator uso e cobertura vegetal (C) e o fator práticas conservacionistas. A perda do solo é obtida através da interação desses fatores através da seguinte equação:

$$A = R.K.LS.C.P$$

Onde:

A é igual à perda de solo em toneladas por hectare em anos.

A relação dos fatores é direta e interdependente, o que vai de encontro com a metodologia aqui utilizada, mas o resultado da metodologia como um valor quantitativo não se torna satisfatória, pois fatalmente estaria embutida uma

generalização muito grande ou até mesmo grandes disparidades entre o resultado abstrato e o resultado real. Mas, se considerarmos o seu caráter estimativo, é possível utilizar os valores obtidos para uma qualificação, assim como apontaram SALOMÃO *et al*. (1990) *apud* NASCIMENTO (1998), ao observarem que os valores numéricos obtidos com a equação não podem ser tomados como dados quantitativos de perdas de terra por erosão, servindo apenas para categorizar qualitativamente as áreas quanto à sua maior ou menor vulnerabilidade à erosão laminar.

7.5.3 - Componente Pluviométrico

O elemento climático pluviosidade é de fundamental importância para a determinação da vulnerabilidade. O elemento climático aqui considerado é a precipitação em seus índices de freqüência diária de chuva para os meses secos e chuvosos. A consideração de apenas um elemento climático está em função de que a precipitação é o agente erosivo principal em zonas climáticas tropicais e em conseqüência o elemento mais estudado por pesquisadores. É aceito que a precipitação é elemento climático altamente correlacionável com os desequilíbrios que se registram nas paisagens das encostas (CUNHA e GUERRA, 1996).

Um conceito comumente usado para exprimir a influência da precipitação em processos erosivos é a erosividade das chuvas.

Segundo BERTONI e LOMBARDI (1990), o fator erosividade (R), sendo este um fator pertencente a EUPS (Equação Universal de Perda de Solos, WISHMEIER e SMITH (1978), constitui-se de um índice numérico que expressa a capacidade de chuva em causar erosão em uma área sem proteção, sendo portanto a influência da chuva sob um solo sem presença orgânica e sem a atuação do fator antrópico. Esse fator é obtido através de uma equação que é adaptada para cada região de acordo com as propriedades dos solos. NASCIMENTO *(*1998*)* utilizou-se do fator R para determinar a erosividade das chuvas na bacia do rio João Leite-GO, aplicando a seguinte equação adaptada:

$$EI = 89.823\ (p^2/P)^{0.759}$$

Onde:

EI consiste no índice médio de erosividade por um período anual,

p é igual à precipitação média mensal,

P consiste na precipitação média anual.

NASCIMENTO (1998*)* aplicou essa equação em dados pluviométricos de quatro estações meteorológicas da região obtendo índices médios para toda a área da bacia.

Segundo a proposta de GUERRA (1995), sendo esta parcialmente utilizada neste trabalho, deve-se considerar os seguintes parâmetros que são utilizados para caracterizar a erosividade das chuvas: o total de chuvas, a intensidade, o momento e a energia cinética .

Segundo GUERRA (1995*),* o total pluviométrico em sua variação diária, mensal, sazonal e anual, embora tenha sido estudada por inúmeros pesquisadores, entre eles: ELWELL e STOCKING (1993), STOCKING e ELWELL (1976), HODGES e BRYAN (1982), KNEALE (1982), BONNEL *et al*. (1983), MORGAN (1983), STOCKING (1983), BORDMAN e ROBINSON (1985), NEARING e BRADFORD (1987), é um parâmetro que não pode separadamente caracterizar e estimar a perda de solos por processos erosivos. Segundo, HUDSON (1967) *apud* GUERRA (1995*)*, a correlação entre perda de solos e total de chuva é baixa, mais reconhece a tendência do aumento da erosão, à medida que os totais de chuva aumentam, especialmente em área agrícolas, onde esse parâmetro deveria ser levado em conta apenas para dar uma idéia do relacionamento entre chuva e erosão.

A intensidade da chuva segundo STOCKING (1977) *apud* GUERRA (1995) possui papel importante nas taxas de infiltração ocasionando o escoamento superficial após o excedimento da capacidade de infiltração, o que irá depender das propriedades dos solos, características das encostas, cobertura vegetal, uso dos solos e o próprio tipo de chuva.

O momento e a energia cinética relacionam-se com a força impactante da gota de chuva com o solo, ocasionando a resistência ou a desagregação das partículas dos solos, o que está diretamente relacionado com o processo de “selamento” da superfície dos solos e a formação do escoamento superficial (GUERRA, 1995).

Os parâmetros apresentados podem caracterizar a erosividade das chuvas, mas esse não pode ser tomado como fator único preponderante, devendo ser sempre considerado junto aos outros componentes sistêmicos aqui mencionados para caracterizar a vulnerabilidade aos processos erosivos. Assim como demonstrou REED (1979) *apud* GUERRA (1995), que dependendo das propriedades dos solos,

a erosão pode ocorrer até mesmo sob chuva com intensidade de apenas 1mm/h, desde que o total pluviométrico seja de 10mm.

Na determinação do parâmetro erosividade da chuva nesse trabalho, se fará uso dos índices de freqüência diária de chuva para os períodos secos e chuvosos, que procuram representar a freqüência e a magnitude das chuvas. Para a espacialização dessas informações foi utilizado o método de isoietas, descrito por COELHO NETO (1995*)*, e aqui aplicado para a caracterização pluviométrica da área de estudo, através da técnica de interpolação.

7.5.4 - Componente Pedológico

O componente pedológico também é um parâmetro importante para a determinação da vulnerabilidade, sendo expresso através da erodibilidade dos solos.

A erodibilidade dos solos pode ser entendida como sendo uma combinação de fatores físicos e químicos que qualifica os solos como mais ou menos susceptíveis a erosão. Essa constatação é obtida através de ensaios experimentais, realizados por pesquisadores tanto em nível laboratorial quanto de monitoramento de campo.

Segundo BERTONI e LOMBARDI (1990*)*, ao descreverem as propriedades que influenciam na erodibilidade dos solos, fator (K) na EUPS, destacam aquelas relativas à velocidade de infiltração da água, à permeabilidade e à capacidade de absorção, e aquelas ligadas à coesão, que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e as forças de transporte da chuva e enxurrada.

Segundo GUERRA (1995*)*, são várias as propriedades que afetam a erodibilidade dos solos, podendo-se destacar: a textura, a densidade aparente, a porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade dos agregados, entre outros. Essas propriedades não são estáticas ao longo do tempo, podendo haver alterações que tornem solos antes não-susceptíveis em solos susceptíveis aos processos erosivos. Esse fato pode ser exemplificado pela alteração da densidade aparente e da estrutura dos solos por máquinas agrícolas, arados e pisoteio de gado.

A textura dos solos influencia a erodibilidade porque partículas granulométricas possuem uma reação diferencial com relação à resistência e a desagregação pela ação da chuva. É aceito que a resistência granulométrica dos

solos cresce quando maior é o teor de argila e diminui quando maior é o teor de silte e de areia. Embora seja importante em estudos de erodibilidade a consideração da textura, as mesmas não podem ser consideradas isoladamente, pois embora, como exemplo, um maior teor de argila proporcione uma boa resistência física aos solos, por outro lado diminui a velocidade de infiltração de água causando escoamento superficial.

O teor de matéria orgânica nos solos influencia na formação de agregados, fator esse que se relaciona com a velocidade de infiltração de água no solo, e portanto apresenta correlação com a erodibilidade. O teor de matéria orgânica nos solos depende fundamentalmente da presença de flora e fauna que vive sobre ou dentro dos solos. Uma parte considerável da matéria orgânica do solo é formada por raízes e microrganismos e também os minerais são importantes na formação de húmus, pois os efeitos químicos dessa combinação podem reagir com substâncias minerais para formar o complexo chamado húmus-argila. Segundo GUERRA (1995), vários trabalhos apontam para influência da matéria orgânica na erodibilidade dos solos, dentre eles destacam-se: WISCHEMEIR e MANNERING (1969), HABLIN e DAVIES (1977), DE PLOEY (1981), VORONEY *et al.* (1981), GUERRA (1990; 1990a;1991b). GUERRA e ALMEIDA (1993) *apud* GUERRA *(*1995*)* seguem destacando que o fator comum nesses trabalhos é que o teor de matéria orgânica afeta de diversas maneiras a erosão dos solos, dependendo de outras propriedades, como a textura. Um aspecto importante com relação ao teor de matéria orgânica, que se aplica na área de estudo, é que a agricultura ocasiona uma perda significativa de matéria orgânica, tendo várias implicações nos processos mecânicos da erosão.

A estabilidade dos agregados está relacionada com a combinação entre partículas de argilas e estruturas originadas pela decomposição da matéria orgânica. A resistência dos agregados da superfície dos solos determina uma maior ou menor desagregação das partículas que serão carreadas ou provocarão o selamento da superfície do solo, dificultando a infiltração. Sendo assim, tanto o teor de matéria orgânica quanto a estabilidade dos agregados, são parâmetros que devem ser considerados quando se pensa em vulnerabilidade aos processos erosivos. Assim como constata FARRES (1998, p.159): *“uma vez reduzida a resistência dos agregados, a força aplicada pelas gotas de chuva quebra esses agregados, produzindo uma série de pequenas partículas, que cobre a superfície do solo*

formando uma crosta, que dificulta a infiltração". E também GUERRA (1995, p.159): *"isso nos leva a concluir que a alta estabilidade dos agregados no solo reduz sua erodibilidade, pois possibilita a existência de elevado índice de porosidade, aumentando as taxas de infiltração e reduzindo o runoff".*

Um outro parâmetro a ser considerado na erodibilidade dos solos é a densidade aparente, que corresponde a uma maior ou menor compactação dos solos, fator esse importante quando se pensa em vulnerabilidade a erosão. Segundo GUERRA (1995*)*, vários pesquisadores têm medido a densidade aparente em seus trabalhos (HAMBLIN e DAVLES (1977); DE PLOEY (1981); VORONEY *et al*. (1981); BOARDMAN (1983A); MORGAN, (1984), destacando a correlação entre aumento da densidade aparente e a presença de áreas de cultivo. VORONEY *et. al*., por exemplo, destacam um aumento de 16% na densidade aparente em solos agrícolas, em um período de 70 anos de cultivo, passando de 1,03 g/cm^3 para 1,19g/cm^3. Ainda segundo GUERRA *(*1995*),* a densidade aparente também parece correlacionar-se com o teor de matéria orgânica, isto é, a medida que o teor de matéria orgânica diminui, aumenta a ruptura dos agregados formando crostas na superfície dos solos aumentando sua compactação.

O parâmetro porosidade está inversamente relacionado com a densidade aparente dos solos, e possui implicações na infiltração da água no solo. Existem dois tipos de porosidade: a microporosidade e a macroporosidade, sendo essas definidas pelos diâmetros dos poros. Segundo COELHO NETO (1995) poros com diâmetros inferiores a 0,2 milímetros são denominados como microporos e os de diâmetro superior são denominados como macroporos. A razão entre o volume de vazios e o volume total do solo corresponde à porosidade do solo e, geralmente, é expressa em percentual (COELHO NETO, 1995).

No caso da área de estudo, os parâmetros que serão considerados para a elaboração dos critérios para a determinação da erodibilidade dos solos serão: a textura, a classificação do horizonte diagnóstico e o tipo de relevo. A combinação entre os parâmetros determinará a atribuição do peso para cada unidade pedológica.

7.5.5 - Componente Geomorfológico

O componente geomorfológico relaciona-se com a vulnerabilidade aos processos erosivos através das características topográficas de cada compartimentação e/ou unidade geomorfológica. Segundo CUNHA e GUERRA (1996), a topografia da bacia hidrográfica é um fator importante, contribuinte através da rugosidade topográfica e da presença de declives acentuados instáveis; tem um papel relevante no equilíbrio das encostas sendo um dos fatores da erosão potencial e dos movimentos de massa.

A rugosidade do relevo é representada pela forma e comprimento das encostas. Formas côncavas, convexas ou retilíneas podem, combinadas com outros fatores, favorecer ou não o escoamento superficial. Como exemplo, EVANS (1980 e 1990) *apud* CUNHA e GUERRA (1996) enfatiza que, na Inglaterra, os solos erodidos se situam, quase sempre, em áreas que vão dos interflúvios até os fundos dos vales, em topografias suavemente onduladas. MORGAN (1978) *apud* CUNHA e GUERRA (1996), destaca a importância das cristas longas com encostas curtas convexo-côncavas, como sendo características morfológicas que propiciam a erosão dos solos. HODGES e ARDEN CLARKE (1986) *apud* CUNHA e GUERRA (1996) destacam que em encostas convexas, em especial, onde o topo das elevações é plano e a água pode ser armazenada, podem gerar a formação de ravinas e voçorocas quando a água é liberada.

A declividade é o fator que influencia fortemente a vulnerabilidade dos solos, pois é esse o parâmetro que determina a energia disponível para provocar a erosão por precipitação. Vários pesquisadores buscaram enquadrar classes de declividade a determinados tipos de uso, dentre eles: BIGARELLA *et. al.* (1979) *apud* CUNHA E GUERRA (1996), como podemos observar na Tabela 7.30.

Tabela 7.30. Tipos de uso indicados para os diversos intervalos de classe de declive (BIGARELLA *et. al*. (1979) *apud* CUNHA e GUERRA (1996).

Intervalos de Classes de Declive		Tipos de Uso de Solos Indicados
Em percentual	Em graus	
<1	<1	_agricultura sem restrições
1 a 6	1 a 3	_agricultura intensiva _medidas de conservação ligeiras
6 a 12	3 a 7	_agriculturas com práticas moderadas conservacionistas
12 a 20	7 a 12	_agricultura com rotação _limite do trator _conservação intensiva
20 a 45	12 a 24	_culturas permanentes com restrições
>45	>24	_área de preservação obrigatória por lei

Fonte: CUNHA e GUERRA (1996)

Assim como ROSS (1996), Tabela 7.31, neste caso atribuindo valores qualitativos:

Tabela 7.31. Classes de Declividade ROSS (1996)

Categorias	%
Muito Fraca	até 6%
Fraca	de 6 a 12%
Média	de 12 a 20%
Forte	de 20 a 30%
Muito Forte	acima de 30%

Fonte: ROSS (1996)

Mas a declividade não é um fator determinante para a classificação da vulnerabilidade dos solos, como algumas classificações sugiram que seja, deve-se sempre estar associado a outros fatores controladores.

Na EUPS, o componente geomorfológico é entendido como fator topográfico (LS) e é obtido através da interação de duas variáveis (declividade e extensão das vertentes) para a determinação numérica deste fator. BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), ao fazerem uso desse fator, estabeleceram um maior peso para a declividade, ao estabelecerem a seguinte fórmula para obtenção do fator topográfico:

$$LS = 0{,}00984.L^{0{,}63}.S^{1{,}18},$$

Onde:

L é o comprimento da vertente em metros

S é a declividade em percentual.

Possivelmente, os pesos aplicados variam de acordo com as características geomorfológicas da área onde será aplicada a fórmula para obtenção do valor do fator topográfico.

Para fins dessa metodologia o componente geomorfológico terá como base o mapa de compartimentos geomorfológicos. Para cada compartimento ou conjunto de compartimentos será atribuído um peso que busca representar um valor relativo da influência das variações do componente geomorfológico na determinação da vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos. Será considerada as seguintes características para determinação dos pesos para cada compartimento geomorfológico: a declividade, as formas das encostas e a densidade da rede de drenagem.

7.5.6 - Componente Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal é um fator a ser considerado quando se quer definir qualitativamente a vulnerabilidade aos processos erosivos. A principal influência deste componente é a proteção que a cobertura vegetal exerce sobre o solo, assim como restos vegetais que em decomposição formam os húmus. Assim como identificou GUERRA (1995*, p.161):*

> *"os fatores relacionados à cobertura vegetal podem influenciar os processos erosivos de várias maneiras: através dos efeitos espaciais da cobertura vegetal, dos efeitos da energia cinética da chuva, e do papel da vegetação na formação dos húmus, que afeta a estabilidade e o teor de agregados. A densidade da cobertura vegetal é fator importante na remoção e sedimentos, no escoamento superficial e na* perda do solo"

MORGAN (1984) *apud* GUERRA (1995) também identifica que a cobertura vegetal pode reduzir a quantidade de energia que chega ao solo durante uma chuva

e, dessa forma, minimiza os impactos das gotas, diminuindo a formação de crostas nos solos, reduzindo a erosão.

Na construção dos critérios relativos à cobertura vegetal, a influência da categoria mata na proteção dos solos será mais significativa do que na categoria capoeira, devido a características mais expressivas no tocante à proteção dos solos, do impacto das gotas de chuvas e na geração de húmus. Para cada uma dessas será atribuído um peso, que buscará representar a influência diferencial de cada categoria na vulnerabilidade dos solos à erosão.

7.5.7 - Componente Uso da Terra

Um outro componente importante a ser considerado é o uso da terra. Essa componente exprime a atuação antrópica, em termos técnicos e tecnológicos, na alteração do ambiente em espaço do homem. Tecnologicamente, é aceito que determinados “tipos” de uso provocam uma maior aceleração aos processos erosivos do que outros, o grande problema é de como mensurar a intensidade dessa aceleração Para isso, seria preciso fazer experimentos mensurativos correlacionando cada tipo de uso com os demais componentes e/ou fatores influenciadores dos processos erosivos. Com esse procedimento científico seria possível a construção de cartas de erosão quantitativas para cada uso sobre uma combinação ambiental. Como esse procedimento, embora ideal, não seja ainda muitas vezes possível, os pesquisadores passam a considerar a influência desse fator como qualitativo, atribuindo um valor dedutivo para extração de valores quantitativos aproximados mas indicativos, como assim fez NASCIMENTO *(*1998.), para a extração do fator C (fator uso/cobertura vegetal e manejo) da EUPS*,* para a bacia do rio João Leite-GO. Nesse caso, os valores do fator C variam de 0 a 1, sendo atribuído o valor 1 para usos que aceleram (solos degradados – por exemplo) e valores próximos de 0 para usos que diminuam ou não influenciem na aceleração de processos erosivos.

Nesse trabalho, o componente uso da terra será considerado de maneira qualitativa, com base nos trabalhos de PROCHNOW (1990*)*; BERTONI e LOMBARDI NETO (1975a;1975b), que estudaram e fizeram conclusões sobre a influência deste componente.

Como critério para esse componente, para elaboração da vulnerabilidade aos processos erosivos, o uso e cultivo de cana, solo preparado e pasto e/ou campo antrópico, são os usos considerados como aqueles que mais influenciam a aceleração de processos erosivos e portanto para eles serão atribuídos pesos maiores. Será atribuído um peso mais baixo às classes: “mata”, “capoeira” e “culturas”.

7.5.8 - Atribuição de Pesos

A atribuição de pesos para cada variação dos componentes ambientais têm como base todo o arcabouço teórico desenvolvido sobre o tema. Cada variação de um componente ambiental possui um peso dentro de um limite máximo e mínimo definido para cada componente ambiental. A Tabela 7.32 mostra a atribuição dos pesos máximos e mínimos para cada componente ambiental:

Tabela 7.32. Peso máximo e mínimo para cada componente ambiental influenciador na vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos.

Componentes	Peso Mínimo	Peso Máximo
Pluviosidade – Período Seco	0,07	0,1
Pluviosidade – Período Chuvoso	0,175	0,25
Pedológico	0,05	0,15
Geomorfológico	0,035	0,35
Cobertura Vegetal e Uso da Terra	0,001	0,15
Totais	0,331	1

Existe uma diferenciação dos pesos máximos e mínimos para cada componente ambiental em função da atribuição de uma maior relevância aos componentes geomorfológico e pluviométrico. O caráter dessa escolha é subjetivo e leva em consideração a maior relevância desses componentes com relação aos outros para expressar o fenômeno na área de estudo.

As Tabelas 7.33, 7.34, 7.35 e 7.36 mostram a matrizes de atribuições de pesos para cada variação dos componentes ambientais.

Tabela 7.33. Pesos para os índices de freqüência diária de chuvas para os períodos secos e chuvosos referente à vulnerabilidade aos processos erosivos.

Período Seco	
Classe de Pluviosidade	Peso da Ocorrência
Classe 1	0,07
Classe 2	0,08
Classe 3	0,09
Classe 4	0,1
Período Chuvoso	
Classe de Pluviosidade	Peso da Ocorrência
Classe 1	0,175
Classe 2	0,2
Classe 3	0,225
Classe 4	0,25

Fonte: DAEE (1997)

Tabela 7.34. Pesos para as diferentes compartimentações geomorfológicas para a integração da informação referente à vulnerabilidade dos processos erosivos.

Compartimentação Geomorfológica	Características referentes à vulnerabilidade	Peso
Topos Aplainados	Baixas declividades, encostas retilíneas e convexas; drenagem de baixa intensidade.	0,035
Morros e Vales Dissecados	Média declividade, encostas retilíneas; drenagem de moderada intensidade.	0,175
Mar de Morros	altas declividades; encostas retilíneas, concovas e convexas; drenagem de alta intensidade.	0,35
Morros e Vales Intens. Dissecados	altas e médias declividades; encostas retilíneas, concovas e convexas; drenagem de alta intensidade.	0,35

Tabela 7.35. Pesos para as diferentes unidades pedológicas para a integração da informação referente à vulnerabilidade aos processos erosivos.

Grupo 1 – Unidades de Baixa Erodibilidade				
Unidade	Textura(s)	Classificação do Hor. Diag.	Relevo	Peso
LVA12	média	latossólico	suave ondulado	0,05
LV17	argilosa	latossólico	suave ondulado	0,05
LV41	argilosa	latossólico	suave ondulado	0,05
LV53	argilosa	latossólico	suave ondulado	0,05
LVA57	argilosa	latossólico	suave ondulado	0,05
LV70	argilosa	latossólico	suave ondulado e ondulado	0,05
PVA10	arenosa/argilosa e arenosa/média	textural	plano	0,05
Grupo 2 – Unidades de Média Erodibilidade				
PVA17	arenosa/média e média/argilosa	textural	suave ondulado	0,1
PVA20	média/argilosa	textural	ondulado e suave ondulado	0,1
PVA38	arenosa/média e média	textural	suave ondulado e forte ondulado	0,1
PVA39	média	textural	suave ondulado e forte ondulado	0,1
PVA52	média/argilosa e argilosa	textural	Suave ondulado e ondulado	0,1
PVA53	arenosa/média e média	textural	suave ondulado	0,1
PVA101	arenosa/média e média	textural	ondulado	0,1
RL21	arenosa/média	inexistente	ondulado	0,1
PVA102	arenosa/argilosa e média/argilosa	textural	ondulado e suave ondulado	0,1
Grupo 3 – Unidades de Alta Erodibilidade				
PVA36	média cascalhenta/argilosa cascalhenta	textural	forte ondulado	
PVA22	argilosa e média cascalhenta/argilosa cascalhenta	textural	forte ondulado e montanhoso	0,15
PVA6	média/argilosa	textural	montanhoso e escarpado	0,15

Fonte: Instituto Agronômico de Campinas (IAC).

Tabela 7.36. Pesos para as diferentes classes de uso e cobertura vegetal para a integração da informação referente à vulnerabilidade aos processos erosivos.

Classe de Uso e Cobertura Vegetal	Características referentes à vulnerabilidade	Peso
Mata	alta quantidade de matéria orgânica; alta proteção natural da superfície dos solos.	0,001
Capoeira	presença de matéria orgânica; proteção natural da superfície dos solos.	0,02
Culturas	moderada compactação, moderada proteção a superfície dos solos; manejo inadequado.	0,06
Solo Preparado	alta compactação dos solos; baixa quantidade de matéria orgânica; solo exposto	0,1
Cana-De-Açúcar	alta compactação dos solos; baixa quantidade de matéria orgânica; manejo inadequado dos solos.	0.1
Pasto ou Campo Antrópico	alta compactação dos solos; baixa quantidade de matéria orgânica; solo exposto.	0.15

Fonte: EMBRAPA; IGC; DPRN.

A Tabela 7.33 mostra que o componente pluviosidade pode assumir um peso máximo de 0,35 e um peso mínimo de 0,215 considerando a soma dos índices de freqüência diária de chuva para os períodos secos e chuvosos. Os pesos para o período chuvoso são maiores devido a maior relevância deste período com relação ao desencadeamento de processos erosivos. Os pesos para o período chuvoso são menores mas representam a importância deste período, devido a ocorrência de chuvas concentradas no mesmo, fator esse relacionado com a dinâmica erosiva.

A distribuição dos pesos entre as classes do período chuvoso variam de 0,025 entre a classe de menor peso (classe 1 – 0,175) e a classe de maior peso (classe 4 – 0,25). Para o período seco segue-se a mesma lógica mas adotando-se o intervalo de 0,01 entre a classe de menor peso (classe 1 – 0,07) e a classe de maior peso (classe 4 – 0,1).

Para o componente pluviométrico a atribuição dos pesos e o intervalo entre as classes buscam expressar a continuidade numérica existente entre os índices de freqüência diária de chuva para os períodos secos e chuvosos.

Os pesos para o componente geomorfológico foram definidos com base nas características de cada um dos compartimentos geomorfológicos com relação à formação de processos erosivos. São consideradas as seguintes características para a definição dos pesos: a declividade, forma das encostas e densidade da drenagem. Como se pode observar na Tabela 7.35 o compartimento “Topos Aplainados” recebe o menor peso, devido a baixa energia teórica disponível nesse compartimento para a formação de processos erosivos. Os compartimentos “Morros e Vales Intensamente Dissecados” e “Mar de Morros” recebem os maiores pesos devido a uma situação de alta disponibilidade teórica de energia expressa através de seus atributos. O compartimento “Morros e Vales Dissecados” recebe um peso intermediário entre baixa e alta energia disponível. Deve-se ressaltar que os adjetivos alto e baixo energia são relativos às características geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Capivari.

A Tabela 7.34 mostra que os pesos para o componente pedológico variam de 0,05 para os solos de baixa erodibilidade, 0,1 para os solos de erodibilidade média e 0,15 para os solos de alta erodibilidade. O intervalo entre os grupos é de 0,05. A classificação das unidades como de alta, média e baixa erodibilidade leva em consideração os atributos textura, horizonte diagnóstico e relevo, a classificação se dá pela combinação desses atributos seguindo a estrutura lógica:

SE textura = “argilosa” E horizonte_diagnóstico = “textural” E relevo = (“forte ondulado” OU “montanhoso” OU “escarpado”)
ENTÃO Classe_Erodibilidade = ALTA;
SENÃOSE* horizonte_diagnóstico = “latossólico” E relevo = (“plano” OU “suave ondulado” OU “ondulado”)
ENTÃO Classe_Erodibilidade = BAIXA;
SENÃO Classe_Erodibilidade = MÉDIA.

A estrutura lógica descrita leva em consideração aspectos teóricos e experimentais dos estudos sobre processos erosivos, sobretudo os de BERTONI e LOMBARDI NETO (1975a;1975b), GUERRA(1995) e OLIVEIRA (1999). Parte-se do princípio do estabelecimento de uma condição ideal para a formação de processos erosivos (condição de alta erodibilidade) e de uma condição inversa (condição de baixa erodibilidade). Unidades pedológicas que não se encaixe nas condições estabelecidas são consideradas como intermediárias (condição de erodibilidade média). As condições estabelecidas são definidas com base nas informações disponíveis sobre as unidades pedológicas.

Na definição da classe erodibilidade baixa, a textura é negligenciada devido a sua pouca influência na erodibilidade em solos com horizonte diagnóstico latossólico, pois esses quando muito argilosos possuem alta resistência à erosão devido a sua alta porosidade (OLIVEIRA, 1999).

Os pesos para as classes cobertura vegetal e de uso e ocupação do solo foram atribuídos conforme a relação de cada classe com a formação dos processos erosivos. Os pesos para o componente cobertura vegetal variam de 0,001 a 0,15. Foram considerados os seguintes características para a atribuição dos pesos: presença de matéria orgânica, proteção natural da superfície dos solos, compactação dos solos por máquinas ou animais, presença de solo exposto e possibilidade de manejo inadequado dos solos. As duas primeiras características não favorecem a formação de processos erosivios e as três últimas favorecem. As características para a atribuição dos pesos levam em consideração apenas aspectos

* senãose diz respeito à negação da primeira possibilidade.

teóricos sobre a influência da cobertura vegetal e do uso e ocupação dos solos com relação à formação de processos erosivos.

Como se pode observar na Tabela 7.36 a classe de cobertura vegetal “mata” possui o menor peso atribuído (0,001) devido a sua condição de alta proteção dos solos à formação de processos erosivos, assim com a classe de cobertura vegetal “capoeira” que também exerce esta proteção só que em menor grau sendo a essa atribuído o peso (0,02). A classe de uso “culturas” recebe um peso intermediário entre a baixa e alta influência na formação dos processos erosivos (0,06). As classes de uso “solo preparado” e “cana-de-açúcar” por terem uma prática intensiva na utilização dos solos recebem o peso de 0,1. A classe de uso “pasto e campo antrópico” recebe o mair peso (0,15) devido a sua condição de alto favorecimento à formação de processos erosivos.

7.5.9 - Definição das Classes

As classes de vulnerabilidade foram definidas através de três limites. A variação entre as classes foi obtida através da soma entre os valores máximos e mínimos possíveis na soma dos valores de cada componente da matriz (Variação = Valor Máximo – Valor Mínimo). O Intervalo das classes foi obtido através da divisão da variação pelo número de classes que neste caso são três (Intervalo = Variação / Total de Classes). A nomenclatura das classes segue a seguinte ordem, respeitando a ordem crescente de grandeza: vulnerabilidade baixa, média, e alta. O valor mínimo, máximo e o intervalo de classes são respectivamente 0,331, 1 e 0,223. Ou seja, o valor de vulnerabilidade mínima que pode ser assumido é 0,331 e o valor de vulnerabilidade máxima que pode ser assumido é 1. A Tabela 7.37 nos mostra as nomenclaturas das classes e seu respectivo limite mínimo e máximo.

Tabela 7.37. Nomenclatura das classes de vulnerabilidade aos processos erosivos e seus respectivos limites máximos e mínimos.

Nomenclatura	Limite Mínimo	Limite Máximo
Vulnerabilidade Baixa	0,331	0,554
Vulnerabilidade Média	0,555	0,777
Vulnerabilidade Alta	0,778	1

7.5.10 - Uso dos *Softwares* AUTOCAD R14, IDRISI 32 e COREL DRAW 9 para a confecção da Carta.

A primeira etapa para a confecção da carta de vulnerabilidade aos processos erosivos foi a importação das informações digitalizadas no *software* AUTOCAD R14 para o *software* IDRISI32, através da transformação do arquivo de exportação do AUTOCAD R14, com a extensão "*.dxf", para o arquivo de vetores do IDRISI 32, com a extensão "*.vec".

A partir dos arquivos vetoriais do IDRISI32, que representam as bases das informações ambientais, foi executado o processo de transformação da informação vetorial em informação *raster*. Esse processo pode ser executado através do comando *POLYRAS* do *software* IDRISI32.

A partir dos dados em formato *raster* foi possível a utilização de um arquivo textual de atribuição de valores, com a extensão "*.avl", onde estão contidos os valores dos pesos definidos para cada variação dos componentes ambientais. A atribuição dos valores no software *IDRISI32* é realizada através do comando *ASSIGN*.

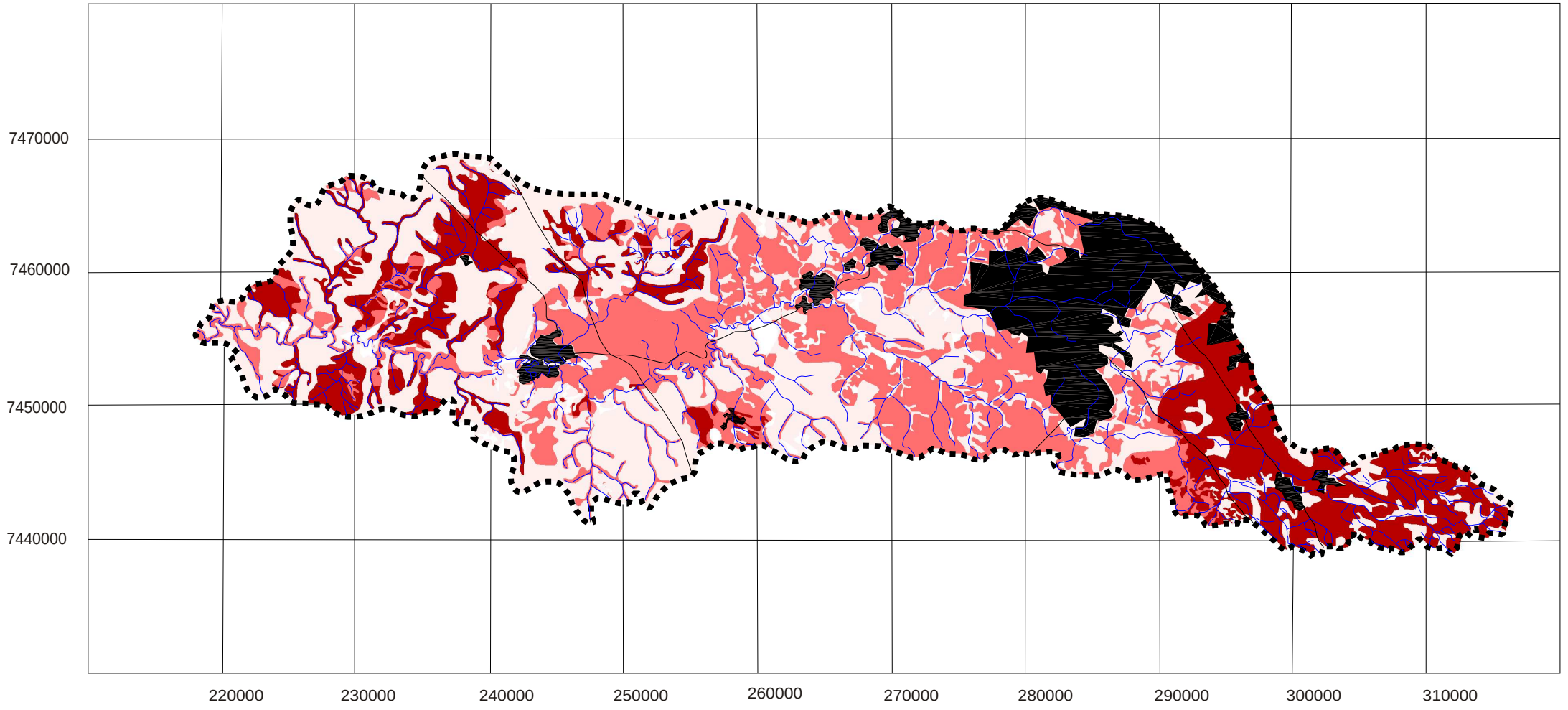
Após a atribuição dos pesos para cada variação dos componentes ambientais foi possível aplicar o operador matemático soma para a extração do valor integrativo relativo a vulnerabilidade aos processos erosivos em cada ponto (resolução de 100 x 100 metros) da área de estudo. Esse procedimento pode ser obtido através do comando *OVERLAY* do *software* IDRISI 32. Poderia-se utilizar outros operadores matemáticos, presentes no software IDRISI 32, para a realização desse mesmo procedimento.

A aplicação do comando *OVERLAY* tornou possível a criação de uma imagem síntese dos pesos atribuídos a cada variação dos componentes ambientais. A partir desta imagem síntese foi possível aplicar a divisão das classes de vulnerabilidade, a partir do comando *RECLASS* do *software* IDRISI 32 e do uso de um arquivo textual de atribuições que representa a divisão numérica de classes estabelecida. Esse procedimento obteve uma imagem resultante com a representação da informação de síntese através de três variações numéricas transformadas posteriormente em classes: vulnerabilidade baixa, vulnerabilidade média e vulnerabilidade alta. A edição final do mapa foi realizada através do *software* COREL DRAW versão 9.

A Figura 7.36 mostra a distribuição das classes de vulnerabilidade aos processos erosivos na bacia do rio Capivari.

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente

Figura 7.36. MAPA VULNERABILIDADE DOS SOLOS AOS PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA DO RIO CAPIVARI-SP



Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Área Urbana
- Estradas

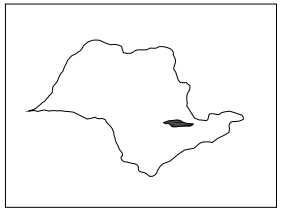
Legenda

- Vulnerabilidade Baixa
- Vulnerabilidade Média
- Vulnerabilidade Alta

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG

0 5 10 15 20 km

Localização da bacia no Estado de São Paulo



7.5.11 - Descrição das Classes

7.5.11.1 - Classe I – Vulnerabilidade Baixa

Classe de vulnerabilidade associada à baixa intensidade dos processos erosivos devido a uma combinação não favorável dos componentes sistêmicos para a atuação desses processos. Essas ocorrências estão presentes principalmente nos compartimentos geomorfológicos “Topos Aplainados” e nas unidades pedológicas dos latossolos, que embora em sua maioria sejam ocupadas pelo cultivo de cana e por solo preparado, usos esses caracterizados como aceleradores dos processos erosivos, possuem baixa vulnerabilidade à erosão devido a preponderância dos fatores topográficos e pedológicos, caracterizados como de baixa energia e pouco favoráveis a formação de processos erosivos, respectivamente.

7.5.11.2 - Classe II – Vulnerabilidade Média

Classe de vulnerabilidade associada à média intensidade dos processos erosivos, devido a uma combinação intermediária entre alta e baixa vulnerabilidade aos processos erosivos dos componentes sistêmicos. Essa ocorrência situa-se principalmente nos compartimentos geomorfológicos “Morrotes e Vales Dissecados” e nas unidades pedológicas dos argissolos, ocupadas predominantemente pela classe de uso do solo pasto e/ou campo antrópico.

Também existe a ocorrência de vulnerabilidade média nos compartimentos geomorfológicos caracterizadas por “Mar de Morros” que embora seja descrita como compartimentos de alta energia, em algumas áreas esta tendência pode ser atenuada pela presença de cobertura vegetal, estando a ocorrência vulnerabilidade média, nessas compartimentações, associadas à presença deste fator.

7.5.11.3 - Classe III – Vulnerabilidade Alta

Classe de vulnerabilidade associada à alta intensidade dos processos erosivos, devido a uma combinação favorável dos componentes geossistêmicos na formação desses processos. Essa ocorrência situa-se principalmente nos compartimentos geomorfológicos "Mar de Morros" e "Morrotes e Vales Intensamente Dissecados" e nas unidades pedológicas de alta erodibilidade, ocupadas predominantemente pela classe de uso do solo "pasto e/ou campo antrópico". Essa combinação torna-se preponderante para a determinação desta classe de vulnerabilidade, já que em todos esses fatores existe uma predisposição para a formação de processos erosivos.

7.6 - POTENCIAL DE RETENÇÃO HÍDRICA DOS SOLOS

7.6.1 - Metodologia

A carta de potencial de retenção hídrica dos solos foi elaborada a partir da integração das informações ambientais e da construção de critérios de classificação com base no arcabouço teórico desenvolvido sobre o tema o que possibilitou a definição de classes de potencial. As classes foram obtidas através de critérios que levam em consideração os seguintes componentes sistêmicos: o elemento climático pluviosidade, a geomorfologia, a pedologia, a cobertura vegetal e o uso antrópico do solo.

Considera-se para fins de definição, potencial de retenção hídrico como a capacidade teórica não quantitativa de retenção de água no solo.

O estudo da retenção de água pelo solo é um estudo complexo envolvendo diversas disciplinas, como a Física e a Química, mas aspectos relativos ao comportamento da água no solo fazem parte dos estudos da hidrologia. São vários autores e publicações que se dedicam ao tema, dentre os quais nós podemos destacar: EAGLESON (1970); DONALD (1973); VILLELA (1975); KAZMANN (1975); WARD (1975); RAMOS *et al* (1989); COELHO NETO (1995); entre outros.

O processo de retenção de água no solo é um fenômeno bastante complexo, onde vários componentes sistêmicos se relacionam, tal como para a consideração do processo erosivo.

Segundo COELHO NETO (1995), duas forças devem ser consideradas para esse processo, a atração capilar e a força gravitacional. A força gravitacional direciona verticalmente as moléculas de água no perfil, já a força de atração capilar direciona as moléculas em todas as direções, mas predominantemente para cima. A água no perfil de solo é direcionada pela força gravitacional, mas ao mesmo tempo sofre a resistência da força de atração capilar. A intensidade da força de atração capilar varia de acordo com as propriedades físicas e químicas do solo, sendo essa a força que determina a capacidade de água a ser retida nos solos e que é mantida durante os períodos de estiagem. O objetivo a ser alcançado é de representar dedutivamente essa capacidade, com base nas informações ambientais disponíveis.

7.6.2 - Critérios

A partir da espacialização do conceito de potencial hídrico é possível identificar áreas onde as propriedades ambientais favoreçam uma maior ou menor retenção de água no solo. A espacialização do potencial hídrico será efetuada através de critérios gerais, construídos dedutivamente. O resultado da espacialização deve ser considerado apenas como indicativo.

A seguir segue uma descrição de como cada componente geossistêmico se relaciona com o processo de retenção de água no solo.

7.6.3 - Componente Pluviométrico

O componente pluviométrico é de fundamental importância para o entendimento do potencial hídrico. Elementos climáticos como precipitação, temperatura e vazão dos rios servem para diagnosticar em uma bacia hidrográfica a quantidade de água que entra através da precipitação e a que se perde através da vazão dos rios e pela evapotranspiração. O elemento climático precipitação é um dos principais elementos controladores do processo de retenção hídrica, pois é a partir da determinação deste que é possível determinar, quantitativamente e qualitativamente, a intensidade da chuva disponível para ser retida nos solos. Áreas onde apresentam maiores incidências de chuvas, assim como concentração, possuem maiores probabilidades de terem as camadas dos solos saturadas por moléculas de água, que serão mantidas até o período de estiagem.

Para a espacialização do potencial hídrico, serão utilizados os mapas de índice de freqüência diária de chuva para os períodos secos e chuvosos. Os pesos para a integração da informação ambiental, serão atribuídos conforme a intensidade das classes, para classes que apresentam valores de índices mais elevados serão atribuídos maiores pesos.

7.6.4 - Componente Geomorfológico

O componente geomorfológico relaciona-se com o potencial hídrico através da topografia da superfície. Superfícies topográficas mais íngremes e retilíneas favorecem fisicamente ao escoamento superficial e dificultam a absorção da água

pelo solo, ao passo que superfícies topográficas aplainadas favorecem o acúmulo de água na superfície e sua absorção. Essa relação depende fundamentalmente da variação dos outros componentes geossistêmicos da superfície topográfica, sendo portanto o componente geomorfológico não determinante ao processo de retenção de água no solo.

Para a espacialização do potencial hídrico serão utilizados os compartimentos geomorfológicos identificados para a bacia do rio Capivari. Os compartimentos "Morrotes e Vales Intensamente Dissecados" e "Mar de Morros" apresentam uma superfície topográfica mais movimentada, com declividades de média a alta e, portanto, receberão pesos menores.

7.6.5 - Componente Pedológico

O componente pedológico é um dos principais componentes geossistêmicos para o entendimento dos processos de infiltração e de retenção de água no solo. São as propriedades físicas e químicas que determinam uma maior ou menor capacidade de retenção hídrica nos solos.

Nesta relação, as propriedades físicas são definidas como o arranjo mecânico ou físico das partículas que podem determinar ou influenciar a dinâmica da água na superfície dos solos e em subsuperfície até a zona saturada. Segundo COELHO NETO (1995), condições de textura, profundidade e umidade antecedente são variáveis que importam para a definição da quantidade de água que será estocada antes dos solos atingirem a saturação. Solos profundos e bem drenados, com textura grosseira e grande quantidade de matéria orgânica apresentarão alta capacidade de infiltração e baixa capacidade de retenção, já os solos rasos e mais argilosos mostrarão uma baixa capacidade de infiltração e uma alta capacidade de retenção.

Considerando os critérios para a espacialização do potencial hídrico considerando o componente pedológico; se considerará as unidades de mapeamento que apresentarem textura argilosa e horizonte B textural, como grupo de unidades que receberão os maiores pesos para a integração da informação.

7.6.6 - Componente Uso e Cobertura Vegetal

O componente uso da terra relaciona-se com o potencial hídrico através das mudanças que determinados tipos de uso provocam nas superfícies dos solos, alterando as propriedades físicas e químicas que influenciam no processo de retenção hídrica, tais como: a densidade superficial e a quantidade de matéria orgânica. Em áreas onde existe o cultivo de cana-de-açúcar e ou a presença de pasto ou campo antrópico ou até mesmo de culturas, existe grande probabilidade de que estas tenham ocasionado algum tipo de alteração nas propriedades físicas do solo. Essas classes receberão um peso de acordo com uma maior ou menor intensidade teórica de alteração das propriedades físicas dos solos.

A cobertura vegetal constitui-se um outro componente de grande importância para o estudo do potencial de retenção hídrica. A produção de matéria orgânica originada por plantas em decomposição, constitui-se um material com alta capacidade de retenção de água. Ainda sim existe a proteção natural exercida pelas copas das árvores que impedem o impacto direto das chuvas no solo impedindo seu selamento.

Para a integração da informação para elaboração do potencial de retenção hídrica, as classes de cobertura vegetal mata e capoeira, receberão um valor de peso que corresponde a sua alta relação com a capacidade de retenção hídrica, e as outras classes receberão um peso correspondente a baixa ou intermediária relação com a retenção hídrica dos solos.

7.6.7 - Atribuição de Pesos

A atribuição dos pesos para a integração da informação e elaboração do potencial hídrico seguirá o mesmo procedimento adotado para a elaboração da vulnerabilidade aos processos erosivos.

A Tabela 7.38 mostra as atribuições de pesos máximos e mínimos para os componentes ambientais.

Tabela 7.38. Peso máximo e mínimo para cada componente ambiental influenciador no potencial de retenção hídrica dos solos.

Componentes	Peso Mínimo	Peso Máximo
Pluviosidade - Período Seco	0,07	0,1
Pluviosidade - Período Chuvoso	0,175	0,25
Pedológico	0,05	0,35
Geomorfológico	0,03	0,15
Cobertura Vegetal e Uso da Terra	0,01	0,15
Total	0,335	1

Os pesos máximos e mínimos refletem atribuição dos valores para cada variação dentro do componente considerado. Existe uma diferenciação dos pesos máximos e mínimos para cada componente ambiental em função da atribuição de uma maior relevância aos componentes pluviométrico e pedológico. O caráter dessa escolha é subjetivo e leva em consideração a maior relevância desses componentes com relação aos outros para expressar a retenção hídrica na área de estudo.

As Tabelas 7.39, 7.40, 7.41 e 7.42 mostram a matrizes de atribuições de pesos para cada variação dos componentes ambientais.

Tabela 7.39. Pesos para os índices de freqüência diária de chuvas para os períodos secos e chuvosos referente ao potencial de retenção hídrica.

Período Seco	
Classe de Pluviosidade	Peso da Ocorrência
Classe 1	0,07
Classe 2	0,08
Classe 3	0,09
Classe 4	0,1
Período Chuvoso	
Classe de Pluviosidade	Peso da Ocorrência
Classe 1	0,175
Classe 2	0,2
Classe 3	0,225
Classe 4	0,25

Fonte: DAEE (1997)

Tabela 7.40. Pesos para as diferentes unidades pedológicas para a integração da informação referente ao potencial hídrico.

Grupo 1 – Unidades de Baixa Retenção				
Unidade	Textura(s)	Classificação do Hor. Diag.	**Relevo**	**Peso**
LVA12	média	latossólico	suave ondulado	0,05
LV17	argilosa	latossólico	suave ondulado	0,05
LV41	argilosa	latossólico	suave ondulado	0,05
LV53	argilosa	latossólico	suave ondulado	0,05
LVA57	argilosa	latossólico	suave ondulado	0,05
LV70	argilosa	latossólico	suave ondulado e ondulado	0,05
Grupo 2 – Unidades de Média Retenção				
PVA38	arenosa/média e média	textural	suave ondulado e forte ondulado	0,1
PVA39	média	textural	suave ondulado e forte ondulado	0,1
PVA53	arenosa/média e média	textural	suave ondulado	0,1
PVA101	arenosa/média e média	textural	ondulado	0,1
RL21	arenosa/média	incipiente	ondulado	0,1
Grupo 3 – Unidades de Alta Retenção				
PVA17	arenosa/média e média/argilosa	textural	suave ondulado	0,35
PVA102	arenosa/argilosa e média/argilosa	textural	ondulado e suave ondulado	0,35
PVA20	média/argilosa	textural	ondulado e suave ondulado	0,35
PVA10	arenosa/argilosa e arenosa/média	textural	plano	0,35
PVA52	média/argilosa e argilosa	textural	Suave ondulado e ondulado	0,35
PVA36	média cascalhenta/argilosa cascalhenta	textural	forte ondulado	0,35
PVA22	Argilosa e média cascalhenta/argilosa cascalhenta	textural	Forte ondulado e montanhoso	0,35
PVA6	Média/argilosa	textural	montanhoso e escarpado	0,35

Fonte: Instituto Agronômico de Campinas (IAC).

Tabela 7.41. Pesos para as diferentes compartimentações geomorfológicas para a integração da informação referente ao potencial hídrico.

Compartimentação Geomorfológica	Características referentes ao Potencial Hídrico	Peso da ocorrência
Mar de Morros	altas declividades; encostas retilíneas; drenagem de alta intensidade.	0,03
Morros e Vales Intens. Dissecados	altas e médias declividades; encostas retilíneas; drenagem de alta intensidade.	0,05
Morros e Vales Dissecados	Média declividade, encostas retilíneas; drenagem de moderada intensidade.	0,1
Topos Aplainados	Baixas declividades, encostas retilíneas e convexas; drenagem de baixa intensidade.	0,15

Fonte: IPT (1981); EMBRAPA; IBGE.

Tabela 7.42. Pesos para as diferentes classes de uso e cobertura vegetal para a integração da informação referente ao potencial hídrico.

Classe de Uso e Cobertura Vegetal	Características referentes ao Potencial Hídrico	Peso
Pasto ou Campo Antrópico	alta compactação dos solos; baixa quantidade de matéria orgânica; solo exposto.	0,01
Solo Preparado	alta compactação dos solos; baixa quantidade de matéria orgânica; solo exposto	0,02
Cana-De-Açúcar	alta compactação dos solos; baixa quantidade de matéria orgânica; manejo inadequado dos solos.	0,03
Culturas	moderada compactação, moderada proteção à superfície dos solos; manejo inadequado.	0,05
Capoeira	presença de matéria orgânica; proteção natural da superfície dos solos.	0,1
Mata	alta quantidade de matéria orgânica; alta proteção natural da superfície dos solos.	0,15

Fonte: EMBRAPA; IGC; DPRN.

A atribuição de pesos para o componente pluviosidade segue a mesma lógica adotada para a atribuição de pesos deste mesmo componente para a definição da vulnerabilidade aos processos erosivos. A atribuição dos pesos para o componente pluviosidade busca expressar a disponibilidade teórica de água que pode ser retida nos solos.

A Tabela 7.40 mostra que os pesos para o componente pedológico variam de 0,05 para os solos de baixa retenção, 0,1 para os solos de retenção média e de 0,15 para os solos de retenção alta. O intervalo entre os grupos é de 0,05. A classificação das unidades como de alta, média e baixa retenção leva em consideração os atributos textura, horizonte diagnóstico e relevo, a classificação se dá pela combinação desses atributos seguindo a estrutura lógica:

SE textura = “argilosa” E horizonte_diagnóstico = “textural”
ENTÃO Classe_Retenção = ALTA;
SENÃOSE* horizonte_diagnóstico = “latossólico”
ENTÃO Classe_Retenção = BAIXA;
SENÃO Classe_Retenção = MÉDIA.

A estrutura lógica descrita leva em consideração aspectos teóricos e experimentais dos estudos sobre a retenção hídrica dos solos, sobretudo os dos trabalhos de EAGLESON (1970); DONALD (1973); VILLELA (1975); KAZMANN

* senãose corresponde à negação da primeira possibilidade.

(1975); WARD (1975); RAMOS *et al* (1989); COELHO NETO (1995); entre outros. Parte-se do princípio do estabelecimento de uma condição ideal para a retenção hídrica (condição de alta retenção) e de uma condição inversa (condição de baixa retenção). Unidades pedológicas que não se encaixem nas condições estabelecidas são consideradas como intermediárias (condição de retenção média). As condições estabelecidas são definidas com base nas informações disponíveis sobre as unidades pedológicas.

Na definição da classe retenção baixa, a textura é negligenciada devido a sua pouca influência na retenção de água em solos com horizonte diagnóstico latossólico, pois esses mesmo quando muito argilosos possuem boa drenagem interna devido a sua alta porosidade.

Os pesos para o componente geomorfológico foram definidos com base nas características de cada um dos compartimentos geomorfológicos com relação ao potencial hídrico. São consideradas as seguintes características para a definição dos pesos: a declividade, forma das encostas e densidade da drenagem. Como se pode observar na Tabela 7.41 o compartimento “Topos Aplainados” recebe o maior peso, devido a uma condição de não favorecimento ao escoamento superficial nas encostas, o que influi na absorção de água pelo solo. Os compartimentos “Morros e Vales Intensamente Dissecados” e “Mar de Morros” recebem os menores pesos, respectivamente 0,05 e 0,03, devido a uma situação topográfica que favorece ao escoamento superficial, o que teoricamente diminui a capacidade de absorção de água pelo solo. O compartimento “Morros e Vales Dissecados” recebe um peso intermediário entre alto e baixo favorecimento ao escoamento superficial.

Os pesos para as classes cobertura vegetal e de uso e ocupação do solo foram atribuídos conforme a relação de cada classe com o processo de retenção hídrica dos solos. Os pesos para o componente cobertura vegetal variam de 0,01 a 0,15. Foram considerados as seguintes características para a atribuição dos pesos: presença de matéria orgânica, proteção natural da superfície dos solos, compactação dos solos por máquinas ou animais, presença de solo exposto e possibilidade de manejo inadequado dos solos. As duas primeiras características favorecem a retenção hídrica nos solos e as três últimas não favorecem. As características para a atribuição dos pesos levam em consideração apenas aspectos teóricos sobre a influência da cobertura vegetal e do uso e ocupação dos solos com relação a retenção hídrica dos solos.

Como se pode observar na Tabela 7.42, a classe de cobertura vegetal “mata” possui o maior peso atribuído (0,15) devido a sua condição de alto favorecimento à retenção hídrica nos solos, principalmente com relação à formação de uma camada superficial de matéria orgânica. A classe de cobertura vegetal “capoeira” também favorece a retenção de água pelo solo através da formação de uma camada superficial de matéria orgânica só que menos espessa, sendo portanto atribuído o peso de 0,1. A classe de uso “culturas” recebe um peso intermediário entre a baixa e alta influência no potencial de retenção hídrica (0,06). As classes de uso “solo preparado” e “cana-de-açúcar” por terem uma prática intensiva na utilização dos solos e que não fovorecem a retenção de água pelo solo recebem respectivamente os pesos 0,02 e 0,03. A classe de uso “pasto e campo antrópico” recebe o menor peso (0,01) devido a sua condição de baixo favorecimento à retenção de água pelo solo sobretudo pela alta compactação existente na superfície dos solos onde se encontram este tipo de uso.

7.6.8 - Definição das Classes

As classes de retenção para o potencial hídrico foram definidas através de três limites ou três classes de potencial de retenção hídrica. A variação entre as classes foi obtida através da soma entre os valores máximos e mínimos possíveis na soma dos valores de cada componente das matrizes (Variação = Valor Máximo – Valor Mínimo). O Intervalo das classes foi obtido através da divisão da variação pelo número de classes (Intervalo = Variação / Total de Classes). O valor mínimo, o valor máximo e o intervalo de classes são respectivamente 0.335, 1 e 0.221. Ou seja, o valor de retenção mínima que pode ser assumido é 0.335 e o valor de retenção máxima que pode ser assumido é 1. A nomenclatura das classes segue a seguinte ordem, respeitando a ordem crescente de grandeza: retenção baixa, média, e alta. A Tabela 7.43 mostra as nomenclaturas das classes e seu respectivo limite mínimo e máximo.

Tabela 7.43. Nomenclatura das classes de vulnerabilidade aos processos erosivos e seus respectivos limites máximos e mínimos.

Nomenclatura	Limite Mínimo	Limite Máximo
Retenção Baixa	0,335	0,556
Retenção Média	0,557	0,777
Retenção Alta	0,778	1

7.6.9 - Uso dos *Softwares* AUTOCAD R14, IDRISI 32 e COREL DRAW 9 para a confecção da Carta.

Assim como para a construção da carta de vulnerabilidade aos processos erosivos, para a definição dos critérios para a elaboração da carta de retenção hídrica, a primeira etapa para a confecção da carta de vulnerabilidade dos solos foi a importação das informações digitalizadas no *software* AUTOCAD R14 para o *software* IDRISI32, através da transformação do arquivo de exportação do AUTOCAD R14, com a extensão "*.dxf", para o arquivo de vetores do IDRISI 32, com a extensão "*.vec".

A partir dos arquivos vetoriais do IDRISI32, que representam as bases das informações ambientais, foi executado o processo de transformação da informação vetorial em informação *raster*. Esse processo pode ser executado através do comando *POLYRAS* do *software* IDRISI32.

A partir dos dados em formato *raster* foi possível a utilização de um arquivo textual de atribuição de valores, com a extensão "*.avl", onde estão contidos os valores dos pesos definidos para cada variação dos componentes ambientais. A atribuição dos valores no software *IDRISI32* é realizada através do comando *ASSIGN*.

Após a atribuição dos pesos para cada variação dos componentes ambientais foi possível aplicar o operador matemático soma para a extração do valor integrativo relativo a vulnerabilidade aos processos erosivos em cada ponto (resolução de 100 x 100 metros) da área de estudo. Esse procedimento pode ser obtido através do comando *OVERLAY* do *software* IDRISI32.

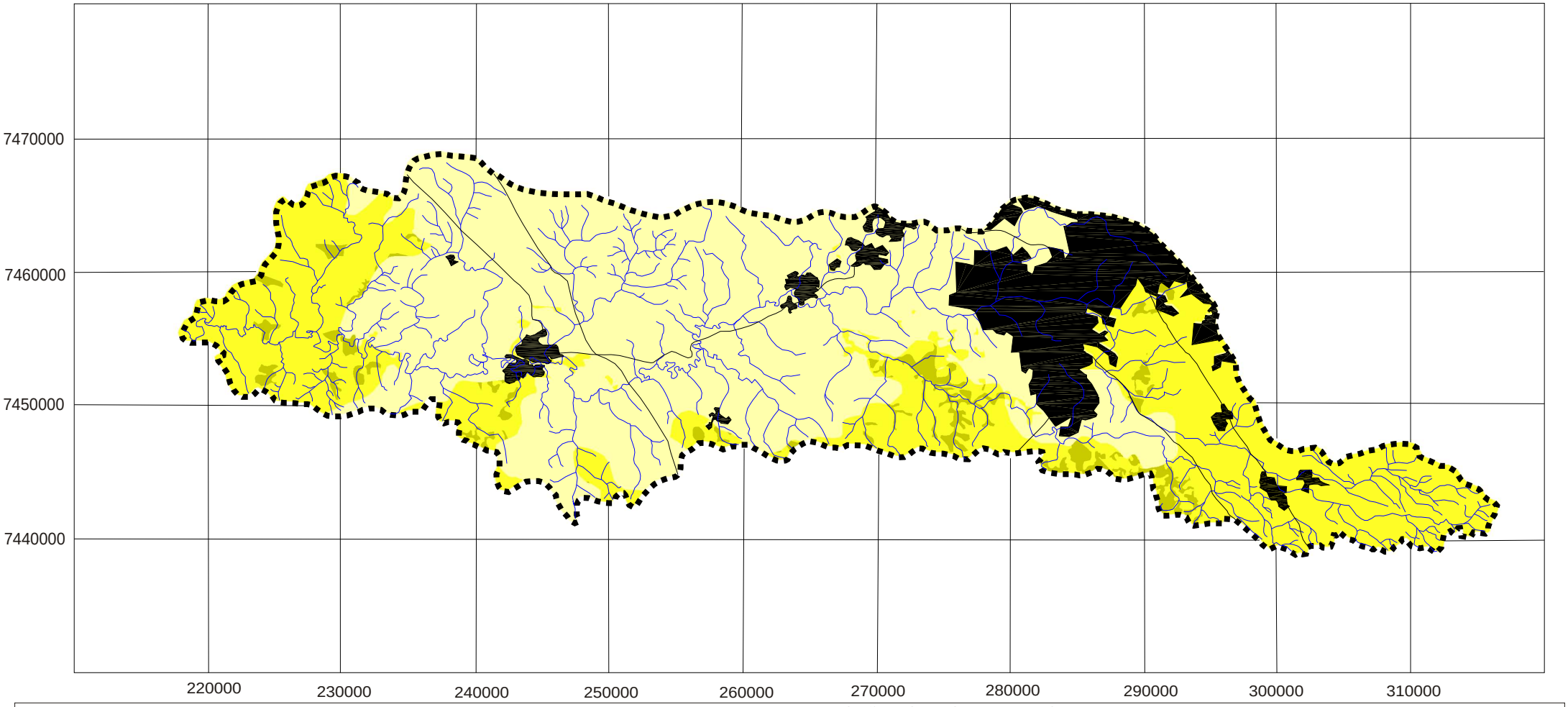
A aplicação do comando *OVERLAY* tornou possível a criação de uma imagem síntese dos pesos atribuídos a cada variação dos componentes ambientais. A partir desta imagem síntese foi possível aplicar a divisão das classes de vulnerabilidade, a partir do comando *RECLASS* do *software* IDRISI 32 e do uso de um arquivo textual

de atribuições que representa a divisão numérica de classes estabelecida. Esse procedimento obteve uma imagem resultante com a representação da informação de síntese através de três variações numéricas transformadas posteriormente em classes: retenção baixa, retenção média e retenção. A edição final do mapa foi realizada através do *software* COREL DRAW versão 9.

A Figura 7.37 mostra a distribuição das classes de potencial de retenção hídrica na bacia do rio Capivari.

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente

Figura 7.37. MAPA DE POTENCIAL DE RETENÇÃO HÍDRICA DA BACIA DO RIO CAPIVARI-SP



Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Área Urbana
- Estradas

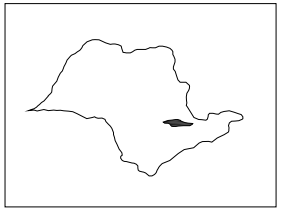
Legenda

- Retenção Baixa
- Retenção Média
- Retenção Alta

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG

0 5 10 15 20 km

Localização da bacia no Estado de São Paulo



7.6.10 - Descrição das Classes

7.6.10.1 - Classe 1 – Retenção Baixa

Classe de retenção hídrica associada à baixa capacidade teórica de retenção de água pelo solo.

A determinação desta classe é fortemente influenciada pela atribuição de um menor peso, para a integração da informação ambiental, para as unidades pedológicas consideradas como de baixa retenção e pela presença da classe de uso pasto ou campo antrópico.

Em termos pluviométricos as áreas abrangidas por essa classe encontram-se principalmente classificadas como pertencentes às classes 4 e 3 para os índices de freqüência diária de chuva dos meses chuvosos, e nas classes 2 e 1 para os meses secos. Como já explicitado, embora exista uma boa disponibilidade de água proveniente das chuvas, existe uma limitação referente às propriedades físicas dos solos e ao tipo de uso destinado as terras, o que diminui a capacidade de teórica de retenção de água pelo solo nessas áreas.

7.6.10.2 - Classe 2 – Retenção Média

Classe de retenção hídrica associada a um valor intermediário entre baixa e alta capacidade teórica de retenção de água pelo solo.

O valor intermediário desta classe está associado principalmente à presença de unidades pedológicas com valores texturais intermediários para região extremo-leste, e a presença da compartimentação geomorfológica “Mar de Morros”, que possui altas declividades, na região extremo-oeste, o que diminui a capacidade de retenção hídrica dos solos argilosos das unidades de mapeamento pedológicas dessa região. Embora as regiões extremo-leste e extremo-oeste tenham como classe predominante de retenção hídrica a classe 2, as mesmas apresentam a ocorrência da classe 3, associada à alta retenção hídrica, que está relacionada com a presença de “mata” ou “capoeira”.

Em termos pluviométricos as áreas abrangidas por essa classe encontram-se principalmente classificadas como pertencentes às classes 2 e 3 para região

extremo-leste e 2 e 1 para região extremo-oeste com relação aos índices de freqüência diária de chuva para meses chuvosos, e nas classes 1 e 2 para os meses secos.

7.6.10.3 - Classe 3 – Retenção Alta

Classe de retenção hídrica associada à alta capacidade teórica de retenção de água pelo solo.

Classe associada principalmente à presença das unidades de mapeamento pedológicas de alta retenção, sob a influência das compartimentações geomorfológicas “Topos Aplainados” ou “Morrotes e Vales Dissecados”. Em termos pluviométricos as áreas abrangidas por essa classe encontram-se distribuídas em todas as classes dos índices de freqüência diária de chuva para meses chuvosos, assim como para os meses secos.

A combinação dos componentes ambientais torna teoricamente a capacidade de retenção hídrica nas áreas que apresentem esta combinação bastante elevada.

7.7 - ZONEAMENTO AMBIENTAL

7.7.1 - Metodologia

O zoneamento ambiental da bacia do rio Capivari teve como base os mapas de integração do potencial de retenção hídrica e o de vulnerabilidade aos processos erosivos. O mapa de uso da terra e cobertura vegetal também foi usado visando o diagnóstico para a obtenção das zonas ambientais.

Cabe ressaltar que o zoneamento ambiental aqui praticado tem o intuito de apresentar um desenvolvimento metodológico e técnico como subsídio aos projetos de gestão e planejamento de recursos hídricos. Portanto os critérios aqui adotados são direcionados para a tentativa de preservação desses recursos em forma de zoneamento, com base na análise das informações ambientais. Com isso, será possível a realização de outros zoneamentos visando outros objetivos, tal como outros zoneamentos que visem o mesmo objetivo, com bases e critérios diferentes.

Para a obtenção da informação referente ao zoneamento, fez-se uso, como já mencionado, de três mapas: o mapa de potencial de retenção hídrica e o de vulnerabilidade aos processos erosivos, ambos obtidos através de integração de informações; e o mapa de uso da terra e de cobertura vegetal.

Com base na criação de critérios aplicados nas classes dos referidos mapas foi possível a definição das classes de zoneamento tendo como referência o mapa de uso da terra e cobertura vegetal.

A consideração das informações contidas no mapa de uso da terra e de cobertura vegetal é um fator essencial quando se quer considerar a re-ordenação territorial, principalmente a de uso e ocupação do solo. A análise do uso e da ocupação junto ao diagnóstico contido nos mapas de integração pode indicar usos restritos a determinadas classificações efetuadas para uma determinada combinação ambiental. Caso seja identificada uma situação como essa, cabe especificar na zona criada a restrição do uso ou a sua adequação às condições ambientais, efetuando-se assim, um re-ordenamento territorial.

7.7.2 - Critérios

Utilizou-se como critério para a definição das classes de zoneamento, a classificação dos mapas referentes ao potencial de retenção hídrica e da vulnerabilidade aos processos erosivos. As referidas classes foram cruzadas e sobrepostas ao mapa de uso e de cobertura vegetal para a obtenção das classes de zoneamento.

Os mapas de integração possuem três variações de classes: baixa, média e alta. O cruzamento entre as classes dos mapas de integração, tornou possível a criação de nove pares de combinação (uma matriz 3x3) entre as informações dos mapas de integração. Esses pares foram agrupados em 3 graus de intensidade, sendo esta uma tentativa de representar o cruzamento das informações de integração de maneira sintética, baseados na intensidade de cada cruzamento. O critério adotado para o agrupamento foi a ocorrência da classe de intensidade "alta" para ambos os mapas de integração, seguindo a seguinte estrutura lógica:

1) SE Classe_Vulnerabilidade = "ALTA" E Classe_RetençãoHídrica = "ALTA"
   ENTÃO
   GRAU = 1;
2) SE Classe_Vulnerabilidade = "ALTA" E NÃO Classe_RetençãoHídrica = "ALTA"
   ENTÃO
   GRAU = 2;
3) SE NÃO Classe_Vulnerabilidade = "ALTA" E Classe_RetençãoHídrica = "ALTA"
   ENTÃO
   GRAU = 2;
4) SE NÃO Classe_Vulnerabilidade = "ALTA" E NÃO Classe_RetençãoHídrica = "ALTA"
   ENTÃO
   GRAU = 3;

Como é possível observar através dessa estrutura, o que define o grau de combinação entre os cruzamentos é a presença da classe "alta". Caso esta classe esteja presente em cada um dos pares, o grau de intensidade assume o valor um; se estiver presente em apenas um dos pares, o grau de intensidade assume o valor dois e caso ele não esteja em nenhum dos pares, assume o valor três.

Esse procedimento visou a simplificação das classes de zoneamento, visto que cada combinação cruzada com a variação do uso e cobertura vegetal, exigiria a criação de uma classe de zoneamento distinta, o que dificultaria a representação.

7.7.3 - Definição das Zonas

Considerado os critérios definidos, as classes de zoneamento foram obtidas através do agrupamento dos cruzamentos das classes dos mapas de integração e dos cruzamentos desses grupos junto à variação das classes de uso e cobertura vegetal. Algumas classes de uso e cobertura vegetal foram aglutinadas, como é o caso das classes “mata” e “capoeira”, assim como para as classes “solo exposto”, “cana-de-açúcar” e “culturas”, assumindo essas o nome de atividades produtivas. A Tabela 7.44 mostra a definição dos graus de intensidade dos agrupamentos e a definição das classes de zoneamento com base em seu cruzamento com a variação das classes de uso e cobertura vegetal.

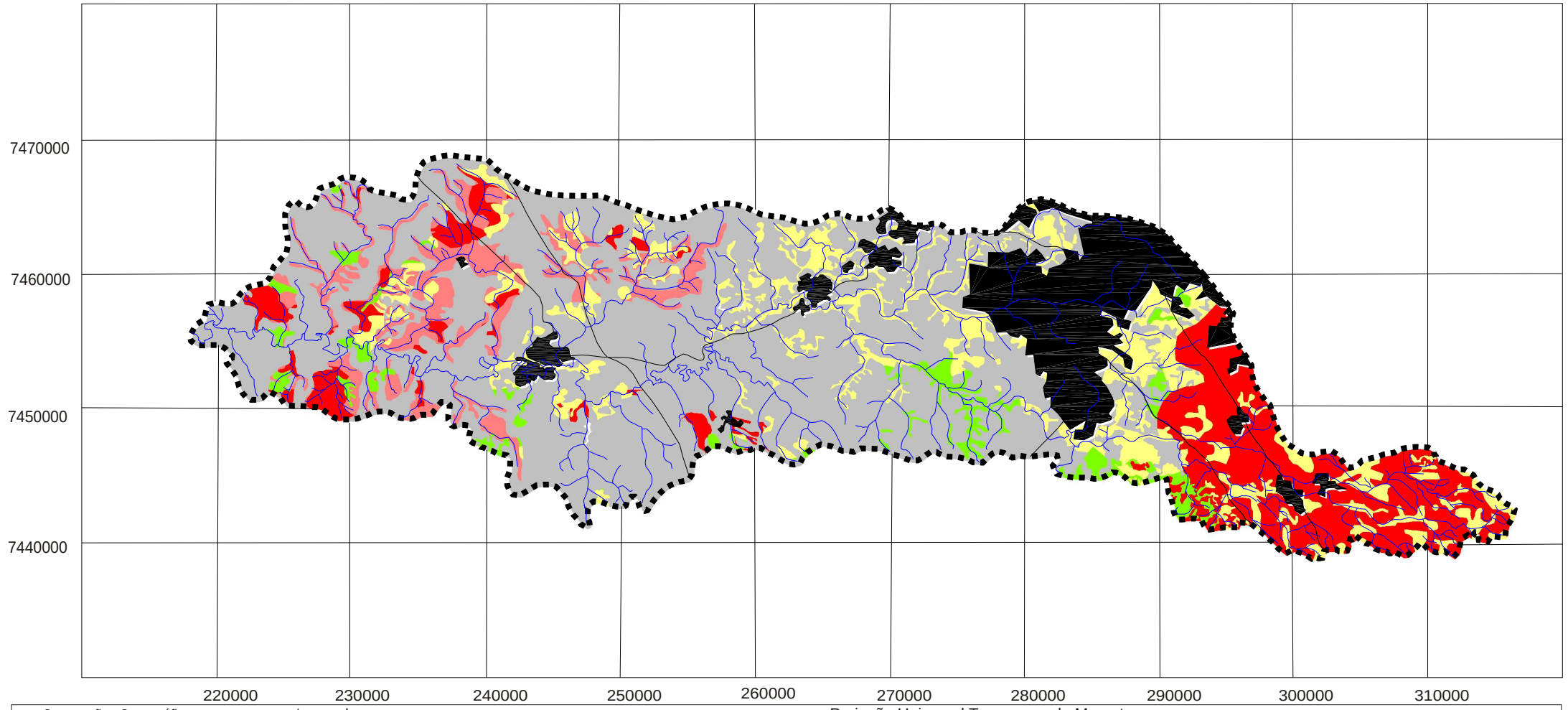
Tabela 7.44. Matriz para a definição das classes de zoneamento ambiental.

Classe de Vulnerabilidade	Classe de Retenção Hídrica	Cobertura Vegetal Mata ou Capoeira	Atividades Produtivas	Pasto ou Campo Antrópico
Grau 1				
ALTA	ALTA	Sem Representação	Sem Representação	Sem Representação
Grau 2				
ALTA	MEDIA	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4
ALTA	BAIXA			
MEDIA	ALTA			
BAIXA	ALTA			
Grau 3				
MEDIA	MEDIA	ZONA 1	ZONA 5	ZONA 5
MEDIA	BAIXO			
BAIXO	MÉDIO			
BAIXO	BAIXO			

Após a obtenção das classes verificou-se que o cruzamento entre o grau 1 de intensidade com as variações de classes “cobertura vegetal mata ou capoeira”, “atividades produtivas” e pasto ou campo antrópico não possuem representação, ou seja, essas classes não possuem cruzamento com as áreas onde existe a ocorrência de alta vulnerabilidade aos processos erosivos e de alta capacidade de retenção hídrica. A Figura 7.38 apresenta a distribuição espacial das zonas definidas pelo zoneamento ambiental na bacia do rio Capivari.

Figura 7.38. ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO CAPIVARI-SP

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração Meio Ambiente



Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Limite da Bacia Hidrográfica
- Área Urbana
- Estradas

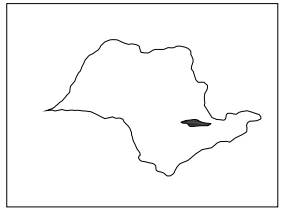
Legenda

- Classe 1 — Zona de Preservação (Grau 1)
- Classe 2 — Zona de Preservação (Grau 2)
- Classe 3 — Zona de Recuperação
- Classe 4 — Zona de Uso Produtivo Controlado
- Classe 5 — Zona de Uso Consolidado

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical Imbituba - SC
Datum Horizontal Córrego Alegre - MG

0 5 10 15 20 km

Localização da bacia no Estado de São Paulo



7.7.4 - Descrição das Zonas

7.7.4.1 - Zona 1 – Preservação Grau 1

Essa zona é formada pela presença das áreas de cobertura vegetal “mata” e “capoeira” que não se encontram dentro de áreas definidas como de alta capacidade de retenção hídrica nem de alta vulnerabilidade aos processos erosivos. Áreas contidas nesta zona devem ser destinadas à preservação de remanescentes da mata original e/ou reflorestada, assim como da vegetação rasteira que compõe a paisagem, dando-lhe, em ambos os casos, beleza cênica e proteção às margens dos rios.

7.7.4.2 - Zona 2 – Preservação Grau 2

Constituem-se zonas onde existe a presença das feições de cobertura vegetal “mata” ou “capoeira” e que estão presentes em áreas classificadas como de “alta” potencialidade de retenção hídrica ou de “alta” vulnerabilidade aos processos erosivos.

Essas zonas devem ser preservadas com o intuito de manutenção de fatores que atenuam a formação de processos erosivos ou aumentam a capacidade do solo de reter água. Também devem ser preservadas para a manutenção de espécies nativas da mata atlântica, bem como para incorporação de beleza cênica da paisagem.

Essas zonas apresentam maior prioridade na ação concernente à preservação dos componentes ambientais para a gestão dos recursos hídricos.

7.7.4.3 - Zona 3 – Recuperação

São zonas classificadas como de alta vulnerabilidade aos processos erosivos ou de alta potencialidade de retenção hídrica. Invariavelmente, essas áreas se encontram dentro da classe “pasto ou campo antrópico”, definida pelo mapeamento de uso e ocupação do solo.

Essas zonas devem ser destinadas a projetos de reflorestamento de espécies originárias da mata atlântica para a recuperação de condições ambientais anteriores à ocupação humana ou atenuação de processos ambientais considerados negativos para a gestão dos recursos hídricos.

Na inviabilidade de reflorestamento por espécies nativas, pode-se dar prioridade para a implantação de cultivos madeireiros comerciais com base em manejo florestal ou implantação de hortos florestais para visitação pública, visto que boa parte dessas zonas localizam-se próximas às cidades.

7.7.4.4 - Zona 4 – Uso Produtivo Controlado

São zonas definidas pelo mapa de uso como de produção agrícola que apresentam classes alto potencial de retenção hídrica ou de alta vulnerabilidade aos processos erosivos. Não foi encontrada nenhuma ocorrência de áreas de produção agrícola que apresentasse concomitantemente a classe alta, tanto para o potencial de retenção hídrica quanto para a vulnerabilidade aos processos erosivos.

Nessas zonas devem ser aplicados incentivos e medidas de fiscalização para a manutenção ou a implementação de técnicas de produção agrícolas conservacionistas, principalmente no tocante a compactação do solo por máquinas agrícolas. Nessas zonas são poucas as áreas onde se apresenta alta vulnerabilidade aos processos erosivos, mas ainda sim é aconselhável a aplicação, implementação e a manutenção de técnicas de conservação do solo com relação aos processos erosivos, principalmente em culturas localizadas em encostas.

7.7.4.5 - Zona 5 – Uso Consolidado

São zonas que apresentam usos diversos (cultivo de cana-de-açúcar, culturas anuais, hortifrutigranjeiros, pastagem, campo antrópico, etc) e que apresentaram de média a baixa ocorrência aos processos erosivos e ou potencial de retenção hídrica.

Nessas zonas recomenda-se a manutenção e a expansão de culturas produtivas mediante a um estudo de aptidão agrícola das terras e da implantação de práticas moderadas de conservação dos solos.

Em zonas de uso consolidado próximas aos limites das cidades, existe a possibilidade de se manter o atual uso ou de serem destinadas à expansão urbana ou industrial, assim como à implantação de atividades pastoris.

7.7.5 - Instrumentos Legais Para a Viabilização do Zoneamento Ambiental

O principal instrumento para a viabilização do zoneamento ou de outros possivelmente executados para a área de estudo, constitui-se o código florestal implantado através da Lei Federal Nº 4.771 de Setembro de 1965 (LEI FEDERAL, 1965).

Para as zonas de preservação e recuperação pode ser aplicado o artigo 2º que considera como de preservação permanente as seguintes situações presentes na bacia hidrográfica:

a) ao longo de rios ou qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:

1) De 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2) De 50 (cinqüenta) metros para os cursos d'água que tenha de 10 (dez) a 50 (cinqüenta) metros de largura;

3) De 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenha de 50 (cinqüenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinqüenta) metros de largura;

e) nas encostas ou parte destas, com declividade superior a 45º, equivalente a 100% da linha de maior declive (LEI FEDERAL, 1965);

Segundo o artigo 2º as situações descritas no mesmo, que são encontradas na bacia do rio Capivari, devem ser aparadas por essa lei, cabendo ao poder público (União em convênio com os Estados e Municípios) promover a preservação ou a recuperação das áreas de preservação permanente (LEI FEDERAL, 1965). Durante a criação dos critérios para o zoneamento ambiental, tentou-se incluir as áreas de

preservação permanente segundo os critérios definidos em Lei, mas devido a problemas de escala de representação e resolução de imagem de satélite, não foi possível a identificação de situações previstas pelo artigo 2º e também não foi possível delimitar as situações de preservação permanente. Mas sabe-se que algumas áreas destinadas à preservação e para recuperação neste zoneamento localizam-se nas situações descritas no artigo 2º, e portanto devem ser consideradas como áreas de preservação permanente ou áreas de recuperação das condições ambientais originárias. Deve-se também considerar como áreas a serem preservadas e recuperadas na bacia do rio Capivari, situações não mapeadas e que devem ser identificadas em zoneamentos em escalas maiores.

Para as zonas de preservação e de recuperação que apresentem alta vulnerabilidade aos processos erosivos, pode-se aplicar o artigo 3º que considera como de preservação permanente, quando assim declarados por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas:

a) atenuar a erosão das terras (LEI FEDERAL, 1965).

Para as zonas de preservação pode-se aplicar o artigo 10 que estabelece a não derrubada de florestas, situadas em áreas de inclinação entre 25 a 45 graus, só sendo nelas tolerada a extração de toras, quando em regime de utilização racional, que vise a rendimentos permanentes (LEI FEDERAL, 1965). O artigo 10 recai principalmente em zonas de preservação localizadas na compartimentação geomorfológica “Mar de Morros”, onde foi identificado situações onde existe a presença de mata em declives mencionados por este artigo.

Além de estabelecer áreas de preservação permanente o Código Florestal estabelece no seu artigo 16 que a título de reserva legal devem ser preservadas 20% na propriedade rural situada em área de floresta ou outras formas de vegetação nativa na região Sudeste. O artigo 16 do Código Florestal pode ter uma aplicação para o zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Capivari caso seja efetuado um mapeamento das propriedades rurais e se realize um cruzamento com as informações relativas a cobertura vegetal. Após a identificação da percentagem que cada propriedade possui com relação à presença de mata ou não, poderia-se estabelecer a preservação dessas parcelas e a sua recuperação de acordo com o artigo 44 desta mesma lei que estabelece em seus incisos I, II e III a recuperação ou regeneração gradual da reserva legal ou a compensação da mesma com uma outra área equivalente na mesma microbacia.

Um aspecto interessante a ser ressaltado pelo artigo 16 do Código Florestal, é que em seu parágrafo 4 é estabelecido que a localização da reserva legal dever ser aprovada pelo órgão ambiental estadual competente, ou mediante convênio, pelo órgão ambiental municipal ou outra instituição devidamente habilitada, devendo ser considerados, no processo de aprovação, a função social da propriedade, e os seguintes critérios e instrumentos, quando houver:

I – Plano de bacia hidrográfica;

II – o plano diretor municipal;

III – o zoneamento ecológico-econômico;

IV – outras categorias de zoneamento ambiental; e

V – a proximidade com outra reserva legal, Área de Preservação Permanente, unidade de conservação ou outra área legalmente protegida.

O parágrafo 4 do artigo 16 mostra que a definição das reservas legais pode ser bastante complexa, envolvendo diversos fatores, mas estabelece que elas podem ser definidas através de zoneamentos ambientais.

Um outro instrumento legal que pode também ser usado para a efetivação do zoneamento ambiental para o planejamento dos recursos hídricos é a Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, pois na Seção I, referente aos Planos de Recursos Hídricos, o artigo 7º, inciso X, estabelece propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos (LEI FEDERAL, 1997).

O Código Florestal e a Política Nacional de Recursos Hídricos são apenas dois exemplos Legais referentes à esfera Nacional, para a viabilização de zoneamentos ambientais, mas cabe ressaltar a importância das resoluções do Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Piracicaba, Capivari e Jundiaí (CBH-PCJ), que incidem diretamente sobre a realidade local, tendo que inclusive serem aprovadas pelo seu Conselho, que conta com a participação dos representantes dos governos e dos usuários. É plausível acreditar que serão resoluções deste comitê, com base em zoneamentos ambientais e com o respaldo das leis mencionadas, que tornarão possível a viabilização de zonas definidas por esses mesmos zoneamentos.

7.8 – CONCLUSÕES

7.8.1 – Quanto ao Método

Observou-se neste trabalho que o método proposto (sistêmico), sendo esta uma conclusão parcial e subjetiva, é o que melhor representa a realidade investigada, pois os problemas relativos à gestão dos recursos hídricos, surgem a partir da ação humana instabilizadora sobre os geossistemas (*inputs*) que produzem respostas não-desejáveis ao homem (*outputs*), como é o caso da perda de captação e retenção das águas, danos aos ecossistemas, e problemas de erosão e assoreamento que recaem diretamente sobre a disponibilidade das águas no sistema sócio-econômico e no direcionamento de recursos escassos para a sua mitigação.

O estudo do meio ambiente, através do método sistêmico, proporciona um grande ganho relativo ao estudo particular dos objetos que fazem parte do mesmo, ou seja, do estudo das características peculiares de cada parte componente do meio ambiente. Através deste método é possível definir o relacionamento ou conexão que cada componente ou objeto possui com os outros componentes ou objetos que fazem parte do sistema, tornando possível o entendimento dos fenômenos que possuem origem nessas relações. A limitação deste método está na dificuldade de integração dos estudos relativos a cada componente do meio ambiente em um cenário de crescente especialização e distanciamento entre as ciências. Existe uma dificuldade de compatibilização de método, assim como de escala temporal e espacial, durante o processo de integração das informações ambientais. Uma das soluções para esta dificuldade é adotar a interdisciplinariedade como prática essencial para a produção de conhecimentos obtidos através do método sistêmico.

Nesse trabalho, a aplicação do método sistêmico foi parcial, pois nele não existe representado quantitativamente os fluxos de matéria e energia entre os componentes do sistema, e dos fluxos do sistema com o seu exterior. Neste trabalho existe a representação de um modelo hipotético-dedutivo da bacia hidrográfica do rio Capivari, com base nos preceitos do método sistêmico e do arcabouço teórico produzido sobre cada componente sistêmico que permitiram a produção de informações de síntese relativas à gestão dos recursos hídricos.

7.8.2 – Quanto à Metodologia

A metodologia adotada para o trabalho seguiu os preceitos definidos pelo método sistêmico, com a adoção do estudo particular de cada componente ambiental e o seu relacionamento com os outros componentes ambientais, para que fosse possível, etapa por etapa, atingir os objetivos definidos pela pesquisa.

7.8.3 – Quanto às Técnicas e Materiais

As técnicas utilizadas foram fundamentais para a realização dos objetivos da pesquisa, em especial as técnicas de álgebra de mapas e de interpolação, que permitiram a integração e a produção de informações relativas aos componentes ambientais.

A álgebra de mapas, técnica utilizada pelos sistemas de informação geográfica (SIG), é uma excelente técnica para integração de informações ambientais de forma rápida e precisa, o que torna possível a repetição de procedimentos que visem o aperfeiçoamento da informação a ser elaborada.

A técnica de interpolação foi útil para a elaboração de informações contínuas no espaço com base na estimação de valores, proporcionando uma maior rapidez e precisão para a produção das informações relativas a pluviosidade e a altimetria.

Os materiais são a base física da pesquisa, são através deles que é possível aplicar um método teórico e de técnicas de investigação da realidade. Os mapas e as imagens utilizadas foram úteis para a realização dos propósitos deste trabalho, considerando a escala da pesquisa. Uma pesquisa em maior escala exigiria mapas em maiores escalas e imagens com maiores resoluções.

O uso de “softwares” foi fundamental para este trabalho, através deles foi possível a aplicação de todas as técnicas utilizadas neste trabalho, assim como para a produção de textos, gráficos e tabelas.

7.8.4 – Quanto às Informações Ambientais Utilizadas

As informações ambientais utilizadas serviram de base para a determinação dos componentes sistêmicos e para a elaboração de informações de síntese.

Considerando a escala do trabalho, as informações ambientais utilizadas foram suficientes para expressar as características geossistêmicas e do sistema sócio-econômico e a organização espacial refletidas através do uso da terra. Mas a escala de apresentação foi limitada pela disponibilidade das informações ambientais em maiores escalas, principalmente com relação à informação de base e a pedológica.

As informações relativas à pluviosidade possuem um elevado grau de confiança devido à escala temporal utilizada, a densidade dos pontos de coleta de informação e das técnicas utilizadas para o seu tratamento. O mesmo também pode se dizer com relação à informação geomorfológica, que teve como base as imagens de satélite e sobretudo na análise das características morfométricas de cada compartimentação geomorfológica.

7.8.5 – Quanto a Integração e Síntese da Informação

A integração da informação através de procedimentos dedutivos produziu informações ambientais onde está embutido o caráter teórico dos fenômenos a serem definidos, como é o caso da vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos e do potencial de retenção hídrica dos solos. São informações qualitativas em escala não detalhada que servem de base para estudos mais precisos de caráter indutivo. Obviamente considerando as diversas formas de produção de conhecimento científico, o estudo indutivo através da coleta de dados e experimentação comprovaria ou não a hipótese dedutiva. No caso desses fenômenos a informação indutiva é mais segura pois está muito mais próxima do real. Embora o estudo indutivo desses fenômenos seja o ideal, existe a limitação de escala. Possivelmente esses estudos, que são pontuais, só poderiam ser realizados em pequenas áreas, ou seja, em grandes escalas cartográficas. Se este trabalho contemplasse um estudo indutivo para a definição dos fenômenos aqui estudados, possivelmente eles iriam ser realizados em uma sub-bacia hidrográfica ou até mesmo em uma cabeceira de drenagem. Como este trabalho busca servir de

subsídio à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Capivari, torna-se mais conveniente um estudo hipotético-dedutivo para definição dos fenômenos que se julga serem de grande relevância para essa gestão.

Como um estudo dedutivo, a integração da informação foi obtida através de critérios hipotéticos que levam em consideração os aspectos teóricos, relativos aos fenômenos a serem estudados. A maior dificuldade deste processo é o estabelecimento dos pesos relativos a cada componente para a integração da informação ambiental. O grau de incerteza para o estabelecimento dos pesos é bastante elevado, pois existe um caráter subjetivo, é por isso que se faz necessário um estudo indutivo para a comprovação dos resultados obtidos pela integração. Embora exista uma incerteza com relação à informação produzida, a mesma é válida e coerente, pois assume os pressupostos científicos e todo o arcabouço teórico produzido sobre cada aspecto conhecido que envolve esses fenômenos.

As informações relativas à vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos e as de potencial de retenção hídrica dos solos, devem ser consideradas apenas como uma indicação qualitativa para estudos mais precisos sobre esses fenômenos.

7.8.6 – Quanto ao Zoneamento Ambiental

O zoneamento ambiental aqui praticado constitui-se um instrumento de ordenação territorial que pode vir a ser um entre outros subsídios para o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos da bacia do rio Capivari.

Como o zoneamento ambiental foi elaborado com base na integração das informações ambientais e sendo essas produzidas com base em critérios dedutivos que exigem estudos de ordem pontual para a sua comprovação, o zoneamento aqui definido deve ser interpretado como um ordenamento territorial com base em critérios dedutivos que exigem comprovação experimental. Mas as zonas definidas são indicativas para a prática da gestão e planejamento dos recursos hídricos, pois levam em consideração informações ambientais reais e todo o arcabouço teórico produzido sobre cada aspecto dos fenômenos analisados.

No zoneamento ambiental aqui praticado existe uma limitação com relação à escala de abordagem, portanto as zonas devem ser interpretadas como uma área que integra informações produzidas em um escala cartográfica de baixa precisão, e que portanto são genéricas. A idéia expressa neste zoneamento é que as zonas

definidas sirvam de ponto de partida, considerando as prioridades, para estudos mais precisos que levem em consideração informações ambientais em maiores escalas.

A grande tendência para a gestão dos recursos hídricos é adotar a microbacia hidrográfica como unidade de atuação, portanto estudos genéricos são bastante úteis para a definição de prioridades com relação à aplicação dos recursos financeiros em uma grande bacia hidrográfica. A partir deste argumento e considerando o zoneamento ambiental aqui definido, os gestores poderiam dar prioridade as zonas de preservação e de recuperação para a implantação de projetos em microbacias hidrográficas que visem a recuperação dos recursos ambientais, em especial os recursos hídricos.

Considerando os aspectos legais relativos ao meio ambiente, a aplicação do código florestal na bacia do rio Capivari traria grandes benefícios a médio e longo prazo com relação aos problemas relativos à erosão dos solos e à escassez de água. A recuperação e proteção das matas ciliares e a definição de reservas legais em propriedades rurais contribuiriam muito com a recuperação parcial das condições ambientais da área.

Bibliografia

AB'SABER (1989) "Zoneamento ecológico econômico da Amazônia. Questões de Escala e Método". Estudos Avançados. São Paulo. 3(5) 4 –20.

ANDREOLI, C. (1992) "Gestão Ambiental por Bacias Hidrográficas". *In* : Ecologia e Desenvolvimento. Rio de Janeiro : APED/UFRJ.

ANSELIN, L. (1999) "Interactive Techiniques and Exploratory Data Analysis". *In*: Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Aplications. Cambrige : Geoinformation International.

ARANOFF, S. (1995) Geographical Information Systems: A Management Perspective. WDL Publications.

BARTH, F. T. (1987) Modelos Para Gerenciamento De Recursos Hídricos. São Paulo : Nobel, ABRH (Associação Brasileira de Recursos Hídricos).

BAILEY, T. C; GATRELL, A. C. (1996) Interactive Spatial Data Analisis. Londres : Longman Group Limited. 413p.

BECKER, B; EGLER, C. A. G. (1997). Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia legal. Brasília. Ed.: Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. 43p.

BENETTI, A. (1993) "O Meio Ambiente e os Recursos Hídricos". *In*: Hidrologia - Ciência e Aplicação. Org.: TUCCI, C.E.M. Porto Alegre : EDUSP.

BERTONI J; LOMBARDI NETO, F. (1975a) "Tolerância de Perda de Terra Para Solos do Estado de São Paulo". Boletim Técnico, nº 28 do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas. 12p.

_____ (1975b) "Erodibilidade de Solos Paulistas". Boletim Técnico nº 27 do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas.

_____ (1990) Conservação do Solo. Piracicaba. Ed.: Livroceres. 392p.

BERTRAND, G. (1972) “Paisagem e Geografia Física Global”. Cadernos de Ciências da Terra. Instituto de Geociências. USP. São Paulo.

_____ (1978) “Ecologie D'Un Espace Géographique: Les Geosystèmes du Valle de Prioro”. Espace Géographique, 2: 113-128.

BRAGA, L. P. V. (1990) Geoestatística e Aplicações. São Paulo : USP - Instituto de Matemática e Estatística. 36p.

BRESSAN, D. (1996) Gestão Racional da Natureza. Ed.: HUCITEC : São Paulo.

BURROUGH, P. A; McDONNELL, R. A. (1998) Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.

CASSOL, R. (1996) Zoneamento ambiental elaborado com variáveis otimizadas estatisticamente, geradas por técnicas cartográficas. Tese de Doutorado. São Paulo. Ed.: USP.

CASTRO, I. E. (1995a) Geografia: Conceitos e Temas. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil.

CASTRO, D. M. M. (1995b) Aspectos Técnico-Científicos e Político-Institucionais: Caso Região dos Lagos, RJ. Tese de Mestrado. IGEO-UFRJ.

CATHALAC (1999). *Proceedings of the Third Inter-American Dialogue on Water Management. Centro Del Agua de Tropico Húmedo para América Latina y el Caribe.* Panamá.

CBH-PCJ (1999) Programa de Investimento Para Proteção e Aproveitamento dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo.

CHRISTOFOLETTI, A. (1979) Análise de Sistemas em Geografia. Ed.: Hucitec. São Paulo.

_____ (1986-1987) "Significância da Teoria de Sistemas em Geografia" Boletim da Geografia Teorética, 16-17 (31-34) 119-128.

_____ (1990) "Aplicação da Abordagem em Sistemas na Geografia Física". Revista Brasileira de Geografia, 52(2): 21:35.

_____ (1995) "Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento". *In.* GUERRA, A. J. T. e SANDRA, S. B. (Orgs.) Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 25p.

_____ (1999) Modelagem de Sistemas Ambientais. Ed.: Edgar Blücher. São Paulo.

COELHO NETO, A. L. (1995) "Hidrologia De Encosta Na Interface com a Geomorfologia". *In*. GUERRA, A. J. T. e SANDRA, S. B. (Orgs.). Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 56p.

CONAMA (1988). Resolução n^{o} 10 de 14 de Dezembro de 1988. Brasília. Legislação do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

CUNHA, S B; GUERRA, A. J. T. (Orgs). Geomorfologia e Meio Ambiente. Ed.: Bertrand Brasil. 43p.

CUNHA, S B; GUERRA, A. J. T. (1996) 'Degradação Ambiental". *In*: CUNHA, S B; GUERRA, A JT (Orgs.) Geomorfologia e Meio Ambiente. Bertrand Brasil. 337 – 380p.

DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo). Software Banco de Dados DAEE. Atualizações até 1997.

DECRETO (1979). Decreto no 84.017, de 21 de setembro de 1979 que aprova o regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros. Brasília. Legislação/MMA.

DONALD, M. G. (1973) Handbook on the principles of hidrology. Syosset. Ed.: Water Information Center.

EAGLESON, P. S. (1970) Dynamic Hidrology. New York: St. Louis. Ed.: McGraw-Hill Book. 462p.

FILHO, J. D. F. (1999) Caracterização Física do Médio Curso do Rio Dourados (MS), Escala 1:100.000 – Bases Para o Zoneamento Geoambiental. Dissertação de Mestrado. Rio Claro : UNESP/PPGM.

GERARDI, L. H. O; SILVA, B. C. N. (1981) Quantificação em Geografia. São Paulo: DIFEL, 1981.

GUERRA, A. J. T; SANDRA, S. B. (Orgs). Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 62p.

GUERRA, A. J. T. (1995) “Processos Erosivos Nas Encostas”. *In*: GUERRA, A. J. T. e SANDRA, S. B. (Orgs). Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 62p.

HEARNSHAW, H. M; UNWIN, D. J. (1994) Visualization in Geographical Information Systems. John Wiley & Sons Ltd.

HOULDING, S. W. (2000) Practical geostatistics. modeling and spatial analysis [CD-ROM]. Berlin : Springer.

IBAMA (1994) Diretrizes de Pesquisa Aplicada ao Planejamento e Gestão Ambiental. Brasília : IBAMA.

IBGE (1993). Metodologia para zoneamento ecológico-econômico na região Amazônica: Contribuição para debate. Rio de Janeiro. Ed.: IBGE. 23p.

JONES, C. B. (1997) Geographical Information System and Computer Cartography. Addison Wesley Longman Limited.

KAZMANN, R. G. (1975) Hidrologia Moderna. México. Ed.: Continental. 420p.

LANDIM, P. M. B. (1988) Introdução a Geoestatística. Rio Claro : UNESP-IGCE.

LANNA, A. E. (1993) "Gestão Dos Recursos Hídricos". *In.* TUCCI, C.E.M. (Org.) Hidrologia - Ciência e Aplicação. Porto Alegre : EDUSP.

_____ (1995) Gerenciamento de Bacia Hidrográfica : Aspectos Conceituais e Metodológicos. Brasília : IBAMA.

LANNES, M. S. N. (2000). O zoneamento ecológico-econômico como instrumento de ordenamento territorial de regiões de fronteira : o caso Brasil-Venezuela. Brasília. Ed.: Universidade de Brasília. 158p.

LAURINI, R; THOMPSON, D. (1992) Fundamentals of Spatial Information Systems. Academic Press. The A.P.I.C. Series Number 37.

LEI FEDERAL (1965). Lei Federal nº 4771, de 15 de Setembro de 1965 que institui o Novo Código Florestal. Legislação Ambiental/MMA.

LEI FEDERAL (1981). Lei Federal nº 6938, de 31 de agosto de 1981 que dispõe sobre a Política Nacional Do Meio Ambiente. Brasília. Legislação Ambiental/MMA.

LEI FEDERAL (1997). Lei Federal no 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília. Legislação Ambiental/MMA.

LIMA-e-SILVA, P. P. et al (1999). Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais. Rio de Janeiro : Ed.: Thex.

MONTEIRO, C. A de F. (1969) A frente polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempos no Brasil. Série Teses e Monografias. São Paulo/Igeop, n.1 p.62.

_____ (1973) A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo. São Paulo : USP/Igeop.

MORAES, A. C. R. (1994) Meio Ambiente e Ciências Humanas. Ed. Hucitec. (1994).

NAPOLEÃO, R. P. (2000) Gestão Ambiental: Conceituações e Perspectivas. Monografia de Conclusão de Curso. Rio de Janeiro : UFRJ/IGEO.

NASCIMENTO, M. A. L. S. (1998) Bacia Hidrográfica do rio João Leite: Influência das Condições Naturais e Antrópicas na Perda de Terra por Erosão Laminar. Tese de Mestrado. Rio Claro. IGCE – UNESP.

OLIVEIRA, J. B; MENK, J. R. F; ROTTA, C. L. (1999) Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: Legenda Expandida. Campinas : Instituto Agronômico; Rio de Janeiro : EMBRAPA-Solos.

PROCHNOW, M. (1990). Análise ambiental da sub bacia do rio Piracicaba: subsídios ao seu planejamento e manejo. Tese de Doutorado. Rio Claro : UNESP.

RAMOS, F; OCCHIPINTI, A. G; VILLA NOVA, N. ; RECHARDT, K; MAGALHÃES, D. C; CLEARY, R; Engenharia Hidráulica. Assoc. Bras. De Rec. Hídricos. Ed.: UFRJ. 404p.

ROSA, R. (1995). O uso de SIG's para o zoneamento: Uma abordagem metodológica. Tese de Doutorado. São Paulo. Ed.: USP.

ROSAS, R. O. (2000). Zoneamento ambiental em base Geo-hidrológica: Relação entre escala e meios operacionais. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro. Ed.: UFRJ/IGEO. 171p.

ROSS, J. L. (1996) "Geomorfologia Aplicada Aos EIAs-RIMAs". *In*: CUNHA, S B; GUERRA, A. J. T. (Orgs). Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil. 296-336p.

_____ (1998). "Recursos Hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental". *In*: Revista do Departamento de Geografia nº 12. São Paulo : USP. 89-121pp.

SANT'ANNA NETO, J. L. (1995) As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica. Tese de Doutorado. São Paulo: USP/FFLCH.

_____ (2000) "As chuvas no Estado de São Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos". *In*: SANT'ANNA NETO, J. L & ZAVATINI, J. A. (Orgs). Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá:Eduem, 2000 (pp 95 – 119).

SANTOS, M. (1994) A Natureza do Espaço. Ed. Hucitec. São Paulo.

_____ (1996) Técnica, Espaço e Tempo: Globalização e Meio Técnico-Científico Informacional. Ed. Hucitec. 2ª Ed. São Paulo.

SEMA (1996) – Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro. Programa de zoneamento econômico-ecológico do Estado do Rio de Janeiro – ZEE/RJ. Projeto I: Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica de Sepetiba. Rio de Janeiro. Ed.: SEMA. 63p.

SHUBART, H. O. R. (1998). "O zoneamento ecológico-econômico e a gestão dos recursos hídricos". *In*: Interfaces da gestão dos recursos hídricos: Desafios da lei das águas de 1997. Secretaria dos Recursos Hídricos. (155-175pp.).

SILVA, A. F. (2000). O zoneamento ecológico-econômico como instrumento de gestão do território : o caso do estuário de Curimataú/Cunhaú (RN) e seu entorno. Brasília.Rio de Janeiro. Ed.: UFRJ/IGEO. 185p.

SILVEIRA, A. L. L. (1993) "Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica". *In*: TUCCI, C.E.M (Org). Hidrologia - Ciência e Aplicação. Porto Alegre : EDUS.

SMA (1990) Macrozoneamento do Complexo Estuarino-Lagunar de Iguápe e Cananéia. Plano de Gerenciamento Costeiro. São Paulo : Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

SOTCHAVA, V.B. (1971) "Geography and Ecology". Soviet Geography, n.º 12.

_____ (1972) "Paisagem e Geografia Física Global". Cadernos de Ciências da Terra. Instituto de Geociências. USP. São Paulo.

_____ (1978) Por Uma Teoria de Classificação de Geossistemas de Vida Terrestre. Trad. De Comunicação Apresentada no Setor de Probl. Geogr. Compl. De 1972. Biogeografia. Instituto de Geociências. USP. São Paulo.

SPDS – Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Programa Zoneamento Ecológico-Econômico (2000). Metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico para a Região Nordeste : transcrição dos debates. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília. Ed.: MMA/SDS. 455p.

_____ (2001a). Diretrizes metodológicas para o zoneamento ecológico-econômico do Brasil. Brasília. Ed.: MMA/SDS. 109p.

_____ (2001b). Avaliação da Metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico para a Amazônia : transcrição dos debates. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília. Ed.: MMA/SDS. 463p.

_____ (2001c). Metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico para a Região Sudeste : transcrição dos debates. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília. Ed.: MMA/SDS. 448p.

_____ (2001d). Metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico para a Região Sul : transcrição dos debates. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília. Ed.: MMA/SDS. 147p.

_____ (2001e). Metodologia de zoneamento ecológico-econômico para a Região Centro-Oeste : transcrição dos debates. Brasília. Ed.: MMA/SDS. 248p.

_____ (2002). Zoneamento ecológico-econômico do Baixo Rio Parnaíba : subsídios técnicos ; relatório final. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Ed.: MMA/SDS. 180p.

TRICART, J. (1977). Ecodinâmica. Rio de Janeiro. Ed.: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 91p.

TROPPMAIR, H. (1983) “Ecossistemas e Geossistemas do Estado de São Paulo”. Boletim da Geografia Teorética, 16-17 (31-34) 119-128.

_____ (2000) Geossistemas e Geossistemas Paulistas. Unesp:Rio Claro.

TUCCI, C.E.M. (Org.) Hidrologia - Ciência e Aplicação. Porto Alegre : EDUSP.

VILLELA, S. M. (1975) Hidrologia Aplicada. São Paulo. McGraw-Hill Brasil. 245p.

XAVIER, J. S. (1993) Sistemas de informação geográfica : uma proposta metodológica. Rio de Janeiro. UFRJ. 20p.

_____ (1995) “Geomorfologia e Geoprocessamento”. GUERRA, A. J. T. e SANDRA, S. B. (Orgs). Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 62p.

_____ (2001) Geoprocessamento para análise ambiental. Rio de Janeiro. UFRJ. 227p.

WARD, R. C. (1975) Principles of Hidrology. 2a Edição. McGraw-Hill Book Co. 365p

WENDEL, H. (2000). Zoneamento Ambiental: Uma abordagem geomorfológica. Dissertação de Mestrado. Rio Claro. UNESP/PPGG.

WISCHMEIER, W. H; SMITH, D. D. (1978) Predicting rainfall-erosion losses: a guide to consevacion planning. U. S. Departament of Agriculture, Washington: USDA. 58p.

WWAP (2001). *Water Security: A preliminary assessement of policy since Rio. World Water Assessment Programme*. *International Conference on Freshwater*. Bonn, Alemanha.

YASSUDA, E.R. (1989). O Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. São Paulo: Cadernos FUNDAP. Nº 1

ANEXO A

(Gráficos dos índices de freqüência diária de chuva para os meses secos e chuvosos)

Gráfico 1. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice, e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D3-002.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq.Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2559	0,540215	0	0
0--10	1238	0,261347	0,1	0,026134684
10--20	430	0,090775	0,2	0,01815495
20--30	219	0,046232	0,3	0,013869538
30--40	137	0,028921	0,4	0,011568503
40--50	73	0,015411	0,5	0,007705299
50--60	37	0,007811	0,6	0,00468651
60--70	26	0,005489	0,7	0,003842094
70--80	8	0,001689	0,8	0,001351066
80--90	2	0,000422	0,9	0,000379987
>90	8	0,001689	1	0,001688833
Totais	4737	1		0,089381465
Sem Dados	2			

Histograma Período Chuvoso

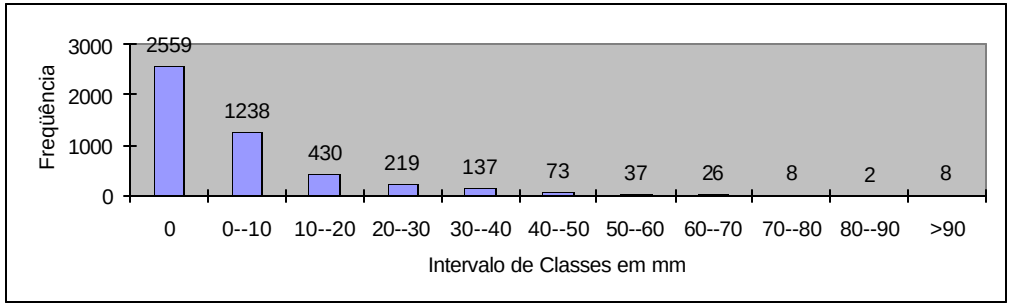
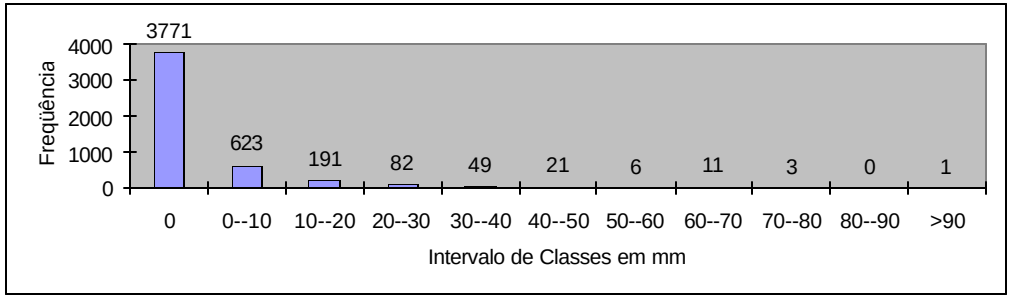


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3771	0,79256	0	0
0--10	623	0,130937	0,1	0,013093737
10--20	191	0,040143	0,2	0,008028583
20--30	82	0,017234	0,3	0,00517024
30--40	49	0,010298	0,4	0,004119378
40--50	21	0,004414	0,5	0,00220681
50--60	6	0,001261	0,6	0,00075662
60--70	11	0,002312	0,7	0,001618327
70--80	3	0,000631	0,8	0,000504414
80--90	0	0	0,9	0
>90	1	0,00021	1	0,000210172
Totais	4758	1		0,035708281
Sem Dados	0			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 2. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-011.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice
0	2881	0,647998201	0	0
0--10	798	0,179487179	0,1	0,017948718
10--20	343	0,077147998	0,2	0,0154296
20--30	201	0,045209177	0,3	0,013562753
30--40	113	0,025416104	0,4	0,010166442
40--50	39	0,00877193	0,5	0,004385965
50--60	35	0,007872245	0,6	0,004723347
60--70	20	0,004498426	0,7	0,003148898
70--80	8	0,00179937	0,8	0,001439496
80--90	2	0,000449843	0,9	0,000404858
>90	6	0,001349528	1	0,001349528
Totais	4446	1		0,072559604
Sem Dados	293			

Histograma Período Chuvoso

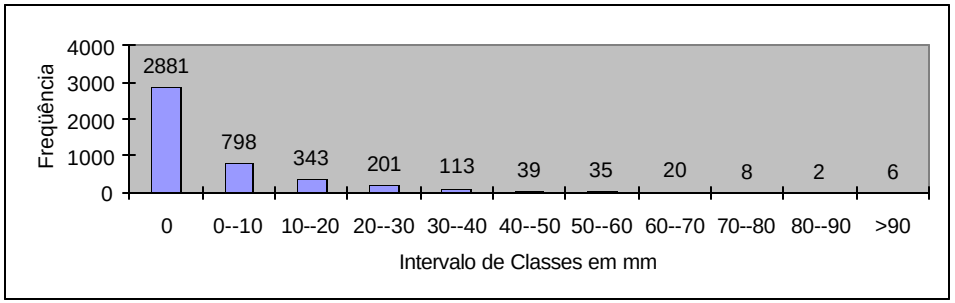
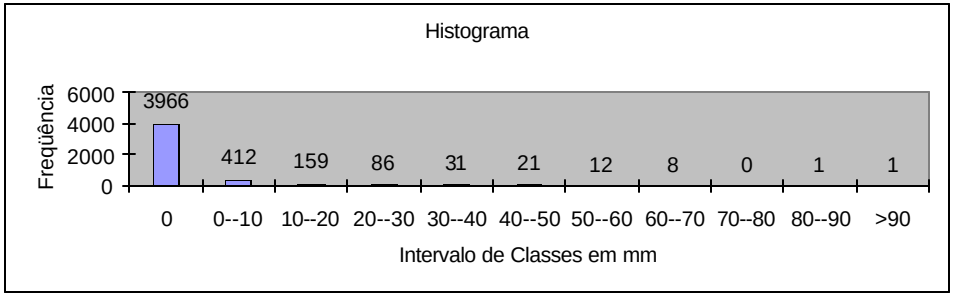


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3966	0,8443687	0	0
0--10	412	0,0877156	0,1	0,008771556
10--20	159	0,0338514	0,2	0,006770279
20--30	86	0,0183096	0,3	0,005492868
30--40	31	0,0066	0,4	0,002639983
40--50	21	0,0044709	0,5	0,002235469
50--60	12	0,0025548	0,6	0,001532893
60--70	8	0,0017032	0,7	0,00119225
70--80	0	0	0,8	0
80--90	1	0,0002129	0,9	0,000191612
>90	1	0,0002129	1	0,000212902
Totais	4697	1		0,029039813
Sem Dados	61			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 3. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-044.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq.Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2813	0,594087	0	0
0--10	1017	0,214784	0,1	0,021478353
10--20	401	0,084688	0,2	0,016937698
20--30	236	0,049842	0,3	0,014952482
30--40	121	0,025554	0,4	0,010221753
40--50	71	0,014995	0,5	0,00749736
50--60	42	0,00887	0,6	0,00532207
60--70	18	0,003801	0,7	0,002661035
70--80	6	0,001267	0,8	0,001013728
80--90	7	0,001478	0,9	0,001330517
>90	3	0,000634	1	0,00063358
Totais	4735	1		0,082048574
Sem Dados	0			

Histograma Período Chuvoso

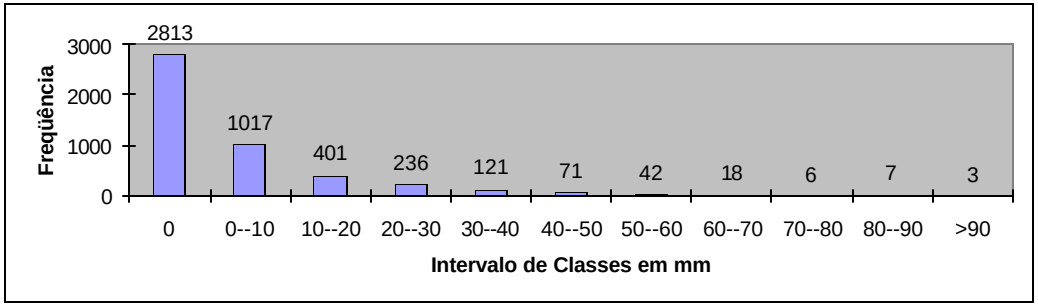
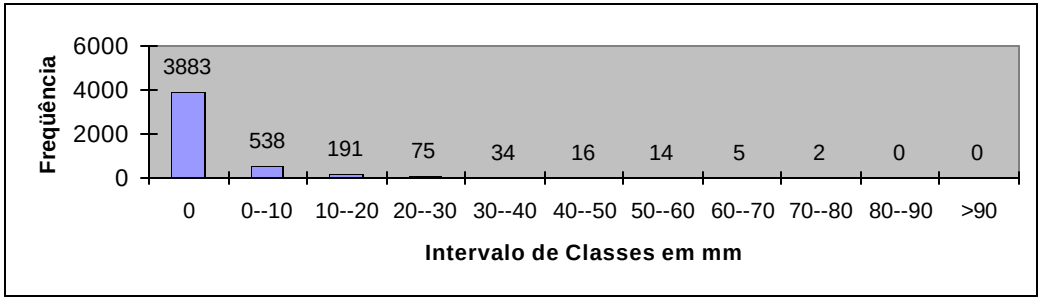


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3883	0,8160992	0	0
0--10	538	0,1130727	0,1	0,011307272
10--20	191	0,0401429	0,2	0,008028583
20--30	75	0,0157629	0,3	0,004728878
30--40	34	0,0071459	0,4	0,002858344
40--50	16	0,0033628	0,5	0,001681379
50--60	14	0,0029424	0,6	0,001765448
60--70	5	0,0010509	0,7	0,000735603
70--80	2	0,0004203	0,8	0,000336276
80--90	0	0	0,9	0
>90	0	0	1	0
Totais	4758			0,031441782
Sem Dados	0			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 4. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-046.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2622	0,553281	0	0
0—10	1196	0,252374	0,1	0,025237392
10--20	453	0,09559	0,2	0,019117957
20--30	193	0,040726	0,3	0,012217767
30--40	111	0,023423	0,4	0,009369065
40--50	79	0,01667	0,5	0,008335092
50--60	44	0,009285	0,6	0,005570796
60--70	17	0,003587	0,7	0,002511078
70--80	11	0,002321	0,8	0,001856932
80--90	6	0,001266	0,9	0,001139481
>90	7	0,001477	1	0,001477105
Totais	4739	1		0,086832665
sem dados	97			

Histograma Período Chuvoso

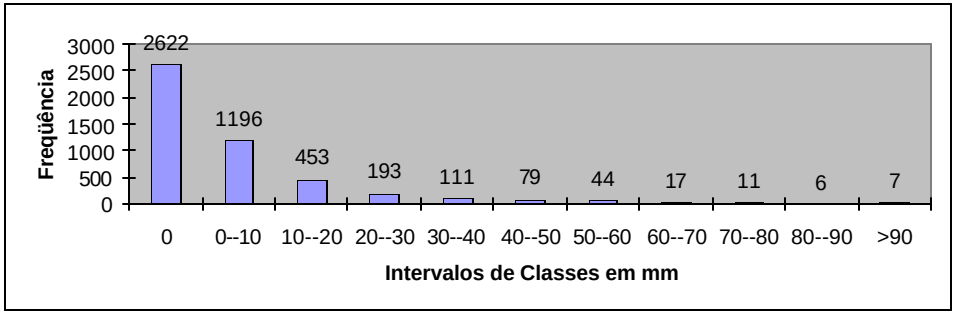
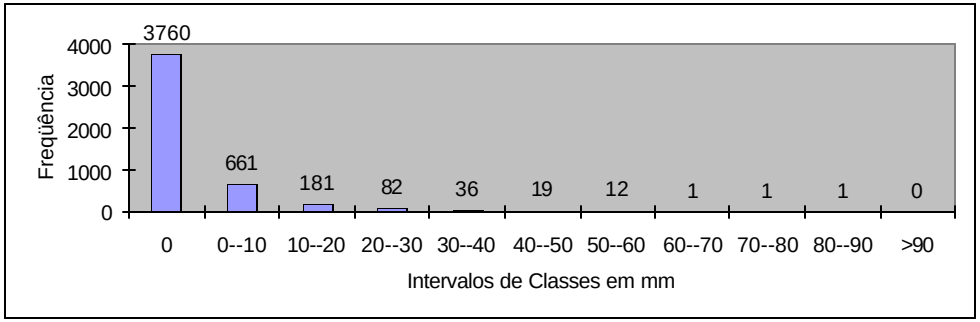


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3760	0,790913	0	0
0--10	661	0,139041	0,1	0,013904081
10--20	181	0,038073	0,2	0,00761464
20--30	82	0,017249	0,3	0,00517459
30--40	36	0,007573	0,4	0,003029028
40--50	19	0,003997	0,5	0,001998317
50--60	12	0,002524	0,6	0,001514514
60--70	1	0,00021	0,7	0,000147244
70--80	1	0,00021	0,8	0,000168279
80--90	1	0,00021	0,9	0,000189314
>90	0	0	1	0
Totais	4754	1		0,033740008
Sem Dados	82			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 5. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-047.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2893	0,61124	0	0
0--10	925	0,195436	0,1	0,01954363
10--20	363	0,076696	0,2	0,015339108
20--30	237	0,050074	0,3	0,015022185
30--40	135	0,028523	0,4	0,011409254
40--50	81	0,017114	0,5	0,008556941
50--60	41	0,008663	0,6	0,005197549
60--70	27	0,005705	0,7	0,003993239
70--80	10	0,002113	0,8	0,00169026
80--90	14	0,002958	0,9	0,002662159
>90	7	0,001479	1	0,001478977
Totais	4733	1		0,084893302
Sem Dados	6			

Histograma Período Chuvoso

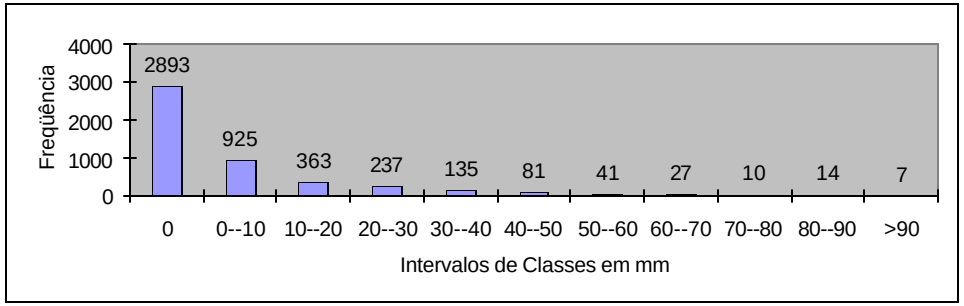
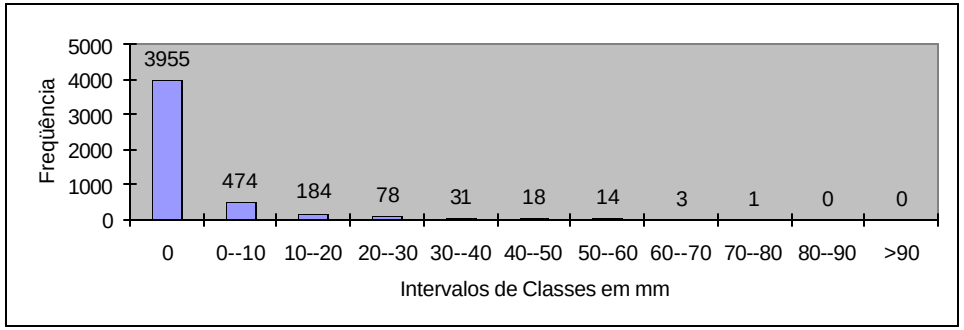


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3955	0,8312316	0	0
0--10	474	0,0996217	0,1	0,009962169
10--20	184	0,0386717	0,2	0,007734342
20--30	78	0,0163934	0,3	0,004918033
30--40	31	0,0065153	0,4	0,002606137
40--50	18	0,0037831	0,5	0,001891551
50--60	14	0,0029424	0,6	0,001765448
60--70	3	0,0006305	0,7	0,000441362
70--80	1	0,0002102	0,8	0,000168138
80--90	0	0	0,9	0
>90	0	0	1	0
Totais	4758	1		0,029487179
Sem Dados	0			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 6, Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-068.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2786	0,587888	0	0
0--10	1089	0,229795	0,1	0,022979532
10--20	409	0,086305	0,2	0,017261026
20--30	219	0,046212	0,3	0,013863684
30--40	97	0,020468	0,4	0,008187381
40--50	64	0,013505	0,5	0,006752479
50--60	36	0,007597	0,6	0,004557924
60--70	20	0,00422	0,7	0,00295421
70--80	9	0,001899	0,8	0,001519308
80--90	2	0,000422	0,9	0,000379827
>90	8	0,001688	1	0,00168812
Totais	4739	1		0,08014349
Sem Dados	0			

Histograma Período Chuvoso

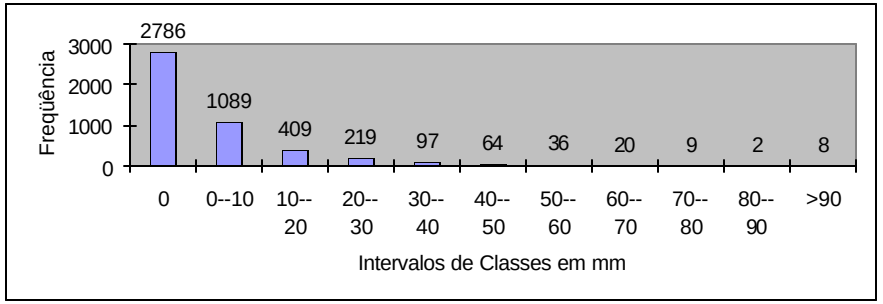
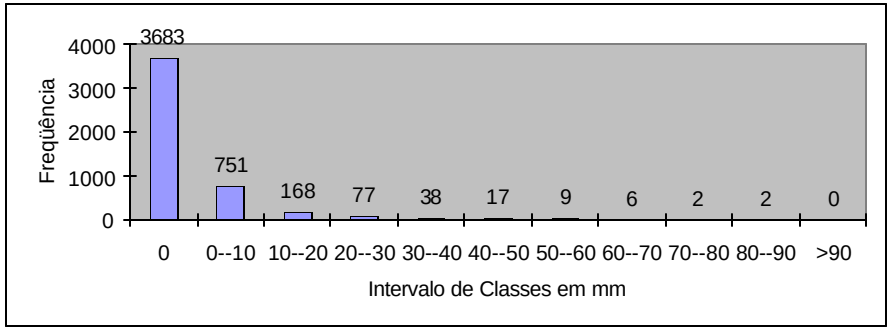


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3683	0,774879	0	0
0--10	751	0,158005	0,1	0,015800547
10--20	168	0,035346	0,2	0,007069219
20--30	77	0,0162	0,3	0,004860088
30--40	38	0,007995	0,4	0,00319798
40--50	17	0,003577	0,5	0,001788344
50--60	9	0,001894	0,6	0,001136125
60--70	6	0,001262	0,7	0,000883652
70--80	2	0,000421	0,8	0,000336629
80--90	2	0,000421	0,9	0,000378708
>90	0	0	1	0
Totais	4753	1		0,035451294
Sem Dados	5			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 7, Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-069.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2702	0,573308	0	0
0--10	1207	0,2561	0,1	0,025610015
10--20	372	0,078931	0,2	0,015786123
20--30	196	0,041587	0,3	0,01247613
30--40	103	0,021854	0,4	0,008741778
40--50	70	0,014853	0,5	0,007426268
50--60	32	0,00679	0,6	0,004073838
60--70	10	0,002122	0,7	0,001485254
70--80	12	0,002546	0,8	0,002036919
80--90	4	0,000849	0,9	0,000763845
>90	5	0,001061	1	0,001060895
Totais	4713	1		0,079461065
Sem Dados	26			

Histograma Período Chuvoso

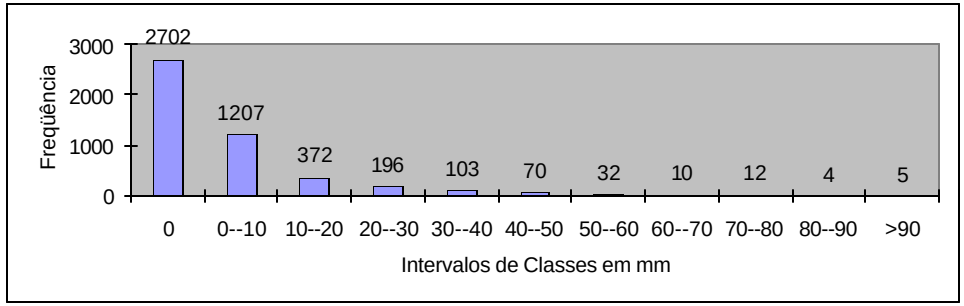
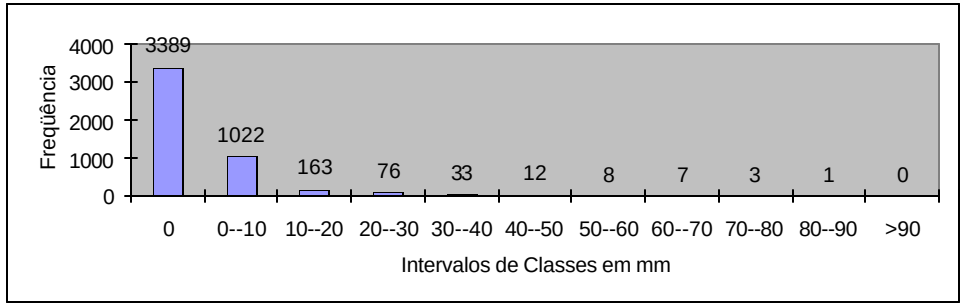


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3389	0,718922	0	0
0--10	1022	0,216801	0,1	0,021680102
10--20	163	0,034578	0,2	0,006915571
20--30	76	0,016122	0,3	0,004836657
30--40	33	0,007	0,4	0,00280017
40--50	12	0,002546	0,5	0,001272804
50--60	8	0,001697	0,6	0,001018244
60--70	7	0,001485	0,7	0,001039457
70--80	3	0,000636	0,8	0,000509122
80--90	1	0,000212	0,9	0,000190921
>90	0	0	1	0
Totais	4714	1		0,040263046
Sem Dados	44			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 8. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-071.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2937	0,619751002	0	0
0--10	996	0,210170922	0,1	0,021017092
10--20	383	0,080818738	0,2	0,016163748
20--30	216	0,045579236	0,3	0,013673771
30--40	91	0,019202363	0,4	0,007680945
40--50	59	0,012449884	0,5	0,006224942
50--60	27	0,005697405	0,6	0,003418443
60--70	13	0,002743195	0,7	0,001920236
70--80	8	0,00168812	0,8	0,001350496
80--90	5	0,001055075	0,9	0,000949567
>90	4	0,00084406	1	0,00084406
Totais	4739	1		0,0732433
Sem Dados	0			

Histograma Período Chuvoso

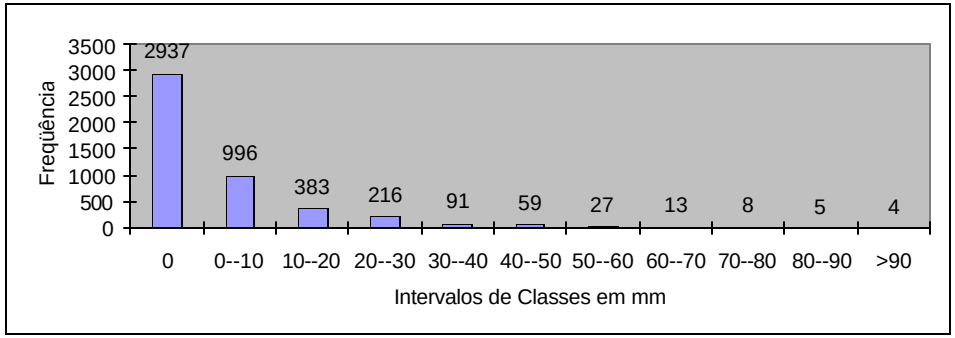
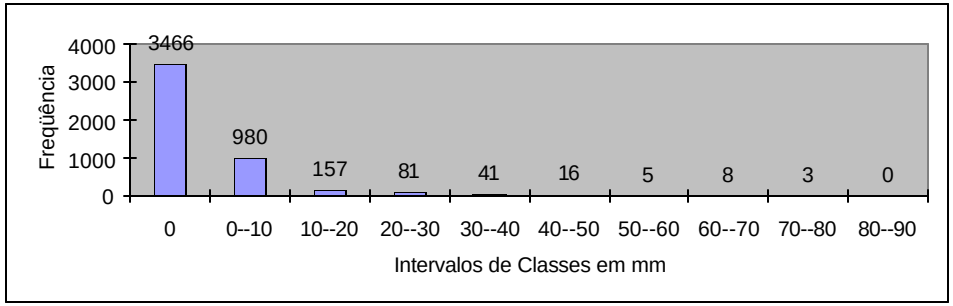


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3466	0,728610469	0	0
0--10	980	0,206012193	0,1	0,020601219
10--20	157	0,033003994	0,2	0,006600799
20--30	81	0,017027538	0,3	0,005108262
30--40	41	0,008618877	0,4	0,003447551
40--50	16	0,003363464	0,5	0,001681732
50--60	5	0,001051083	0,6	0,00063065
60--70	8	0,001681732	0,7	0,001177213
70--80	3	0,00063065	0,8	0,00050452
80--90	0	0	0,9	0
>90	0	0	1	0
Totais	4757			0,039751945
Sem Dados	1			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 9, Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-079.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2983	0,642196	0	0
0--10	837	0,180194	0,1	0,018019376
10--20	370	0,079656	0,2	0,015931109
20--30	208	0,044779	0,3	0,0134338
30--40	119	0,025619	0,4	0,010247578
40--50	57	0,012271	0,5	0,00613563
50--60	36	0,00775	0,6	0,004650161
60--70	18	0,003875	0,7	0,002712594
70--80	7	0,001507	0,8	0,001205597
80--90	6	0,001292	0,9	0,00116254
>90	4	0,000861	1	0,000861141
Totais	4645	1		0,074359526
Sem Dados	94			

Histograma Período Chuvoso

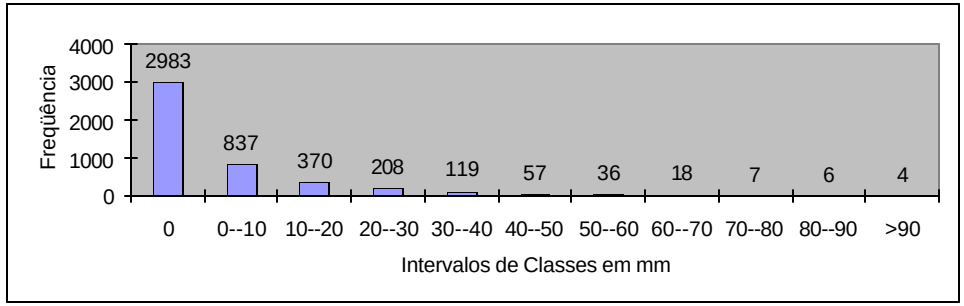
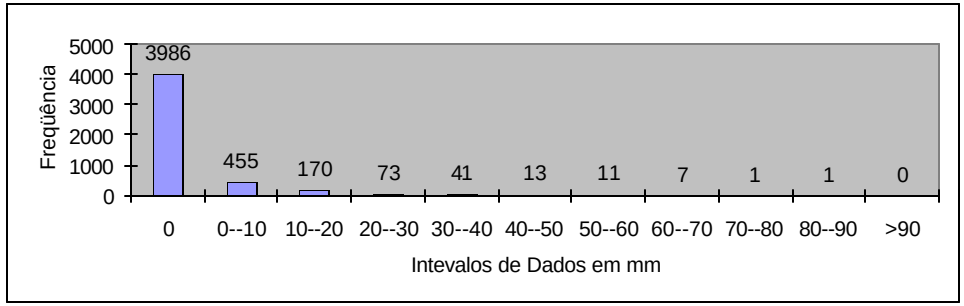


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3986	0,837746	0	0
0--10	455	0,095628	0,1	0,009562842
10--20	170	0,035729	0,2	0,00714586
20--30	73	0,015342	0,3	0,004602774
30--40	41	0,008617	0,4	0,003446826
40--50	13	0,002732	0,5	0,00136612
50--60	11	0,002311	0,6	0,001387137
60--70	7	0,001471	0,7	0,001029844
70--80	1	0,000210	0,8	0,000168138
80--90	1	0,000210	0,9	0,000189155
>90	0	0	1	0
Totais	4758			0,028898697
Sem Dados	0			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 10. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-083.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2623	0,574841	0	0
0--10	1096	0,240193	0,1	0,024019286
10--20	383	0,083936	0,2	0,016787201
20--30	214	0,046899	0,3	0,014069691
30--40	112	0,024545	0,4	0,009818102
40--50	64	0,014026	0,5	0,00701293
50--60	35	0,00767	0,6	0,004602235
60--70	14	0,003068	0,7	0,00214771
70--80	10	0,002192	0,8	0,001753233
80--90	5	0,001096	0,9	0,000986193
>90	7	0,001534	1	0,001534078
Mais	4563	1		0,08273066
Sem Dados	176			

Histograma Período Chuvoso

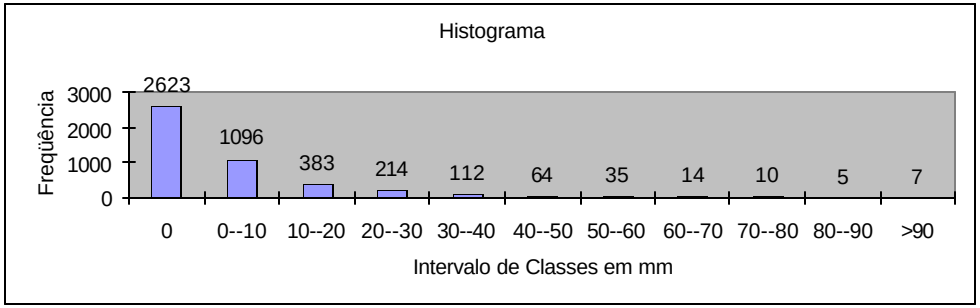
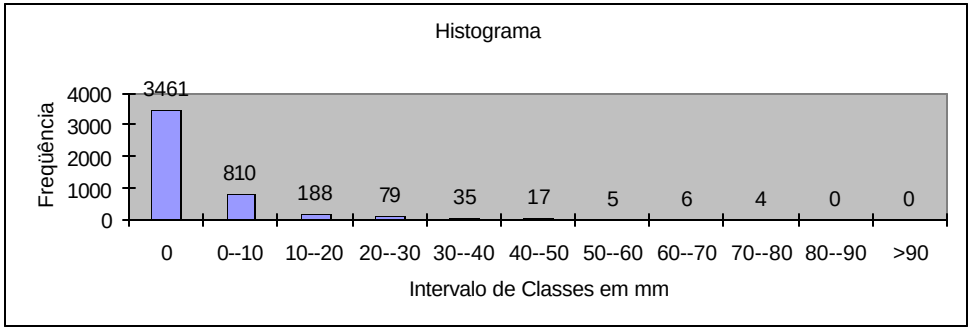


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3461	0,7515744	0	0
0--10	810	0,1758958	0,1	0,017589577
10--20	188	0,0408252	0,2	0,008165038
20--30	79	0,0171553	0,3	0,00514658
30--40	35	0,0076004	0,4	0,003040174
40--50	17	0,0036916	0,5	0,00184582
50--60	5	0,0010858	0,6	0,000651466
60--70	6	0,0013029	0,7	0,000912052
70--80	4	0,0008686	0,8	0,000694897
80--90	0	0	0,9	0
>90	0	0	1	0
Mais	4605	1		0,038045603
Sem Dados	183			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 11. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica D4-092.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3122	0,659903	0	0
0--10	768	0,162334	0,1	0,016233354
10--20	421	0,088988	0,2	0,017797506
20--30	193	0,040795	0,3	0,012238427
30--40	104	0,021983	0,4	0,008793067
40--50	62	0,013105	0,5	0,006552526
50--60	31	0,006553	0,6	0,003931516
60--70	12	0,002536	0,7	0,001775523
70--80	7	0,00148	0,8	0,001183682
80--90	3	0,000634	0,9	0,000570704
>90	8	0,001691	1	0,001690974
Totais	4731	1		0,07076728
Sem Dados	8			

Histograma Período Chuvoso

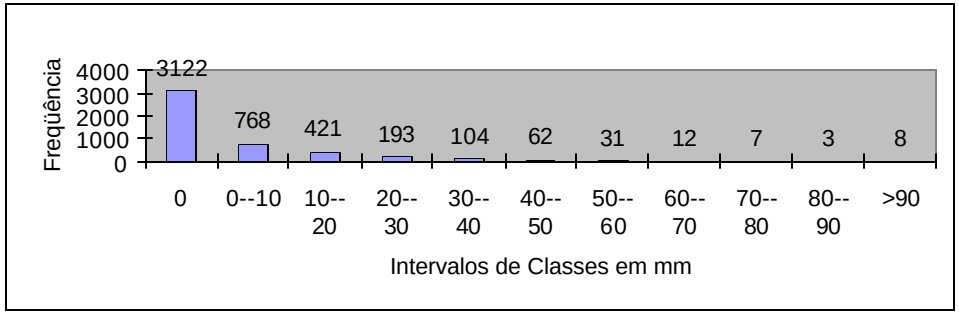
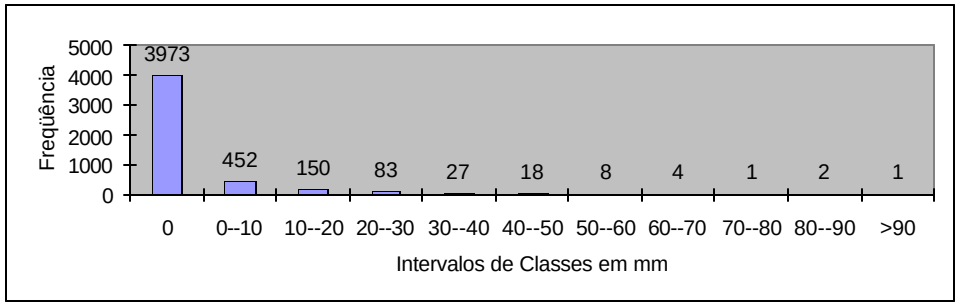


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3973	0,8419157	0	0
0--10	452	0,095783	0,1	0,0095783
10--20	150	0,0317864	0,2	0,006357279
20--30	83	0,0175885	0,3	0,005276542
30--40	27	0,0057216	0,4	0,00228862
40--50	18	0,0038144	0,5	0,001907184
50--60	8	0,0016953	0,6	0,001017165
60--70	4	0,0008476	0,7	0,000593346
70--80	1	0,0002119	0,8	0,000169527
80--90	2	0,0004238	0,9	0,000381437
>90	1	0,0002119	1	0,000211909
Totais	4719	1		0,02778131
Sem Dados	39			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 12. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E3-053.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3017	0,6636604	0	0
0--10	728	0,1601408	0,1	0,016014078
10--20	324	0,0712714	0,2	0,014254289
20--30	208	0,0457545	0,3	0,013726353
30--40	101	0,0222173	0,4	0,008886934
40--50	59	0,0129784	0,5	0,006489221
50--60	40	0,0087989	0,6	0,005279366
60--70	25	0,0054993	0,7	0,003849538
70--80	15	0,0032996	0,8	0,002639683
80--90	8	0,0017598	0,9	0,00158381
>90	21	0,0046194	1	0,004619446
Totais	4546	1		0,077342719
Sem Dados	193			

Histograma Período Chuvoso

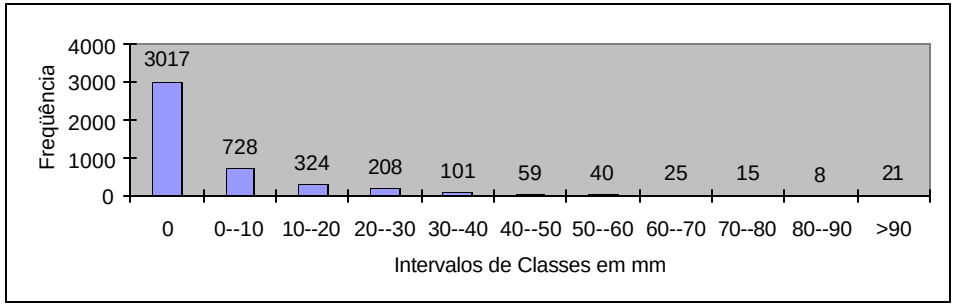
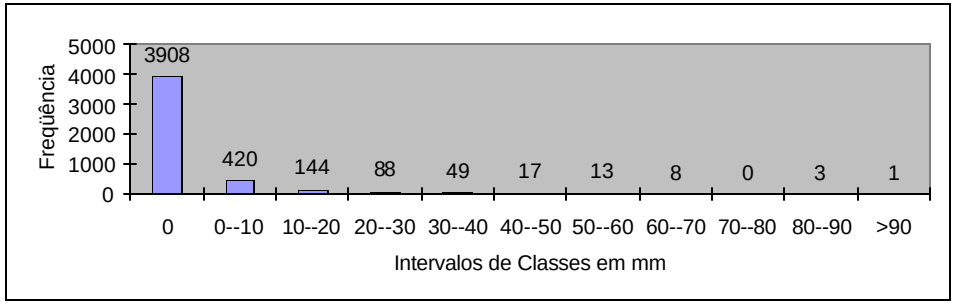


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3908	0,840249	0	0
0--10	420	0,090303	0,1	0,009030316
10--20	144	0,030961	0,2	0,006192217
20--30	88	0,018921	0,3	0,005676199
30--40	49	0,010535	0,4	0,004214147
40--50	17	0,003655	0,5	0,001827564
50--60	13	0,002795	0,6	0,001677059
60--70	8	0,00172	0,7	0,001204042
70--80	0	0	0,8	0
80--90	3	0,000645	0,9	0,00058052
>90	1	0,000215	1	0,000215008
Totais	4651	1		0,030617072
Sem Dados	107			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 13, Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-010.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2939	0,620566	0	0
0--10	997	0,210515	0,1	0,02105152
10--20	401	0,084671	0,2	0,016934122
20--30	179	0,037796	0,3	0,011338682
30--40	101	0,021326	0,4	0,008530405
40--50	55	0,011613	0,5	0,005806588
50--60	26	0,00549	0,6	0,003293919
60--70	12	0,002534	0,7	0,001773649
70--80	14	0,002956	0,8	0,002364865
80--90	5	0,001056	0,9	0,000950169
>90	7	0,001478	1	0,001478041
Totais	4736	1		0,073521959
Sem Dados	3			

Histograma Período Chuvoso

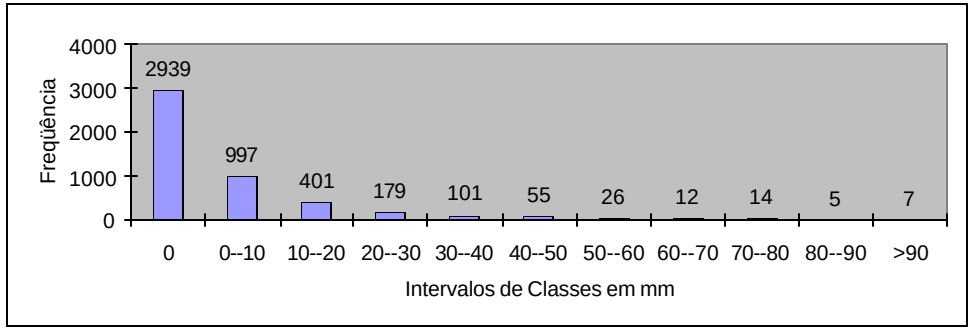
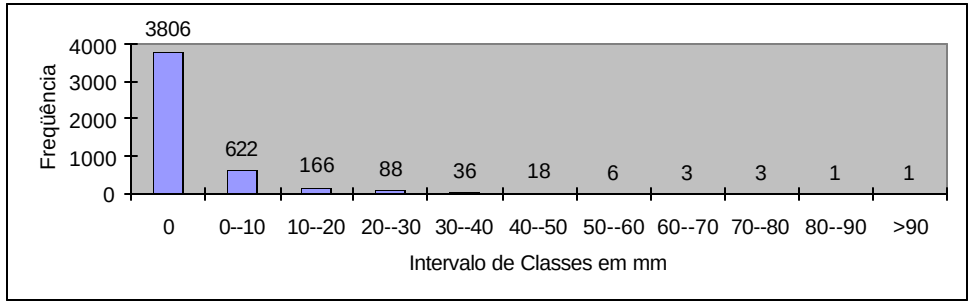


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3806	0,801263	0	0
0--10	622	0,130947	0,1	0,013094737
10--20	166	0,034947	0,2	0,006989474
20--30	88	0,018526	0,3	0,005557895
30--40	36	0,007579	0,4	0,003031579
40--50	18	0,003789	0,5	0,001894737
50--60	6	0,001263	0,6	0,000757895
60--70	3	0,000632	0,7	0,000442105
70--80	3	0,000632	0,8	0,000505263
80--90	1	0,000211	0,9	0,000189474
>90	1	0,000211	1	0,000210526
Totais	4750	1		0,032673684
Sem Dados	8			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 14. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-013.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2847	0,605744681	0	0
0--10	1059	0,225319149	0,1	0,022531915
10--20	360	0,076595745	0,2	0,015319149
20--30	186	0,039574468	0,3	0,01187234
30--40	115	0,024468085	0,4	0,009787234
40--50	64	0,013617021	0,5	0,006808511
50--60	33	0,007021277	0,6	0,004212766
60--70	19	0,004042553	0,7	0,002829787
70--80	3	0,000638298	0,8	0,000510638
80--90	8	0,001702128	0,9	0,001531915
>90	6	0,001276596	1	0,001276596
Totais	4700			0,076680851
Sem Dados	39			

Histograma Período Chuvoso

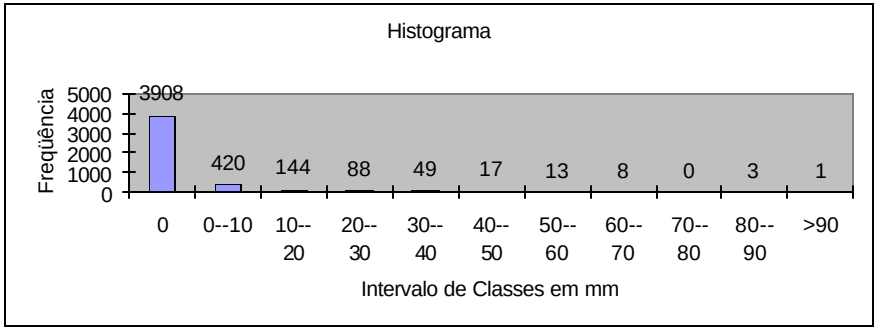
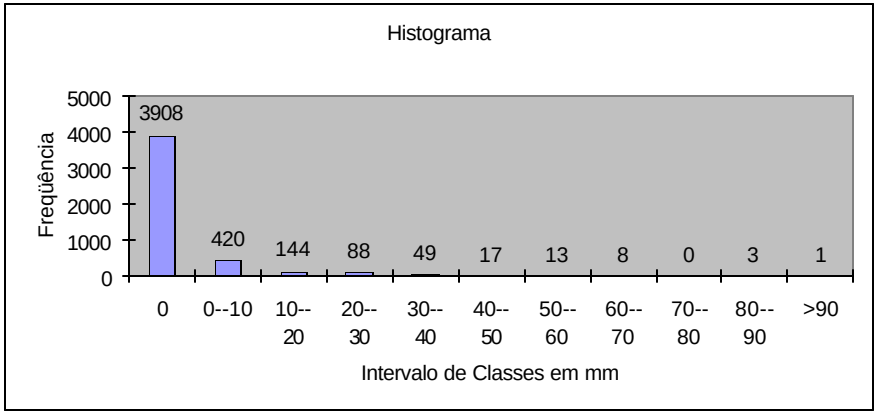


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3802	0,801941	0	0
0--10	631	0,133094	0,1	0,013309428
10--20	164	0,034592	0,2	0,006918372
20--30	73	0,015398	0,3	0,004619279
30--40	36	0,007593	0,4	0,003037334
40--50	16	0,003375	0,5	0,001687408
50--60	8	0,001687	0,6	0,001012445
60--70	9	0,001898	0,7	0,001328834
70--80	2	0,000422	0,8	0,000337482
80--90	0	0	0,9	0
>90	0	0	1	0
Totais	4741			0,03225058
Sem Dados	17			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 15, Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-037.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2824	0,601235	0	0
0--10	1140	0,242708	0,1	0,024270811
10--20	331	0,070471	0,2	0,014094103
20--30	190	0,040451	0,3	0,012135406
30--40	88	0,018735	0,4	0,007494145
40--50	60	0,012774	0,5	0,006387056
50--60	27	0,005748	0,6	0,00344901
60--70	18	0,003832	0,7	0,002682563
70--80	9	0,001916	0,8	0,001532893
80--90	7	0,00149	0,9	0,001341282
>90	3	0,000639	1	0,000638706
Totais	4697	1		0,074025974
Sem Dados	42			

Histograma Período Chuvoso

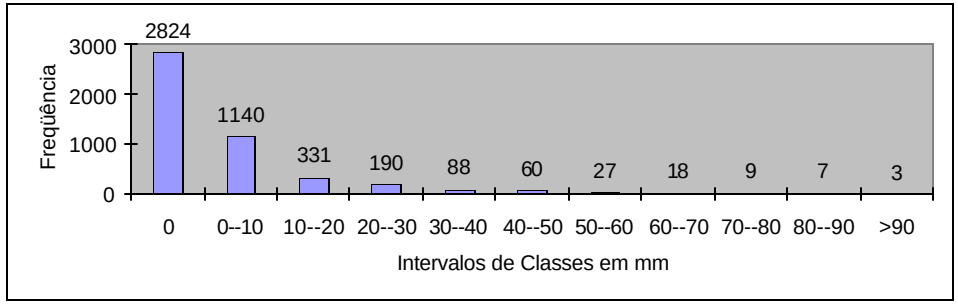
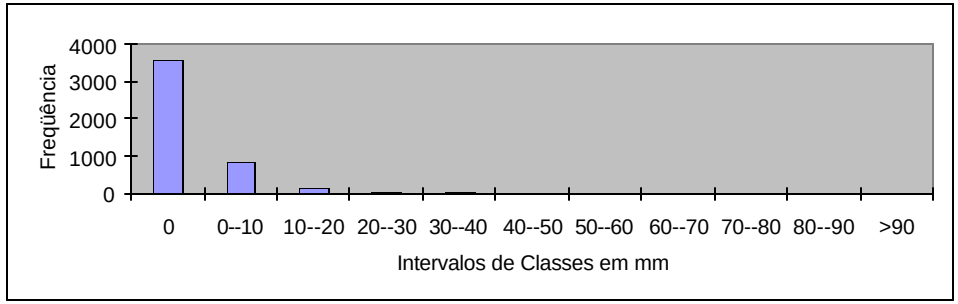


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3597	0,764019	0	0
0--10	814	0,172897	0,1	0,01728972
10--20	142	0,030161	0,2	0,006032285
20--30	73	0,015506	0,3	0,004651657
30--40	40	0,008496	0,4	0,003398471
40--50	25	0,00531	0,5	0,002655055
50--60	8	0,001699	0,6	0,001019541
60--70	3	0,000637	0,7	0,000446049
70--80	4	0,00085	0,8	0,000679694
80--90	2	0,000425	0,9	0,000382328
>90	0	0	1	0
Totais	4708	1		0,0365548
Sem Dados	50			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 16. Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-062.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2941	0,62962	0	0
0--10	842	0,180261	0,1	0,018026119
10--20	387	0,082851	0,2	0,016570328
20--30	231	0,049454	0,3	0,014836224
30--40	128	0,027403	0,4	0,01096125
40--50	62	0,013273	0,5	0,006636694
50--60	32	0,006850	0,6	0,004110469
60--70	16	0,003425	0,7	0,002397773
70--80	9	0,001926	0,8	0,001541426
80--90	9	0,001926	0,9	0,001734104
>90	14	0,002997	1	0,002997217
Totais	4671	1		0,079811604
Sem Dados	69			

Histograma Período Chuvoso

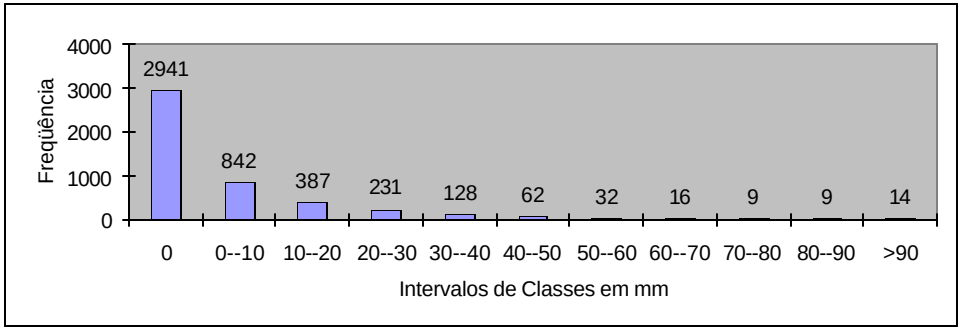
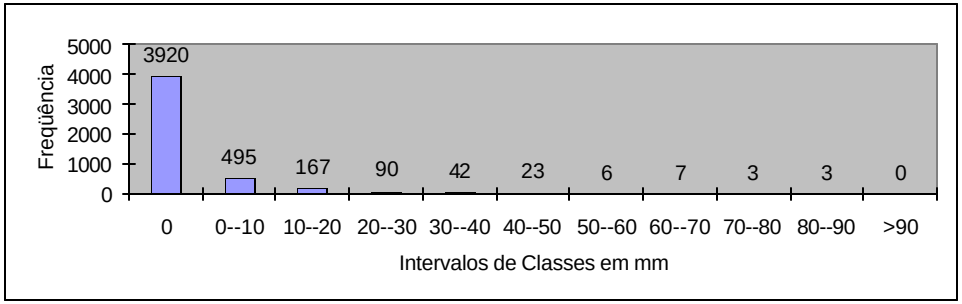


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3920	0,824222	0	0
0--10	495	0,1040791	0,1	0,010407906
10--20	167	0,0351135	0,2	0,007022708
20--30	90	0,0189235	0,3	0,00567704
30--40	42	0,008831	0,4	0,00353238
40--50	23	0,004836	0,5	0,002417998
50--60	6	0,0012616	0,6	0,000756939
60--70	7	0,0014718	0,7	0,001030278
70--80	3	0,0006308	0,8	0,000504626
80--90	3	0,0006308	0,9	0,000567704
>90	0	0	1	0
Totais	4756	1		0,031917578
Sem Dados	2			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 17, Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-118.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2843	0,600042	0	0
0--10	1127	0,237864	0,1	0,023786408
10--20	357	0,075348	0,2	0,01506965
20--30	187	0,039468	0,3	0,011840439
30--40	99	0,020895	0,4	0,008357957
40--50	63	0,013297	0,5	0,006648375
50--60	28	0,00591	0,6	0,0035458
60--70	14	0,002955	0,7	0,002068383
70--80	13	0,002744	0,8	0,002195019
80--90	5	0,001055	0,9	0,000949768
>90	2	0,000422	1	0,000422119
Totais	4738	1		0,074883917
Sem Dados	1			

Histograma Período Chuvoso

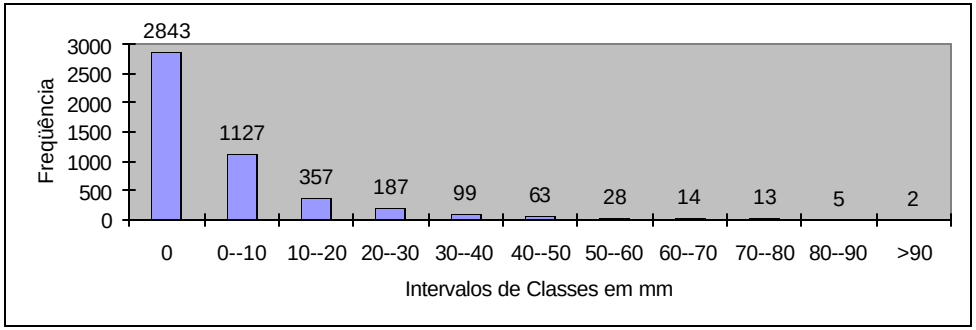
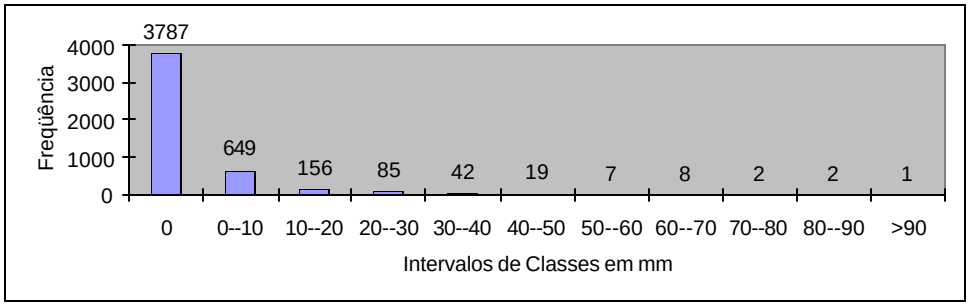


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3787	0,795923	0	0
0--10	649	0,136402	0,1	0,013640185
10--20	156	0,032787	0,2	0,006557377
20--30	85	0,017865	0,3	0,005359395
30--40	42	0,008827	0,4	0,003530895
40--50	19	0,003993	0,5	0,001996637
50--60	7	0,001471	0,6	0,000882724
60--70	8	0,001681	0,7	0,001176965
70--80	2	0,00042	0,8	0,000336276
80--90	2	0,00042	0,9	0,00037831
>90	1	0,00021	1	0,000210172
Totais	4758	1		0,034068937
Sem Dados	0			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 18, Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-119.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2295	0,484279	0	0
0--10	1658	0,349863	0,1	0,034986284
10--20	373	0,078709	0,2	0,015741718
20--30	197	0,04157	0,3	0,012470985
30--40	95	0,020046	0,4	0,008018569
40--50	59	0,01245	0,5	0,006224942
50--60	24	0,005064	0,6	0,003038616
60--70	12	0,002532	0,7	0,001772526
70--80	19	0,004009	0,8	0,003207428
80--90	4	0,000844	0,9	0,000759654
>90	3	0,000633	1	0,000633045
Totais	4739	1		0,086853767
Sem Dados	0			

Histograma Período Chuvoso

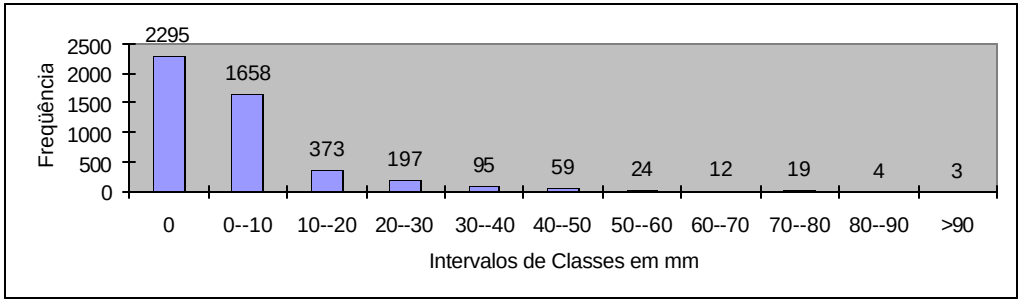
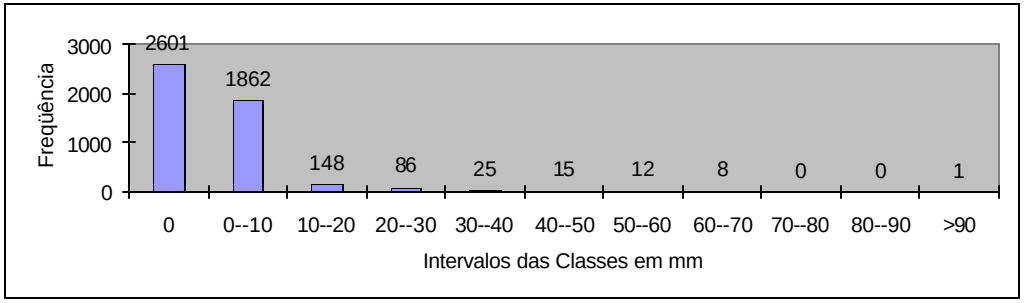


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2601	0,546658	0	0
0--10	1862	0,391341	0,1	0,03913409
10--20	148	0,031106	0,2	0,006221101
20--30	86	0,018075	0,3	0,005422446
30--40	25	0,005254	0,4	0,002101723
40--50	15	0,003153	0,5	0,001576293
50--60	12	0,002522	0,6	0,001513241
60--70	8	0,001681	0,7	0,001176965
70--80	0	0	0,8	0
80--90	0	0	0,9	0
>90	1	0,00021	1	0,000210172
Totais	4758	1		0,057356032
Sem Dados	0			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 19, Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-120.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3110	0,657923	0	0
0--10	884	0,187011	0,1	0,018701079
10--20	318	0,067273	0,2	0,013454622
20--30	189	0,039983	0,3	0,011994923
30--40	94	0,019886	0,4	0,007954305
40--50	66	0,013962	0,5	0,006981172
50--60	26	0,0055	0,6	0,00330019
60--70	15	0,003173	0,7	0,002221282
70--80	12	0,002539	0,8	0,002030886
80--90	6	0,001269	0,9	0,001142374
>90	7	0,001481	1	0,001480855
Totais	4727	1		0,069261688
Sem Dados	12			

Histograma Período Chuvoso

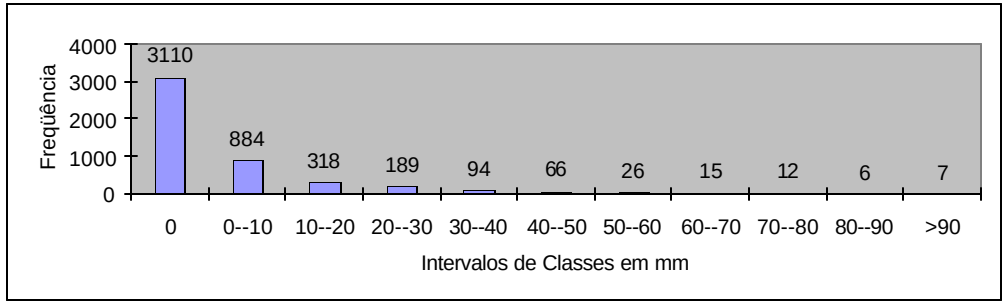
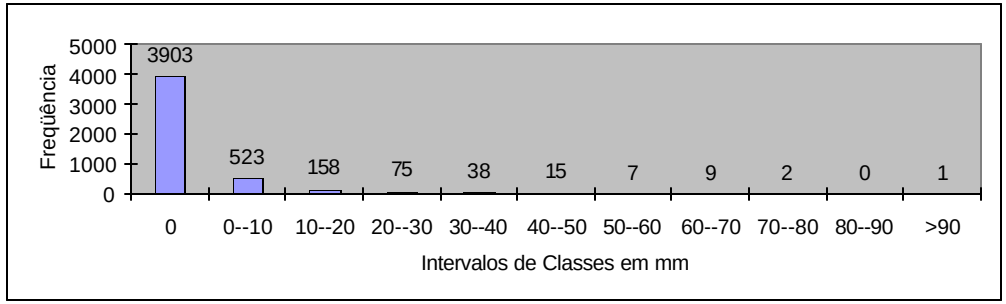


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3903	0,824984	0	0
0--10	523	0,110547	0,1	0,011054745
10--20	158	0,033397	0,2	0,006679349
20--30	75	0,015853	0,3	0,004755866
30--40	38	0,008032	0,4	0,003212851
40--50	15	0,003171	0,5	0,001585289
50--60	7	0,00148	0,6	0,000887762
60--70	9	0,001902	0,7	0,001331642
70--80	2	0,000423	0,8	0,000338195
80--90	0	0	0,9	0
>90	1	0,000211	1	0,000211372
Totais	4731	1		0,03005707
Sem Dados	27			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).

Gráfico 20, Tabelas de freqüência, freqüência relativa e de índice e Histogramas de freqüência no período chuvoso e seco da Estação Meteorológica E4-123.

Tabela Período Chuvoso

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	2659	0,572813	0	0
0—10	1181	0,254416	0,1	0,02544162
10—20	386	0,083154	0,2	0,016630763
20—30	193	0,041577	0,3	0,012473072
30—40	117	0,025205	0,4	0,010081861
40—50	42	0,009048	0,5	0,004523912
50—60	26	0,005601	0,6	0,00336062
60—70	16	0,003447	0,7	0,002412753
70—80	9	0,001939	0,8	0,001551056
80—90	3	0,000646	0,9	0,000581646
>90	10	0,002154	1	0,002154244
Totais	4642	1		0,079211547
Sem Dados	97			

Histograma Período Chuvoso

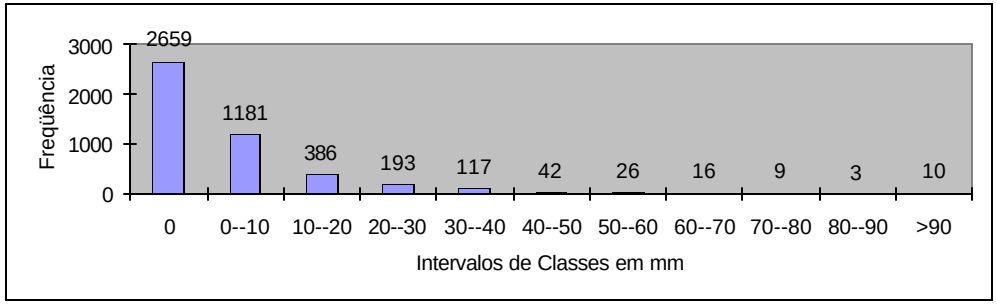
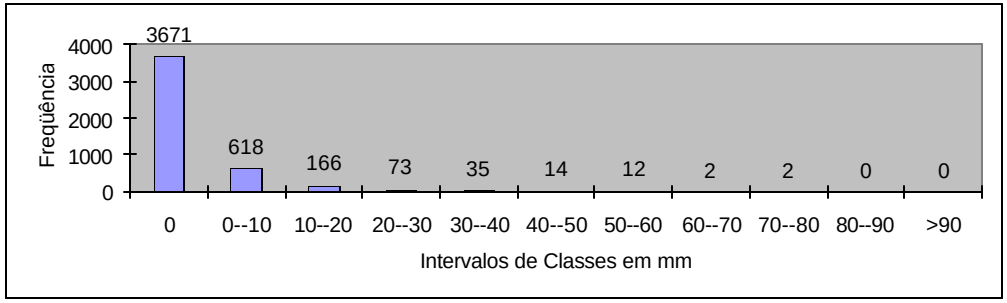


Tabela Período Seco

Classes (em mm)	Freqüência (em dias)	Freq. Rel.	Fator	Índice de chuva diária
0	3671	0,7992597	0	0
0--10	618	0,1345526	0,1	0,013455258
10--20	166	0,036142	0,2	0,007228391
20--30	73	0,0158938	0,3	0,004768125
30--40	35	0,0076203	0,4	0,003048117
40--50	14	0,0030481	0,5	0,001524058
50--60	12	0,0026127	0,6	0,001567603
60--70	2	0,0004354	0,7	0,000304812
70--80	2	0,0004354	0,8	0,000348356
80--90	0	0	0,9	0
>90	0	0	1	0
Totais	4593	1		0,03224472
Sem Dados	165			

Histograma Período Seco



Fonte: DAEE (1997).