UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO E A SUSCETIBILIDADE
NATURAL À EROSÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE DA FOLHA "PARIQUERA-AÇU" (1:50.000,
SG.23-V-A-IV-1), VALE DO RIBEIRA, SP**

Cibele Hummel do Amaral

Orientador: Profº Dr. Arlei Benedito Macedo

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

SÃO PAULO

2010

Cibele Hummel do Amaral

**EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO E A SUSCETIBILIDADE
NATURAL À EROSÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE DA FOLHA "PARIQUERA-AÇU" (1:50.000,
SG.23-V-A-IV-1), VALE DO RIBEIRA, SP**

Dissertação apresentada ao Instituto de
Geociências da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Área de Concentração: Recursos Minerais e
Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Arlei Benedito Macedo

SÃO PAULO

2010

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do
Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Amaral, Cibele Hummel

Evolução do uso do solo e a suscetibilidade natural à erosão das áreas de preservação permanente da folha "Pariquera-Açu" (1:50.000, SG.23-V-A-IV-1), Vale do Ribeira, SP / Cibele Hummel do Amaral. - São Paulo, 2010.

187 p. : il. + 5 apêndices (mapas).

Dissertação (Mestrado) : IGc/USP
Orient.: Macedo, Arlei Benedito

1. Vale do Ribeira (SP): Áreas de conservação
2. Vale do Ribeira (SP): Uso do solo
3. Vale do Ribeira (SP): Erosão
4. Geoprocessamento I. Título

Amaral, C. H. **Evolução do uso do solo e a suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000, SG.23-V-A-IV-1), Vale do Ribeira, SP.** Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Ao meu irmão André Luís Hummel do Amaral (*in memoriam*)
e à doce lembrança de seu sorriso e de seu carinho.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de, primeiramente, agradecer a Deus pela força e esperança, que em mim existem. Aos meus pais, José Luiz Hummel do Amaral e Vania Regina Gomes, ao Carlos Chagas Rodrigues, ao Moreno Botelho, aos meus irmãos André Luís, Ana Célia (em especial) e Letícia Hummel do Amaral e aos meus avós pelo amor e apoio incondicional, tão fundamentais à realização deste trabalho.

Ao Profº Arlei Benedito Macedo por tudo que me ensinou, não só na orientação deste trabalho, mas para a vida. À Anna Luise Schulz Macedo por sua ajuda no sucesso das atividades de campo (e dos textos redigidos) e por seu carinho especial.

Ao geólogo Herbert Schulz, por toda sua ajuda nas discussões referentes à legislação e às implicações da mesma na região, bem como na revisão do Mapa de Áreas de Preservação Permanente, essenciais ao trabalho.

Ao pesquisador da Embrapa Marcos Cicarini Hott pela confiança e ajuda no processamento digital das Áreas de Preservação Permanente de topo de morros e montanhas.

Ao Profº Teodoro Isnard Ribeiro de Almeida por sua ajuda nos pré-processamentos e processamentos realizados nas imagens orbitais e na elaboração do mapa de suscetibilidade natural à erosão, bem como por sua orientação nas questões administrativas do mestrado.

Ao Profº Jurandyr Luciano Sanches Ross, à geóloga Cassandra Maroni Nunes e ao Profº Fábio Taioli, por contribuírem na discussão dos elementos do meio físico da área de estudo e suas contribuições aos processos erosivos.

Aos meus colegas, Antônio Tadashi, Fábio Rodrigo de Oliveira, Fabrício Bau Dalmas e Sidney Scharbele Gouveia, que foram essenciais à concretização do trabalho. Muito obrigada pelo apoio incondicional de vocês em todas as etapas desta pesquisa.

Ao estagiário, Francisco Sene Rios, por sua ajuda na elaboração do Mapa de Áreas de Preservação Permanente.

À Ana Paula Cabanal, à Magali Poli Fernandes Rizzo e ao Tadeu, por todo apoio administrativo, paciência e pronta disposição.

A todos os funcionários do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, que direta ou indiretamente, contribuirão ao desenvolvimento do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de auxílio pesquisa, financiando esta pesquisa.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

Amaral, C. H. **Evolução do uso do solo e a suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000, SG.23-V-A-IV-1), Vale do Ribeira, SP.** 2010. 187f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Os processos erosivos, os escorregamentos, a má qualidade das águas e as enchentes podem estar vinculados à utilização inadequada dos recursos naturais de áreas consideradas de preservação permanente (APPs), estas áreas apresentam função intrínseca na conservação das bacias hidrográficas e na qualidade de vida das populações que as habitam. Com o avanço das geotecnologias, as APPs podem ser estudadas em escala regional com a aplicação de diversas abordagens, a fim de contribuir com o manejo adequado das mesmas. Com embasamento na legislação vigente (Resoluções CONAMA nº 302 e 303, de 2002), o estudo objetivou realizar a delimitação das APPs da Folha “Pariquera-Açu” (IBGE, 1:50.000), bem como estudar a evolução do uso do solo e a suscetibilidade natural à erosão destas áreas. Para tanto, foram utilizados: ortofotos com resolução espacial de 1m; imagens orbitais - TM Landsat (30m), de 1986, 1997 e 2008; mapas digitais de hidrografia, curvas de nível (1:50.000), geologia, pedologia, pluviometria (1:250.000). Primeiramente, os dados digitais tiveram suas projeções padronizadas e as imagens TM passaram por pré-processamento, com uso de filtro gaussiano, no programa ENVI 4.6, e pelos processos de registro (ENVI) e georreferenciamento (ArcGIS 9.3). Foi realizada fotointerpretação das ortofotos para correção do vetor de hidrografia e inclusão de feições, como várzeas, lagos e reservatórios, no ArcGIS 9.3. Neste programa, foi gerado também um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente e uma mapa matricial de declividade, para posterior delimitação das APPs da área de estudo. As imagens dos diferentes anos foram classificadas pelo método *ISODATA*, no ENVI, e com auxílio de campo pelo Método de Máxima Verossimilhança, no ArcGIS, com posterior aplicação de um filtro de mediana. Uma modelagem de mudanças terrestres foi realizada no IDRISI Taiga, para observação das persistências, perdas e ganhos entre as classes de uso do solo nos períodos estudados. Utilizando o Processo Analítico Hierárquico e a Avaliação Multi-critério deste mesmo programa, foi realizada também uma análise de suscetibilidade natural à erosão de acordo com os fatores naturais: geologia, pedologia, pluviometria e declividade. A quadrícula estudada apresenta 14.000,7ha de APPs, 19,9% da área total do estudo

(70.189,1ha). A Vegetação arbórea densa foi a classe mais presente e mais persistente no conjunto das APPs da área de estudo, e também, a única das três mais observadas que, entre reduções e aumentos de área, obteve saldo positivo nos períodos estudados (de 1986 a 1997 e de 1997 a 2008). Em 2008 esta classe já ocupava 56,8% do conjunto de APPs. O processo de recomposição dos ecossistemas florestais ocorreu para toda a área de estudo, indicando uma maior ligação deste com o êxodo rural, e consequente abandono de áreas antes ocupadas por atividades agropecuárias, do que com a fiscalização e revegetação das APPs. Todas as categorias de APPs apresentaram a maior parte de suas áreas com Alta suscetibilidade natural à erosão (68,1%). Tanto a suscetibilidade natural à erosão, quanto o uso e ocupação do solo, nas diferentes categorias de APPs parecem estar vinculados às altitudes e declividades associadas das áreas em que estão situadas.

Palavras-chave: Áreas de Preservação Permanente, Geoprocessamento e Vale do Ribeira.

ABSTRACT

Amaral, C. H. **Evolution of land use and natural susceptibility to erosion of the Permanent Preservation Areas of Pariquera-Acu Chart (1:50,000, SG.23-VA-IV-1), Vale do Ribeira, SP.** 2010. 187f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Erosion, landslides, poor water quality and flooding may be linked to the misuse of natural resources in areas considered for permanent preservation (APPs). These areas have an intrinsic role in the conservation of water basins and the quality of life of the populations that inhabit them. With the advancement of geotechnologies, the APPs can be studied on a regional scale with the application of various approaches in order to confirm the proper handling of them. Based on CONAMA legislation (Resolutions 302 and 303, of 2002), the study aimed to carry out the delimitation of APPs in the "Pariquera-Acu" Chart (IBGE, 1:50,000), and to study the evolution of land use and natural susceptibility to erosion of these areas. For both, were used orthophotos with a spatial resolution of 1m, satellite images (Landsat TM (30m), 1986, 1997 and 2008), digital maps of hydrography, contours (1:50,000), geology, soil conditions and rainfall (1:250,000). The projections of digital data were standardized and the TM images have undergone pre-processing, using a Gaussian filter in the ENVI 4.6 software, and the registration process (ENVI) and georeferencing (ArcGIS 9.3). It was performed photo interpretation of orthophotos for correction of the hydrography vector and inclusion of features (wetlands, lakes, reservoirs), in ArcGIS. In this program, has also been generated a hydrologically consistent digital elevation model and a slope matrix map for further delineation of the APPs of the study area. The images of different years were classified by the ISODATA method in ENVI, and with the aid of field data by the method of Maximum Likelihood, in ArcGIS, with subsequent application of a median filter. A modeling of land changes was performed in IDRISI Taiga, to observe the persistence, losses and gains between the classes of land use in both periods. Using the Analytic Hierarchy Process and Multi-criteria Evaluation, of this same program, was also carried out an analysis of natural susceptibility to erosion according to natural factors: geology, soil conditions, rainfall and slope. The chart studied has 14,000.7ha of APP, 19.9% of the total study area (70,189.1ha). The Dense arboreal vegetation class was the most present and persistent in all the APPs of the study area, and also the only one of the three classes most observed, that between reductions

and increases in size, had a positive balance in both periods (1986 to 1997 and 1997 to 2008). In 2008 this class already occupied 56.8% of total APPs. The process of restoration of forest ecosystems has occurred throughout the study area, indicating a greater connection with rural exodus and the subsequent abandonment of areas previously occupied by agricultural activities, than to the control and revegetation of APPs. All categories of APPs had most of its areas with High natural susceptibility to erosion (68.1%). Both the natural susceptibility to erosion and the use and occupation of land, in different categories of APPs appear to be linked to the altitude and slope associated with the areas where they are located.

Keywords: Permanent Preservation Areas, Geographic Information Systems and Vale do Ribeira.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo (GCS/SAD69).....	53
Figura 2. Forma de aplicação das Áreas de Preservação Permanente, a partir do nível mais alto (leito maior) dos cursos d'água, segundo interpretação da Resolução CONAMA nº 303, de 2002.....	61
Figura 3. Esquemas ilustrativos: Parâmetros legais para definição: de morro (A) e de montanha (B), sendo h = altura e d = declividade.....	64
Figura 4. Esquema ilustrativo da aplicação do terço superior (Áreas de Preservação Permanente) das elevações: A - morros ou montanhas isolados; B - conjunto de morros e/ou montanhas (com distância < 500 m); C - linhas de cumeada (conjunto de morros e/ou montanhas com distância < 1.000 m).....	65
Figura 5. Ilustração do ajuste do vetor de hidrografia ao centro dos talwegues e correção da direção de fluxo (no sentido do escoamento).....	66
Figura 6. Etapas para determinação digital das Áreas de Preservação Permanente: em topo de morros e montanhas, segundo Hott <i>et al.</i> (2004); e em linhas de cumeada, adaptado de Hott <i>et al.</i> (2004).....	67
Figura 7. Ilustração do Modelo de fluxo D8, indicando como as direções de fluxo são representadas numericamente após sua determinação, com uso do MDEHC.....	68
Figura 8. Representação esquemática da metodologia de Hott <i>et al.</i> (2004).....	68
Figura 9. Visualização tridimensional de topo e base das elevações, com base no escoamento superficial.....	69
Figura 10. Representação gráfica (A) e matricial (B) da função Gaussiana em duas dimensões (2D).....	70

Figura 11. Ilustração da filtragem de Mediana (substituição do pixel central).....	72
Figura 12. Mapa de áreas de várzea da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	78
Figura 13. A) Sistema antrópico de drenagem em área de várzea; B) Detalhe da calha de drenagem e aproveitamento de várzea para pastoreio (ao fundo).....	79
Figura 14. A) Dique (detalhe) para contenção da água do Rio Ribeira de Iguape em suas cheias sazonais; B) Calha (destaque) e “antiga” área de várzea (ao fundo) do Rio Ribeira de Iguape, posteriores ao dique (aterro).....	80
Figura 15. Mapa de Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d’água da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	82
Figura 16. Frequências de distribuição (unidades) por área superficial (em ha) de lagos rurais (A) e reservatórios rurais (B), geradas pelo programa ArcGIS 9.3.....	85
Figura 17. Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	88
Figura 18. Mapa matricial de declividade da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	89
Figura 19. Frequência de distribuição (unidades) por área (em ha) das Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas e agrupamentos destes da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), geradas pelo programa ArcGIS 9.3.....	90
Figura 20. Mapa de Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas da Folha Pariquera-Açu” (1:50.000).....	91
Figura 21. Frequência de distribuição (unidades) por área (em ha) das Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), geradas pelo programa ArcGIS 9.3.....	93

Figura 22. Mapa de Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada da Folha Pariquera-Açu” (1:50.000).....	94
Figura 23. Classe 1: Vegetação arbórea densa (exemplo).....	98
Figura 24. Classe 2: Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo. Fisionomia Vegetação de várzea (exemplo).....	99
Figura 25. Classe 2: Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo. Fisionomia Capoeira (exemplo).....	99
Figura 26. Classe 2: Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo. Fisionomia Campo antrópico sujo (exemplo).....	99
Figura 27. Classe 3: Pastagem/ campo antrópico limpo. Fisionomia Pastagem (exemplo)...	100
Figura 28. Classe 3: Pastagem/ campo antrópico limpo. Fisionomia Campo antrópico limpo (exemplo).....	100
Figura 29. Classe 4: Agricultura de porte herbáceo-arbustivo. Teicultura (em primeiro plano).....	101
Figura 30. Classe 4: Agricultura de porte herbáceo-arbustivo. Citricultura.....	101
Figura 31. Classe 5: Bananicultura (exemplos).....	102
Figura 32. Classe 6: Solo exposto (exemplo).....	102
Figura 33. Classe 7: Corpo d’água. Trecho do rio Ribeira de Iguape (exemplo).....	103
Figura 34. Classificação automática do uso do solo na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), sob imagem TM (Landsat) de 14/09/1986.....	105

Figura 35. Uso do solo no ano de 1986 nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	106
Figura 36. Uso do solo no ano de 1986 nas Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d’água da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	107
Figura 37. Uso do solo no ano de 1986 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	108
Figura 38. Uso do solo no ano de 1986 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos e reservatórios rurais e urbanos da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	108
Figura 39. Uso do solo no ano de 1986 nas Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	109
Figura 40. Uso do solo no ano de 1986 nas Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	109
Figura 41. Exemplo de rizicultura (A) e bananicultura (B) em áreas de várzea.....	110
Figura 42. Classificação automática do uso do solo na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), sob imagem TM (Landsat) de 24/06/1997.....	112
Figura 43. Uso do solo no ano de 1997 nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	113
Figura 44. Uso do solo no ano de 1997 nas Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d’água da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	114
Figura 45. Uso do solo no ano de 1997 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	114
Figura 46. Uso do solo no ano de 1997 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos e reservatórios, rurais e urbanos, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	115

Figura 47. Uso do solo no ano de 1997 nas Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	115
Figura 48. Uso do solo no ano de 1997 nas Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	116
Figura 49. Classificação automática do uso do solo na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), sob imagem TM (Landsat) de 06/06/2008.....	117
Figura 50. Uso do solo no ano de 2008 nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	118
Figura 51. Uso do solo no ano de 2008 nas Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d’água da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	119
Figura 52. Uso do solo no ano de 2008 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	120
Figura 53. Uso do solo no ano de 2008 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos e reservatórios rurais e urbanos da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	120
Figura 54. Uso do solo no ano de 2008 nas Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	121
Figura 55. Uso do solo no ano de 2008 nas Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	121
Figura 56. Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d’água com vegetação florestal nativa (exemplos A e B).....	122
Figura 57. Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d’água: A) com campo antrópico sujo à esquerda e limpo à direita; B) com campo antrópico sujo, destaque à escassez de água e aos resíduos sólidos no curso d’água.....	123

Figura 58. Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes (raio de 50m), ambas com vegetação florestal nativa sobre as nascentes e no restante das APPs com campo antrópico limpo (A) e com agricultura de porte herbáceo-arbustivo (B).....	123
Figura 59. Áreas de Preservação Permanente ao redor lagos e reservatórios com cobertura, em sua maior parte, de campo antrópico limpo (A e B) e gramínea exótica (B).....	124
Figura 60. Áreas de Preservação Permanente: em topo de morros e montanhas e linhas de cumeada com cobertura florestal nativa (A); em topo de morro com cobertura florestal nativa em sua maior parte (B).....	124
Figura 61. Comportamento das classes de uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), entre os anos de 1986, 1997 e 2008.....	125
Figura 62. Evolução no contexto funcional das Áreas de Preservação Permanente, entre as classes de uso e ocupação do solo mais frequentes nos anos estudados (1997, 1986 e 2008).....	127
Figura 63. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças da classe Vegetação arbórea densa, de 1986 a 1997, nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	130
Figura 64. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo, de 1986 a 1997, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	131
Figura 65. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Pastagem/campo antrópico limpo, de 1986 a 1997, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	132
Figura 66. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Agricultura de porte herbáceo-arbustivo, de 1986 a 1997, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	133

Figura 67. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Bananicultura, de 1986 a 1997, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	134
Figura 68. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Solo exposto, de 1986 a 1997, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	135
Figura 69. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Vegetação arbórea densa, de 1997 a 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	140
Figura 70. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo, de 1997 a 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	141
Figura 71. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Pastagem/campo antrópico limpo, de 1997 a 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	142
Figura 72. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Agricultura de porte herbáceo-arbustivo, de 1997 a 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	143
Figura 73. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Bananicultura, de 1997 a 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	144
Figura 74. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Solo exposto, de 1997 a 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	145
Figura 75. Processos erosivos registrados na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000): A) na calha do rio Ribeira de Iguape e B) em encosta desmatada.....	151

Figura 76. Mapa matricial de suscetibilidade natural à erosão da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), de acordo com os fatores naturais: geologia, pedologia, pluviosidade e declividade.....	153
Figura 77. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	154
Figura 78. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d’água da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	155
Figura 79. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	155
Figura 80. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos e reservatórios, artificiais e urbanos, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	156
Figura 81. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	156
Figura 82. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	157
Figura 83. Gradação da influência das atividades de uso e ocupação do solo, presente na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), sobre a suscetibilidade à erosão dos ambientes, considerando para as culturas os impactos de renovações e tratos culturais.....	160
Figura 84. Distribuição das classes de uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), com Média, Alta e Muito Alta suscetibilidade natural à erosão.....	162

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Municípios compreendidos pela área de estudo. Área total (ha), área estudada (ha), % da área do estudo.....	53
Tabela 2. Produção agrícola (em ha), florestal (em ha e em kg) e pecuária (em cabeças), por município presente na área de estudo, no ano de 2006.....	55
Tabela 3. Títulos minerários da área de estudo. Fase, registros (nº) e área (ha).....	56
Tabela 4. Satélite Landsat 5 (sensor TM). Bandas, intervalos espectrais (µm) e principais características e aplicações.....	57
Tabela 5. Cursos d'água com largura superior a dez metros. Largura mínima e largura máxima aproximadas e classes de segmentação, em metros, presentes na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000, IBGE).....	60
Tabela 6. Largura dos cursos d'água e das respectivas faixas marginais de Áreas de Preservação Permanente, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000, IBGE).....	60
Tabela 7. Corpos d'água, dimensões (em ha) e respectivas faixas marginais de Áreas de Preservação Permanente (em metros), da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000, IBGE).....	63
Tabela 8. Classes do fator Geologia, observadas na área de estudo, e respectivos pesos (1,0 a 3,0), atribuídos de acordo com Crepani <i>et al.</i> (2001) para suscetibilidade à erosão.....	73
Tabela 9. Classes do fator Pedologia, observadas na área de estudo, e respectivos pesos (1,0 a 3,0), atribuídos de acordo com Crepani <i>et al.</i> (2001) para suscetibilidade à erosão.....	73
Tabela 10. Classes do fator Pluviometria, observadas na área de estudo, e respectivos pesos (1,0 a 3,0), atribuídos de acordo com Crepani <i>et al.</i> (2001) para suscetibilidade à erosão.....	74
Tabela 11. Classes do fator Declividade, observadas na área de estudo, e respectivos pesos (1,0 a 3,0), atribuídos de acordo com Crepani <i>et al.</i> (2001) para suscetibilidade à erosão.....	74

Tabela 12. Classes de suscetibilidade e respectivos intervalos de valores presentes na imagem (em bits).....	75
Tabela 13. Área (em ha) das várzeas delimitadas na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	79
Tabela 14. Largura dos trechos dos cursos d’água e respectivas faixas marginais de Áreas de Preservação Permanente (APPs) presentes na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), ambas em metros.....	81
Tabela 15. Quantidade (unidades) e área (hectares) dos corpos d’água da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), delimitados por fotointerpretação de ortofoto com resolução espacial de 1m.....	84
Tabela 16. Erro quadrático médio (RMS) dos processos de registro de imagem e georrefrenciamento das imagens orbitais TM (órbita 220/ rota 077) utilizadas no estudo.....	97
Tabela 17. Índice Kappa e a respectiva qualidade da classificação.....	104
Tabela 18. Matriz de confusão entre a classificação automática e a verdade de campo, para as classes: Vegetação arbórea densa (1), Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo (2), Pastagem/ campo antrópico limpo (3), Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (4), Bananicultura (5), Solo exposto (6) e Corpo d'água (7).....	104
Tabela 19. Uso do solo no ano 1986, de acordo com as classes: Vegetação arbórea densa (1), Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo (2), Pastagem/ campo antrópico limpo (3), Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (4), Bananicultura (5) e Solo exposto (6), nas categorias de Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	107
Tabela 20. Uso do solo no ano 1997, de acordo com as classes: Vegetação arbórea densa (1), Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo (2), Pastagem/ campo antrópico limpo (3), Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (4), Bananicultura (5) e Solo exposto (6), nas categorias de Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	113

Tabela 21. Uso do solo no ano 2008, de acordo com as classes: Vegetação arbórea densa (1), Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo (2), Pastagem/ campo antrópico limpo (3), Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (4), Bananicultura (5) e Solo exposto (6), nas categorias de Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....119

Tabela 22. Uso do solo nos anos estudados, em hectares (ha) e porcentagem (%) das Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), pelas classes de uso e ocupação do solo.....125

Tabela 23. Persistências das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1986 e 1997 (em hectares e em porcentagem da área ocupada em 1986), nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....128

Tabela 24. Aumento, redução e saldo (em hectares) das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1986 e 1997, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....129

Tabela 25. Persistências das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1997 e 2008 (em hectares e em porcentagem da área ocupada em 1997), nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....138

Tabela 26. Aumento, redução e saldo (em hectares) das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1997 e 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....139

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	24
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
2.1. Legislação Florestal e Ambiental Brasileira.....	26
2.1.1. Direitos e deveres da população, da propriedade privada e do Estado.....	26
2.1.2. Áreas de Preservação Permanente.....	28
2.2.O Vale do Ribeira.....	32
2.2.1. Aspectos físicos e ecológicos.....	32
2.2.2. Aspectos socioeconômicos e ambientais.....	34
2.2.3. Áreas de Preservação Permanente.....	36
2.3.Geoprocessamento e projetos ambientais.....	38
2.3.1 Sensoriamento Remoto.....	38
2.3.2. Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).....	39
2.3.3. Áreas de Preservação Permanente.....	40
2.3.4.Evolução do uso e ocupação do solo.....	43
2.3.5.Fragilidade Ambiental.....	45
2.3.6. Vale do Ribeira.....	48
3. OBJETIVOS.....	52
3.1.Objetivo geral.....	52
3.2.Objetivos específicos.....	52
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	53
4.1. Área de estudo.....	53
4.2. Materiais e programas utilizados.....	56
4.3. Métodos.....	58
4.3.1. Padronização dos dados digitais.....	58
4.3.2. Edição dos mapas de Áreas de Preservação Permanente.....	59
4.3.2.1. Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água.....	59
4.3.2.2. Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes.....	61

4.3.2.3. Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos e reservatórios.....	62
4.3.2.4. Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas e em linhas de cumeada.....	63
4.3.3. Pré-processamento das imagens orbitais.....	69
4.3.4. Processamento das imagens orbitais (classificação do uso do solo).....	70
4.3.5. Modelagem das mudanças do uso do solo nas Áreas de Preservação Permanente.....	72
4.3.6. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente.....	72
4.3.7. Elaboração do Sistema de Informações Geográficas.....	75
4.3.8. Levantamentos de campo.....	76
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	77
5.1. Delimitação das Áreas de Preservação Permanente.....	77
5.1.1. Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água.....	77
5.1.2. Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes.....	83
5.1.3. Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos e reservatórios.....	84
5.1.4. Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas.....	87
5.1.5. Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada.....	92
5.1.6. Análise do conjunto de dados.....	95
5.2. Evolução do uso do solo nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).....	96
5.2.1. Pré-processamento das imagens orbitais.....	96
5.2.2. Processamento das imagens orbitais (classificação do uso do solo).....	97
5.2.2.1. Matriz de confusão e índice Kappa.....	103
5.2.2.2. Uso e ocupação do solo no ano de 1986.....	104
5.2.2.3. Uso e ocupação do solo no ano de 1997.....	111
5.2.2.4. Uso e ocupação do solo no ano de 2008.....	116
5.2.3. Uso e ocupação do solo nos anos de 2009 e 2010 (registros fotográficos).....	122

5.2.4. Uso e ocupação do solo entre os anos do estudo.....	124
5.2.5. Modelagem de mudanças no uso e ocupação do solo entre os anos do estudo.....	127
5.2.5.1. Persistências das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1986 e 1997.....	128
5.2.5.2. Aumentos e reduções em área das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1986 e 1997.....	128
5.2.5.3. Persistências das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1997 e 2008.....	138
5.2.5.4. Aumentos e reduções em área das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1997 e 2008.....	138
5.2.5.5. Análise do conjunto de dados (1986 a 1997 e 1997 a 2008).....	147
5.3. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente.....	150
5.4. Análise do conjunto de dados e proposições.....	158
6. CONCLUSÕES.....	165
7. REFLEXÕES E PROPOSIÇÕES ÀS LEGISLAÇÕES VIGENTES.....	167
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	169
APÊNDICES.....	183

1. INTRODUÇÃO

A situação atual de grande parte das Áreas de Preservação Permanente (APPs), também no Vale do Ribeira, revela a incoerência entre o Código Florestal e a realidade de seu uso. A ocupação ilegal destas áreas tem sido influenciada por diversos fatores como a topografia, a natureza dos solos, a falta de infraestrutura e o histórico problema fundiário da região.

As APPs, definidas pelo atual Código Florestal Brasileiro foram criadas com o intuito de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora e de proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; desta forma, os impactos ambientais causados pelas atividades de uso e ocupação do solo, sobre estas áreas, geram não apenas influência local, mas a toda a Bacia Hidrográfica na qual estão inseridas, devido à relação intrínseca entre a estabilidade das APPs e o bom funcionamento do sistema complexo, que é uma Bacia Hidrográfica. A recarga do lençol freático e dos cursos d'água, a qualidade da água e dos solos e a estabilidade geológica e pedológica só são possíveis se as APPs tiverem sua vegetação nativa preservada, ou se as atividades consolidadas nestas áreas forem manejadas visando à mitigação dos impactos negativos, a fim de preservar a estabilidade destes ambientes.

No entanto, a origem do conflito parece estar na legislação, que permite interpretações dúbias e dificulta a definição destas áreas não só por parte da população, mas também por parte dos órgãos ambientais responsáveis. A fiscalização também se mostra ineficiente, principalmente, devido às dimensões continentais que o país apresenta, dificultando o controle por completo pelos órgãos responsáveis, ao fato de muitas atividades antrópicas estarem consolidadas nestas áreas antes da regulamentação da lei referente às APPs, representando um empecilho à aplicação desta, e à falta de políticas públicas que promovam a educação ambiental da população para entendimento do motivo pelo qual estas áreas devem ser preservadas.

Embora existam programas de revegetação em áreas ciliares do Vale do Ribeira, principalmente ao longo do Rio Ribeira de Iguape, é evidente a ausência de projetos que considerem todas as categorias de APPs nos estudos de uso e ocupação do solo e de sua influência na Bacia Hidrográfica. A abordagem restrita às áreas ciliares de cursos d'água não reflete a verdadeira situação das APPs, pois exclui a importante análise do uso do solo e suas consequências em APPs ao longo de cursos d'água associados a várzeas, ao redor de lagos e reservatórios, em topo de morros, em linhas de cumeada e em encostas com declividade acima de 45°. Muitas vezes, a ocupação inadequada destas últimas é a principal causa dos impactos ambientais observados a jusante, como o assoreamento de rios e córregos; e quando

combinada com eventos climáticos extremos, podem resultar em movimentos de massa de solos e outros materiais, como vem ocorrendo extensamente pelo país, inclusive no Alto do Ribeira.

Portanto, para subsidiar a ação dos órgãos competentes e dos proprietários envolvidos com a gestão destas áreas, este estudo visou analisar a evolução do uso do solo nas APPs da área de estudo e a suscetibilidade natural à erosão desses ambientes, a fim de gerar proposições de mitigação dos impactos negativos, principalmente ao meio físico, bem como, proposições de recuperação das áreas degradadas e de uso sustentável, estimulando a adequação ambiental das atividades antrópicas presentes nestas áreas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Legislação Florestal e Ambiental Brasileira

2.1.1. Direitos e deveres da população, da propriedade privada e do Estado

A partir do primeiro Código Florestal Brasileiro, instituído pelo Decreto nº 23.793 de 23/01/1934 (BRASIL, 1934a), as florestas e demais formas de vegetação existentes no território nacional passaram a ser vistas como um “bem de interesse comum a todos os habitantes do país”, retirando do proprietário o direito irrestrito de destruí-las, e, pelo contrário, dando-lhes o direito e o dever de preservá-las.

O “novo” Código Florestal Brasileiro, Lei nº 4.771, de 15/09/1965 (BRASIL, 1965), criando as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e a Reserva Legal (RL), revelou um caráter intervencionista do Estado sobre a propriedade rural privada. Segundo Pereira¹ (1950, p.17, *apud* AHRENS, 2003), em obra pioneira sobre o direito florestal brasileiro,

Observa-se, porém, que as (leis florestais) não intervencionistas estão sendo gradualmente abolidas, não existindo mais nações que negassem ao Estado o poder de direta ou indiretamente, regulamentar a conservação e a reprodução das matas, inclusive em terras particulares.

No entanto, foi apenas com a edição da Lei nº 6.938, de 31/08/81 (BRASIL, 1981), onde foi instituída a Política Nacional do Meio Ambiente, que as florestas nativas passaram a constituir um bem jurídico ambiental, com um valor intrínseco, próprio e independente de suas utilidades: um “valor de existência” e não mais, apenas, um “valor de uso” (AHRENS 2003). Nesta ocasião foi criado o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), substituindo a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA, criada em 1973), e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo do SISNAMA, com intuito de efetivar o cumprimento das matérias relacionadas à “proteção e melhoria da qualidade ambiental”.

As questões ambientais vistas, naquele momento, como essenciais ao desenvolvimento socioeconômico, culminaram na criação de critérios básicos e diretrizes para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental, Resolução CONAMA nº 001, de 23/01/1986 (BRASIL, 1986), considerando impacto ambiental: “[...]qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas[...]”. A partir desta, o licenciamento de

¹ PEREIRA, O.D. **Direito florestal brasileiro**. Rio de Janeiro: Borsoi, 1950. 573p.

diversas atividades humanas passaram a depender da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), submetidos à aprovação pelos órgãos competentes.

Esta mudança no olhar e na estrutura do país ficou consumada no *caput* do artigo 225 da Constituição Federal de 1988 (CF/88) (BRASIL, 1988):

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

Em seus artigos 170 e 186, respectivamente, a CF/88 também: condicionou a atividade econômica ao uso racional dos recursos naturais; e advertiu sobre a utilização adequada dos recursos naturais e sobre a preservação do meio ambiente, como Função Social da propriedade rural.

Em 22/02/1989, com a edição da Lei nº 7.735 (BRASIL, 1989), foi criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), com a finalidade de executar as políticas nacionais de meio ambiente relativas à preservação, à conservação e ao uso sustentável dos recursos ambientais e sua fiscalização e controle, em terras públicas e privadas.

No entanto, as regras referentes a crimes ambientais estavam dispersas entre as leis ambientais e muitas vezes conflitavam entre si, dificultando a ação do IBAMA e dos órgãos estaduais competentes. A fim de sistematizá-las, foi criada a Lei de Crimes Ambientais, Lei nº 9.605, de 12/02/1998 (BRASIL, 1998), que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e de atividades lesivas ao meio ambiente. Esta legislação possibilitou o conhecimento pela sociedade do direito penal ambiental e a sua execução pelos entes estatais.

Por causa do desmatamento progressivo, do uso indiscriminado dos recursos naturais renováveis e não renováveis e da falta de controle dos passivos ambientais gerados pelas atividades humanas, as legislações florestais e ambientais brasileiras tornaram-se cada vez mais rígidas. O Estado passou a intervir nas florestas privadas e nas atividades humanas, a fim de controlar a destruição do meio ambiente. A propriedade privada passou a ter função sócio-ambiental (definida na CF/88) e é responsável pela preservação de suas florestas e pela mitigação de passivos ambientais gerados por ela. A população teve seus direitos aumentados, sendo a conservação do ambiente destinada também às futuras gerações; o indivíduo, antes

livre e dono de suas florestas, atualmente tem o dever de responder, inclusive penalmente (como pessoa física), por suas infrações ambientais.

2.1.2. Áreas de Preservação Permanente

No primeiro Código Florestal Brasileiro, de 1934, as florestas e demais formas de vegetação foram classificadas como: protetoras, remanescentes, modelo e de rendimento. As florestas protetoras propunham, de acordo com suas funções descritas no artigo 4º deste decreto, o que conhecemos hoje como Áreas de Preservação Permanente. O decreto considerava-as como de conservação permanente e competia ao Ministério da Agricultura classificá-las e localizá-las. Em seu artigo 11, definia que florestas de propriedade privada poderiam ser declaradas como florestas protetoras, através de decreto do governo federal ou através do conselho florestal (definido em seu artigo 101).

No entanto, pouco aconteceu com as florestas protetoras, até serem definidas como Áreas de Preservação Permanente (APPs), pelo atual Código Florestal Brasileiro, em 1965. Até essa data, apenas o Decreto nº 22.287, de 16/12/1946 (BRASIL, 1946) foi instaurado, declarando como florestas protetoras os maciços florestais adjacentes ao Parque Nacional do Itatiaia, que incluíam áreas montanhosas, cabeceiras de rios e áreas de remanescentes de espécies arbóreas ameaçadas de extinção, como a Araucária (*Araucaria augustifolia* (Bert.) O. Ktze.).

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) foram descritas no Código Florestal Brasileiro, Lei nº 4.771, de 15/09/1965 (BRASIL, 1965), revelando o propósito maior desta legislação: a proteção de outros elementos que não apenas as árvores e as florestas. Em seu artigo 1º define área de preservação permanente como:

[...] área protegida nos termos dos arts. 2 e 3 desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

O artigo 2º do Código Florestal de 1965 estabelece áreas que devem ser protegidas e sua delimitação, tais como: ao longo de cursos d'água; ao redor de lagoas, lagos e reservatórios d'água; ao redor de nascentes e olhos d'água; no topo de morros, montanhas, montes e serras; nas encostas com declividade superior a 45º; nas restingas, como fixadoras

de dunas ou estabilizadoras de mangues; nas bordas de tabuleiros ou chapadas; em altitudes superiores a 1.800 (mil e oitocentos) metros.

Já o artigo 3º desta mesma lei estabelece como APPs, a serem declaradas por ato do Poder Público e sem delimitação prévia, florestas e demais formas de vegetação natural destinadas a: atenuar a erosão das terras; fixar as dunas; formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias; auxiliar a defesa do território nacional; proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico; asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção; manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas; assegurar condições de bem-estar público.

A Lei nº 6.938, de 31/08/81 (BRASIL, 1981), em que foram criados o SISNAMA e a Política Nacional do Meio Ambiente, em seu artigo 18, transformou as florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente em Estações ou Reservas Ecológicas. No entanto, nove anos depois, a Lei nº 9.985, de 18/07/2000 (BRASIL, 2000) revogou a mudança.

Segundo a Constituição Federal, de 1988 (BRASIL, 1988), em seu artigo 225, parágrafo 1, inciso III, as APPs são consideradas áreas especialmente protegidas e sua alteração ou supressão somente serão permitidas através da lei. Quem cortar árvores, danificar ou destruir florestas consideradas de preservação permanente, mesmo que em formação, ou utilizá-las com infringência das normas de proteção, de acordo com a Lei de Crimes Ambientais, de 1998, incorre em pena de um a três anos de detenção ou multa, ou ambas as sanções.

A redação do Código Florestal, referente às APPs, foi sofrendo pequenas alterações durante a história (Lei nº 6.535, de 15/07/1978; Lei nº 7.511, de 07/07/1986; Lei nº 7.803, de 15/07/1989; e Medida Provisória nº 2.166-67, de 24/08/2001). Entretanto, a regulamentação pelo SISNAMA ocorreu somente em 20/03/2002, com a criação da Resolução CONAMA nº 303 (BRASIL, 2002a), que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Paralelamente a esta, a Resolução CONAMA nº 302, também de 20/03/2002 (BRASIL, 2002b), foi criada para regulamentar os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais.

A aplicação da legislação pertinente ainda se apresenta muito confusa devido a várias causas: primeiramente, pela falta de clareza de sua redação, que gera interpretações dúbias e que sofre críticas de muitos especialistas; a segunda causa da confusão na aplicação da

legislação resulta do fato que, tendo sido realmente regulamentada há pouco tempo, muitas atividades humanas já se encontravam consolidadas em APPs, necessitando muitas vezes serem executadas somente nestas áreas, como exemplo, o uso das margens de rios como áreas de transbordo e de passagem de tubulações da mineração de areia; a terceira causa é a fiscalização ineficiente, pois, apesar de o Brasil apresentar uma legislação ambiental exemplar, devido à sua grande extensão e diversidade de ecossistemas, a fiscalização não responde de acordo com sua normatização. Desta forma, muitas atividades permanecem na ilegalidade.

Em 28/03/2006, foi criada a Resolução CONAMA nº 369 (BRASIL, 2006), que “dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão da vegetação em Área de Preservação Permanente”. No entanto, as expressões “interesse social” e “baixo impacto ambiental” geram conceitos vagos e indeterminados e propiciam o ajuste da legislação a diferentes realidades e casos concretos. No entanto, esta atitude do legislador corroborou ainda mais com o aumento de críticas dos diferentes atores sociais e jurídicos.

Evidencia-se agravamento do quadro das diversificadas ameaças que colocam em perigo as frágeis e preciosas áreas de preservação permanente e, por consequência, o meio ambiente ecologicamente equilibrado. (ANDRADE; VARJABEDIAN, 2006, p.1).

Desde que efetivamente aplicada, promoverá respeito e obediência aos princípios ambientais, tendo em vista que apenas em casos específicos, que envolvam questões de relevância econômica e estrutural para nosso país, a intervenção poderá ocorrer. (FELDMANN, 2006, p.1).

Esta resolução apresenta grande importância ao país, uma vez que contempla necessidades antigas, como o dever do proprietário ou possuidor de recuperar as APPs irregularmente suprimidas ou ocupadas, e que estabelece normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos. Segundo a legislação, as intervenções somente serão autorizadas mediante processo administrativo autônomo e prévio, perante o órgão ambiental competente.

Assim, as atividades instaladas e consolidadas nestas áreas podem sair da ilegalidade e novas intervenções poderão ser feitas de forma regular. Mas, para que o desenvolvimento socioeconômico não comprometa o equilíbrio ambiental e para que ocorra a regularização das atividades de uso e ocupação do solo nas APPs, serão necessárias severas mudanças no comportamento dos proprietários ou possuidores, principalmente no que diz respeito às

técnicas de manejo do solo, controle de pragas, destinação de resíduos sólidos e líquidos, construções rurais ou urbanas. Essas e outras ações serão relatadas e avaliadas pelos órgãos ambientais durante processo de regularização.

A extração de qualquer recurso mineral sem prévia autorização, em áreas consideradas de preservação permanente, é considerada ilegal, e no Decreto Federal nº 6.514, de 22/07/2008 (BRASIL, 2008a), foi sancionada multa referente a esta infração. Este Decreto, complementado pelo Decreto Federal nº 6.686, de 10/12/2008 (BRASIL, 2008b), dispõe sobre as infrações ao meio ambiente como a que foi citada acima e suas decorrentes sanções administrativas e também estabelece os processos administrativos federais para apuração das mesmas.

Em 08/09/2009, foi publicada a Instrução Normativa (IN) nº 05, do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que dispõe sobre os procedimentos metodológicos para restauração e recuperação das APPs (BRASIL, 2009). Segundo a IN a recuperação de APPs independe de autorização do Poder Público, sendo respeitadas obrigações anteriores e normas ambientais específicas. A recuperação poderá ser realizada de três formas: i) com a condução da regeneração natural de espécies nativas; ii) com plantio de espécies nativas; iii) com a conjugação do plantio e da condução da regeneração natural, ambos com espécies nativas da flora local. Como previsto, anteriormente, na Resolução do CONAMA nº 369, de 2006 (BRASIL, 2006), é permitida a utilização de sistemas agroflorestais para a condução da regeneração em APPs, em propriedade ou posse do agricultor familiar, do empreendedor familiar rural ou dos povos e comunidades tradicionais.

A Resolução CONAMA nº 425, de 25/05/2010, (BRASIL, 2010) veio satisfazer a indefinição do termo “interesse social”, citado anteriormente, e:

[...] dispõe sobre os critérios para a caracterização de atividades e empreendimentos agropecuários sustentáveis do agricultor familiar, empreendedor rural familiar, e dos povos e comunidades tradicionais para fins de produção, intervenção e recuperação de Áreas de Preservação Permanente e outras de uso limitado.

Desta forma é possível ver que a evolução das legislações referentes às APPs, caminhou para a flexibilidade de uso sustentável, considerando que principalmente nas pequenas propriedades, em muitas vezes tomadas pelas APPs, a preservação da vegetação nativa nestas áreas impedia o cumprimento da função social da propriedade e a geração de

renda pelo agricultor familiar. As alternativas propostas não comprometem, *a priori*, as funções intrínsecas dessas áreas.

O Projeto de Lei, nº 1.876, de 1999, cujo parecer foi aprovado em 06 de julho de 2010 por uma Comissão Especial do Congresso, dispõe, dentre outras determinações, das Áreas de Preservação Permanente, e poderá modificar o atual Código Florestal. Em relação às APPs, este projeto legislativo visa, em especial, diminuir os conflitos ambientais e econômicos nas propriedades rurais. Dentre as propostas estão: a redução de algumas APPs, a revogação de sanções aplicadas aos proprietários por desmatamentos, atualmente considerados ilegais, e a incorporação da Reserva Legal (RL) em APPs de pequenas propriedades (definidas pelas alíneas b e c do inciso I do § 2º do art. 1º deste projeto de lei) e, considerando o domínio atlântico, quando a soma de APPs e RL ultrapassar 50% da área total da propriedade rural.

2.2. O Vale do Ribeira

2.2.1. Aspectos físicos e ecológicos

O Vale do Ribeira, como geralmente é denominada a área da Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape e do Complexo Estuarino Lagunar de Iguape, Cananéia e Paranaguá, possui uma área de 28.306 km² e abrange 32 municípios, sendo nove no Estado do Paraná e vinte e três no Estado de São Paulo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2003). Seus principais cursos d'água são: Rios Juquiá, Ribeira, Ribeira de Iguape, São Lourenço, Jacupiranga, Pardo, Una, da Aldeia e Itariri; sendo que o Ribeira de Iguape é o único grande rio do estado de São Paulo que corre diretamente para o oceano (CBH-RB, 2007).

Segundo Ross (2002), o Vale do Ribeira está compreendido em duas diferentes unidades morfoestruturais: a Faixa de Dobramentos do Atlântico e a Depressão Tectônica do Baixo Ribeira. A Faixa de Dobramentos do Atlântico é caracterizada pela elevada altitude e complexidade estrutural e litológica, devido ao intenso tectonismo sob o qual esteve submetida, reativado na epirogênese do Jura-Cretáceo e Cenozóico. A geologia desta unidade morfoestrutural tem dominância de formações pré-cambrianas cristalinas e cristalofilianas: faixas de migmatitos, micaxistos, com intrusões de piroxênios e quartzofeldspáticos, ocupando a faixa da serra costeira. Esta faixa se subdivide em três unidades morfoesculturais: Planalto e Serra de Paranapiacaba, Serra do Mar e Morros Litorâneos, Planalto de Guapiara e Planalto do Alto Ribeira-Turvo.

Ainda segundo Ross (2002), a Depressão Tectônica do Baixo Ribeira é composta litologicamente por sedimentos arenosos inconsolidados de origem marinha, onde as planícies interiores são compostas também por depósitos: fluviais recentes, aluviais e colúvio-aluviais, das formações Pariquera-Açu e Sete Barras, que sustentam níveis mais altos de terraços e topos de algumas baixas colinas posicionadas próximo ao eixo fluvial do Ribeira. Esta unidade morfoestrutural está subdividida em três unidades morfoesculturais: Depressão Tectônica do Baixo Ribeira, Planície Costeira Cananéia-Iguape e Planícies e Terraços Fluviais do Baixo Ribeira.

De acordo com Lepsh² (1988, *apud* CBH-RB, 2007), as classes de solos da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Nº 11 (UGRHI-11), que corresponde à porção paulista do Vale do Ribeira e ao Litoral Sul do estado de São Paulo, são: Cambissolo, Latossolo (Amarelo Álico, Vermelho-Amarelo Álico e Variação Una Vermelho Distrófico ou Álico), Podzólico (Vermelho-Amarelo e Bruno-Acinzentado Eutrófico) e Terra Bruna Estruturada Distrófica.

O clima da parte paulista do Vale do Ribeira, com base no sistema de Köppen, é representado pelos tipos: Af, tropical úmido sem estação seca; Cfa, subtropical úmido com verão quente; e Cfb, subtropical úmido com verão fresco. A precipitação média é de 1.400 mm/ano e na porção inferior da bacia 1.900 mm/ano, sendo que as áreas drenadas pelo baixo curso do Ribeira, a jusante de Registro, são as mais chuvosas da bacia. O período de setembro a março é o mais chuvoso do ano, com auge no mês de janeiro; de abril a agosto (período seco) a precipitação média gira entorno de 50 mm, sendo agosto o mês de menor precipitação (CBH-RB, 2007). Ainda segundo este documento, a região fica, na maior parte do tempo, sob a ação da massa de ar Tropical Atlântica e, ademais, a sucessão habitual do tempo depende das invasões das frentes frias, da massa de ar Tropical Continental (em menor grau), da permanência da frente estacionária (também rara) e de oclusões e frontogênese originadas pelo relevo.

A região está inserida no Bioma Mata Atlântica, protegido pela Lei nº 11.428 de 22/12/2006 (BRASIL, 2006); este é constituído por um complexo conjunto de ecossistemas, formado por uma floresta tropical associada aos ecossistemas costeiros, manguezais e matas de restinga que abrigam significativa parcela da biodiversidade brasileira. Em 1998 a região

² LEPSCH, I. F. *et al.* **Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos da região do Ribeira de Iguape no estado de São Paulo.** Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Instituto Agrônomo. Mapa na escala 1:250.000. 1999.

recebeu o título da UNESCO de Patrimônio Histórico e Ambiental da Humanidade; e ainda, também integra as Áreas Piloto da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. O Vale do Ribeira e zonas costeiras contíguas abrigam a maior extensão contínua ainda conservada da Mata Atlântica no Brasil; desta área, 78% ainda estão cobertos por remanescentes originais, com alto grau de preservação e endemismo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2003).

A UGRHI-11 (porção paulista do Vale do Ribeira e Litoral Sul do estado de São Paulo) concentra o maior número de Unidades de Conservação de Proteção Integral do território paulista (24, sendo 16 parques estaduais, uma floresta estadual, uma reserva de vida silvestre e sete estações ecológicas, em 8.391,7km². Também, existem 19 unidades de uso sustentável, em 4.865,2km², das quais nove são RDS (Reservas de Desenvolvimento Sustentáveis), sete APAs (Áreas de Proteção Ambiental) e três ARIEs (Áreas de Relevante Interesse Ecológico). Existem também três unidades territoriais especialmente protegidas (Ilhas, Serra do Mar e Maciço da Juréia), três reservas particulares de patrimônio natural e três áreas indígenas (CBH-RB, 2009).

As formações florestais da Mata Atlântica, divididas por suas fisionomias, são: Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa e Formações Pioneiras. De acordo com dados do Atlas da Mata Atlântica (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2009), o Vale do Ribeira encontra-se, quase que em sua totalidade, no domínio das Florestas Ombrófilas Densas. Segundo Veloso *et al.* (1991), a característica ecológica principal desta formação reside nos ambientes ombrófilos, estritamente ligados a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas e de alta precipitação. Esta fisionomia florestal é subdividida em cinco formações: aluvial, das terras baixas, submontana, montana e alto-montana.

2.2.2. Aspectos socioeconômicos e ambientais

Nos últimos 50 anos, o setor governamental tem tido presença marcante na proposição de instrumentos de planejamento regional. Comparada com outras regiões do estado de São Paulo, o Vale do Ribeira é a região que tem maior número de proposições de planos e projetos de desenvolvimento regional, mesmo que não implantados ou implantados parcialmente (CBH-RB, 2007).

Na década de 70, com a instalação da agricultura intensiva na parte central Vale do Ribeira, como a bananicultura e a teicultura, graves problemas ambientais passaram a ocorrer na região. Além do esgotamento dos solos, a proliferação cada vez maior das pragas levou à utilização maciça de agrotóxicos, que acabou por prejudicar não só os solos, como a contaminar os mananciais, responsáveis pelo abastecimento das populações. Ainda, com o desmatamento descontrolado, ocorreu a erosão dos solos e o assoreamento dos rios (LIOTTE, 2000).

Segundo Chabaribery *et al.* (2004), com a eleição do governador Franco Montoro, em 1982, intensificou-se a presença do Estado no Vale do Ribeira, com ações como a política de regularização fundiária, assentamentos de reforma agrária e tentativas de implementar a extensão rural e a assistência técnica para os diferentes tipos de agricultores. No entanto, no final da década de 80, a mudança de ênfase nas políticas públicas enfraqueceu as instituições criadas para efetivá-las, e o ambientalismo, com pouca compreensão das questões socioambientais, ganhou maior espaço nos órgãos do governo. As décadas de 80 e 90 foram marcadas por ações do Estado que restringiram as possibilidades de explorações econômicas na região do Vale do Ribeira, no que se refere à Legislação Ambiental e sua regulamentação nas Unidades de Conservação.

A partir de 2000, segundo o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 11: Bacia Hidrográfica do Ribeira do Iguape e Litoral Sul (CBH-RB, 2007), o Estado deixou de se responsabilizar diretamente pela elaboração dos Planos de Desenvolvimento, repassando esta função para ONGs ou órgãos colegiados, que cumprem o papel de facilitadores do processo de discussão e de pactuação, além de sistematizar as propostas apresentadas. No entanto, alguns planos apresentam-se inadequados à realidade socioambiental da região, muitos dos quais fragmentados em sua concepção e, principalmente, inadequados na sua implantação.

Nas últimas décadas também ocorreu um rápido processo de urbanização: no censo de 1980, a população urbana da UGRHI-11, antes menor que a rural, tornou-se maior, chegando em 2007 a 71,0%, contra 29,0% da rural (CBH-RB, 2008a). De acordo com dados censitários do IBGE, entre os anos de 1995 e 2005, ocorreu a redução de 33,7% de pessoas ocupadas na agricultura; concomitantemente à redução de área plantada, tanto familiar quanto em larga escala, ocorreu um crescimento do setor de serviços nos pequenos municípios (em 2001 este já representava 58,6% dos cargos ocupados na UGRHI-11), retirando o trabalhador do campo e incorrendo em um processo de esvaziamento agrícola. (CBH-RB, 2008b).

Segundo dados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (UPAs) do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2008), em 2007/2008 a maioria das UPAs, na UGRHI-11, tinham entre 2,0 e 50,0ha, representadas principalmente pelas culturas de braquiária e banana. De acordo com estes dados e com as Estatísticas Agrícolas, atualmente a bovinocultura e a bubalinocultura, juntas são as atividades agropecuárias mais representativas da região, ocupando 164.864,0ha, distribuídos em 4.798 UPAs, e perdendo, em área, apenas para a vegetação natural, com 448.002,8ha distribuídos em 7.628 UPAS.

Levando em conta, as dificuldades de implementação agrícola do Vale do Ribeira, principalmente por suas características topográficas e pedológicas, por sua falta de infraestrutura e por seus problemas fundiários, aliados aos baixos Índices de Desenvolvimento Humano e à sua importância ecológica, por abrigar os maiores remanescentes de Mata Atlântica do estado de São Paulo, o desafio atual da região é compatibilizar crescimento econômico, com equidade social e conservação ambiental.

2.2.3. Áreas de Preservação Permanente

O fenômeno de assoreamento do Rio Ribeira do Iguape está provocando a redução de sua profundidade e o consequente aumento da amplitude das enchentes, que já são favorecidas pela pluviometria e fluviometria local. O extravasamento das águas de sua calha natural em direção às várzeas gera impactos, dentre os quais se destacam: prejuízos com a perda da produção agrícola; interrupção do tráfego de estradas, inclusive com isolamento de cidades; prejuízos com a inundação de habitações e estabelecimentos comerciais; e perda de vidas humanas (DAEE, 1999). Este processo possivelmente está ocorrendo devido ao manejo inadequado de muitas áreas, como nas Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas, em encostas com declividade superior a 45° ao redor de nascentes, ao redor de lagos e reservatórios e ao longo de cursos d'água, que têm influência direta nos processos erosivos da Bacia Hidrográfica.

Desta forma, instituições governamentais, como o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), o Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira do Iguape e Litoral Sul (CBH-RB), as Secretarias do Meio Ambiente (SMA) e da Agricultura e Abastecimento (SAA) do Estado de São Paulo, o Instituto Florestal (IF) e as Universidades Estaduais (USP, Unesp, Unicamp) e as não governamentais, como a Associação dos Mineradores de Areia do Vale do Ribeira (Amavales), a Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas (Fundespa), a Fundação

SOS Mata Atlântica, o Instituto Socio-Ambiental (ISA) e o Instituto Ambiental Vidágua estão se mobilizando, através de parcerias, ou não, gerando pesquisas e projetos de extensão voltados ao estudo e à recuperação das áreas ciliares, especialmente ao longo do Rio Ribeira de Iguape e seus principais afluentes.

No entanto, as áreas ciliares - áreas contíguas às nascentes, aos corpos d'água e aos cursos d'água, iniciando-se, neste último caso, logo após as calhas dos mesmos - nos cursos d'água associados a várzeas não correspondem às Áreas de Preservação Permanente (APPs), como frequentemente observado no Baixo Ribeira. De acordo com a legislação, as APPs ao longo dos cursos d'água devem ser alocadas a partir do nível mais alto (leito maior) dos rios, e não ao leito menor (calha) e, desta forma, muitos dos dados apresentados não correspondem à realidade das APPs, mas sim, à realidade das várzeas - áreas ciliares ao longo destes cursos d'água. Estas áreas correspondem às APPs somente nos casos em que, devido ao formato da vertente, o leito maior coincide com o leito menor.

Tendo em vista a consideração acima, e a importância das áreas ciliares, onde realmente, a vegetação nativa deveria ser preservada, Clodoaldo Armando Gazzetta, biólogo e autor do Projeto APP, da Fundação SOS Mata Atlântica (que levantou a situação do uso e ocupação do solo nas áreas ciliares da calha do Rio Ribeira de Iguape, seus principais afluentes, e do Complexo Estuarino Lagunar), afirmou que a presença da pastagem aumentou em 80% sobre estas áreas entre os anos de 1985 e 1999.³

O Vale do Ribeira possui um déficit de mata ciliar da ordem de 10.542,85 hectares, uma vez que 1.054,14ha são ocupações já consolidadas, com cidades, estradas e áreas antrópicas mais densas (ISA, 2003). A falta de cobertura vegetal sobre as áreas ciliares expõe o solo à ação direta da chuva e do vento, favorecendo os efeitos erosivos, a lixiviação dos nutrientes no solo e o assoreamento, além de afetar a regularização da vazão dos cursos d'água, com prejuízos evidentes para a fauna silvestre e aquática e para a sociedade.

O Programa Microbacias, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, visa, dentre os diferentes objetivos específicos, recompor as matas ciliares e proteger os mananciais e nascentes das bacias hidrográficas mais degradadas do estado. No entanto, o coordenador do programa no município de Registro, que tem como unidade de trabalho a Microbacia Ribeirão de Registro, Sidenei Carlos França, alerta que a falta de

³ Entrevista concedida pelo Biólogo Clodoaldo Armando Gazzetta, autor do Projeto APP - Fundação SOS Mata Atlântica, em 04 set. 2007.

especialistas e investimentos põe em risco o sucesso e a continuidade do programa no município.⁴

Observou-se, desta forma, a ausência de projetos no Vale do Ribeira que considerem todas as categorias de APPs nos estudos de uso e ocupação do solo e de sua influência na Bacia Hidrográfica. A abordagem restrita às áreas ciliares de cursos d'água, não reflete a verdadeira situação das APPs, pois excluem a importante análise do uso do solo e suas consequências em outras APPs, como aquelas ao longo de cursos d'água associados a várzeas, ao redor de lagos e reservatórios, em topo de morros e em encostas com declividade acima de 45°. Muitas vezes, a ocupação inadequada destas últimas é a principal causa de impactos ambientais observados a jusante, como o assoreamento de rios e córregos; e quando combinada com eventos climáticos extremos, podem resultar em movimentos de massa de solos e outros materiais, como vem ocorrendo extensamente pelo país, inclusive no Alto do Ribeira.

Além disso, a contribuição aos órgãos de fiscalização ambiental, aos planos diretores, bem como aos proprietários no incentivo à recuperação das APPs, só existirá se estes projetos seguirem, de forma exata, o descrito na legislação pertinente a estas áreas.

2.3. Geoprocessamento e projetos ambientais

2.3.1. Sensoriamento Remoto

As aplicações de Sensoriamento Remoto têm ocorrido nas mais diferentes áreas do conhecimento, principalmente devido à crescente necessidade de entendimento da superfície terrestre e das relações entre o ambiente e as atividades humanas. São exemplos do emprego desse tipo de técnica os recobrimentos aerofotogramétricos e os imageamentos da superfície terrestre por satélites de observação dos recursos naturais.

De acordo com Carvalho *et al.* (1990), as imagens aéreas permitem a execução de várias etapas que podem contribuir no processo de manejo dos recursos naturais, tais como a identificação, descrição ou caracterização de padrões espaciais do terreno; a avaliação da disponibilidade, qualidade e quantidade de recursos localizados; e o acompanhamento das

⁴ Entrevista concedida por Sidenei Carlos França, coordenador do Programa Estadual Microbacias no município de Registro, em 04 set. 2007.

alterações e das condições desses recursos, provocadas pelo seu uso e manejo, ou por acidentes naturais ou culturais.

A demanda de produtos e serviços relacionados ao sensoriamento remoto, por parte de órgãos governamentais, não governamentais (ONGs) e particulares, para entendimento dos processos terrestres tem estimulado a oferta e desenvolvimento de novas tecnologias. Existe uma gama de produtos de sensores orbitais sendo utilizados por todos os setores em projetos ambientais, com diferentes escalas espaciais, espectrais e temporais. São exemplos as imagens dos satélites: ALOS, CBERS 1, 2 e 2-B; IKONOS I e II, LANDSAT 1, 2, 3, 5 e 7, QUICKBIRD, SPOT e TERRA. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) permite, para pesquisas e projetos sem fins lucrativos, aquisição gratuita de imagens de seu catálogo provenientes dos satélites: LANDSAT 1, 2, 3, 5 e 7; e CBERS 2 e 2-B.

2.3.2. Sistemas de Informações Geográficas (SIGs)

A habilidade de separar informações espacializadas de diversas matérias e combiná-las de acordo com um objetivo e de realizar álgebras e modelagens torna os SIGs uma ferramenta preciosa no auxílio à tomada de decisão. Segundo Medeiros e Câmara (2001), existem pelo menos quatro grandes dimensões dos problemas ligados aos estudos ambientais com uso da tecnologia de SIG: mapeamento temático, diagnóstico ambiental, avaliação de impacto ambiental e ordenamento territorial.

Amplamente utilizados em projetos ambientais dos diferentes setores (órgãos governamentais, não governamentais e empresas), existem muitos softwares de SIG, cada qual com suas potencialidades e limitações, e muitas vezes projetados com propósito específico. São exemplos: ArcGIS, GRASS, gvSIG, IDRISI, MapWindow, Quantum GIS, SPRING, TerraView, dentre muitos outros. Frequentemente são lançadas novas versões e atualizações desses softwares, aprimorando suas funcionalidades e especificidades. Dentre os citados acima, apenas o ArcGIS (ESRI) e o IDRISI (Eastman - Clark Labs) não são programas de código-aberto ou gratuitos.

Alguns órgãos do governo e institutos de pesquisa possuem grande acervo de dados base, como hidrografia, topografia, geologia, vias, dentre outros, e dados temáticos sociais e ambientais disponíveis para utilização em pesquisas científicas e projetos de interesse público. A gratuidade de dados e softwares para a comunidade científica tem estimulado o uso e

aprimoramento das técnicas de geoprocessamento em pesquisas de todas as áreas do conhecimento, principalmente nas ciências agrárias, ambientais e da Terra, como um processo visivelmente crescente nas últimas décadas.

2.3.3. Áreas de Preservação Permanente

A aplicação de técnicas de Geoprocessamento em estudos envolvendo Áreas de Preservação Permanente (APPs) vem ocorrendo no país desde a década de 1990. Entretanto, um aumento de publicações ocorreu depois da regulamentação destas áreas, com a edição das Resoluções CONAMA nº 302 e nº 303, em 2002. Após essa edição, foi possível obter parâmetros mais concisos para a sistematização da delimitação de APPs. Diferentes abordagens, quanto às categorias de APPs e quanto às metodologias utilizadas, têm sido utilizadas para delimitação e caracterização destas áreas.

Costa *et al.* (1996), a fim de delimitar e caracterizar APPs do município de Teixeira (MG), por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizaram como base a Carta Topográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) editada em 1979, em escala 1:50.000, e a Ortofotocarta Planimétrica da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), de 1987, em escala 1:10.000. O SIG foi utilizado por meio do programa IDRISI e os resultados apresentados em escala 1:10.000. Quatro categorias de APPs foram delimitadas, destas 50,54% estavam ocupadas com atividades agropecuárias e as outras (49,46%) cobertas por remanescentes florestais. Os autores concluíram que, utilizando esta metodologia, a qualidade da delimitação de APPs é proporcional à resolução espacial e à precisão topográfica.

Com intuito de reduzir a possível subjetividade da delimitação de APPs através de métodos analógicos, Hott *et al.* (2004), com a utilização de ferramentas de Geoprocessamento, desenvolveram um método para determinação automática de APPs de topo de morros e montanhas. Para tanto, realizaram um estudo para o estado de São Paulo em escala 1:250.000, e um para o município de Campinas (SP), em escala 1:50.000. No primeiro caso foi utilizado um Modelo Digital de Elevação (MDE), originário da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com 90m de resolução espacial; no segundo foi gerado um MDE, a partir de Cartas Topográficas do IBGE, com resolução de 20m. O trabalho foi realizado em ambiente SIG no programa ArcGIS 9.0. Com uma análise realizada sobre Campinas, concluíram que a utilização do método automático em escala 1:250.000 implicou

em uma redução de 76% (89km²) em relação às APPs geradas na escala de 1:50.000, propondo assim, a utilização do método em trabalhos de escala regional.

Nascimento *et al.* (2005), com base em Cartas Planialtimétricas do IBGE e imagens do satélite Ikonos II (resolução espacial de 1 a 4m) da Bacia Hidrográfica do Rio Alegre (ES), do ano de 2002, delimitaram 9.566,9ha de APPs, o que correspondeu 45,95% da área total da bacia. Destes, 7.499,7ha foram caracterizados como áreas com uso indevido, ocupadas principalmente por cafezais e pastagens, e apenas 18,61% da superfície de APPs apresentavam-se protegidas por vegetação nativa.

A fim de demonstrar a viabilidade técnica da delimitação automática de APPs, Ribeiro *et al.* (2005) vetorizaram dados da rede hidrográfica e de curvas de nível, obtidos por restituição manual de fotografias aéreas na escala 1:10.000 (SOARES *et al.*, 2002), da microbacia do córrego Paraíso (Viçosa, MG). Utilizou-se como ponto de partida a geração de um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), modelo que se destaca entre os outros por eliminar depressões espúrias do terreno. O trabalho foi realizado no programa ArcGIS 8.2 e contemplou todas as cinco categorias de APPs presentes na área de estudo, concluindo que estas ocupam mais da metade da área total da bacia. Os autores também destacaram a importância da delimitação automática na eliminação da subjetividade do processo e no favorecimento à fiscalização ambiental.

O mapeamento das APPs do município de Santo Antônio do Pinhal (SP), foi realizado em escala 1:50.000, por Catelani e Batista (2007). Para tanto foram utilizadas Cartas Topográficas do IBGE e o trabalho realizado no programa SPRING 4.2. Foram levantadas as categorias de APPs: ao longo de cursos d'água, ao redor de nascentes, áreas com declividade superior a 45°, em altitudes superiores a 1.800m, em topo de morros e em linhas de cumeada. Concluíram que 52,3% da área total do município estão em APPs e ressaltaram a subjetividade da espacialização dos limites das classes de APPs de topo de morros e linhas de cumeada.

Louzada *et al.* (2008) realizaram estudo de uso do solo em APPs no entorno do Parque Estadual da Serra do Caparaó (MG), com imagens Ikonos do ano de 2004. Utilizando os softwares IDRISI 14.0 (Kilimanjaro) e ArcGIS 9.0, observaram seis categorias de APPs e oito classes de uso do solo nestas áreas. Os autores constataram que 48,06% da área de estudo são APPs e destas 73,75% estavam ocupadas por atividades antrópicas.

A fim de discutir as Resoluções do CONAMA N° 302/2002, 303/2002 e 369/2006 e os aspectos relativos à escala e resolução de trabalho na delimitação de APPs, Cota (2008) combinou o uso de dados (topografia e hidrografia) do IBGE com imagens Landsat e dados

SRTM com imagens Ikonos. A autora concluiu que os dados 1:100.000 do IBGE e os dados SRTM são inviáveis para delimitação de APPs e que as imagens Ikonos e a extensão ArcHydro, do programa ArcGIS, apresentam grande contribuição tecnológica para este fim.

Victoria *et al.* (2008), em escala 1:250.000, delimitaram as APPs de topo de morros e montanhas do território brasileiro. Com a utilização de dados SRTM, proporcionais à escala de trabalho, e ferramentas de hidrologia do software ArcGIS, concluíram que estas áreas equivalem a 4,53% do território nacional. O estado de Santa Catarina foi o que apresentou maior área relativa às APPs (18,53%) e o Acre a menor, com 0,08% de seu território ocupado por APPs.

Com o intuito de espacializar as APPs da sub-bacia hidrográfica do Rio Camapuã/Brumado (MG) e quantificar os conflitos de uso do solo nestas áreas, Gonçalves (2009) utilizou imagem ETM (Landsat 7) e mapeou três classes de uso e ocupação do solo: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Agropecuária. As APPs correspondem a 57% da área total da sub-bacia, e destas 34,8% estão ocupadas por atividades agropecuárias. O trabalho concluiu que, apesar de 21.939,3ha de APPs estarem em conflito de uso do solo, foram mapeados 30.734,3ha de florestas em áreas passíveis de uso e, portanto, a principal causa de descumprimento da lei pode estar relacionada à falta de conhecimento da população sobre a espacialização das APPs dentro da propriedade rural.

O uso e cobertura do solo em APPs do município de Cornélio Procopio (PR) foram estudados por Trevisan e Adami (2009). O mapa uso do solo foi elaborado por Adami (2003), com imagem ETM (Landsat 7), de 2002, e para delimitação das APPs foram utilizados dados SRTM e fotografias aéreas de escala 1:25.000 (SEMA, 2008), para edição manual da rede hidrográfica. O trabalho foi realizado no software SPRING 4.2. Os autores observaram que as categorias de APPs que mais sofreram transgressão da legislação, com alteração por atividades de uso do solo, estavam localizadas ao redor das nascentes (91,58%) e nos topos de morros (90,38%).

Todos os trabalhos atribuíram, em suas conclusões, grande valor ao uso de ferramentas de Geoprocessamento na delimitação das APPs. Os métodos digitais automáticos permitem a exclusão da subjetividade de métodos manuais, sejam estes em campo ou mesmo através de SIGs. Além disso, podem servir como ferramenta para a delimitação das APPs pelos órgãos ambientais competentes, dinamizando o processo de fiscalização e monitoramento destas áreas. A comparação entre os resultados obtidos nestas pesquisas não é possível pela falta de padronização das escalas de trabalho e dos métodos utilizados, tendo em vista as diferentes interpretações da legislação pertinente.

2.3.4. Evolução do uso e ocupação do solo

Utilizando imagens orbitais TM (Landsat 5), Vieira *et al.* (2005) estudaram a evolução temporal do uso e ocupação do solo na cidade de Vitória (ES), entre os anos de 1994 e 2002. A classificação supervisionada foi realizada no software IDRISI 3.2, em que foram testados os seguintes métodos: distância mínima normalizada, distância mínima bruta, máxima verossimilhança, paralelepípedo em valores mínimos, máximos e desvio padrão. O estudo constatou que houve perda de vegetação e aumento da área urbana, com resultados diferentes para os métodos, concluindo que os da distância mínima normalizada e da máxima verossimilhança foram os que apresentaram resultados mais satisfatórios, pois ambos representaram com maior exatidão o uso e ocupação do solo.

Para o mapeamento da evolução dos usos e coberturas das terras na bacia do ribeirão das Anhumas (SP), Adami *et al.* (2007) levantaram os usos e coberturas dos anos 1962, 1972 e atual. Utilizaram no estudo aerofotos de 1962 e 1972 (transformadas em ortofotografias), ortofotografias de 2002 e imagens CBERS 2 de 2005. Após o georreferenciamento, a classificação foi realizada por interpretação visual. De 1962 à situação atual, 29% da área rural transformou-se em área urbana e 25% das áreas de vegetação sofreram o mesmo processo; no entanto, 11% das áreas rurais regeneraram-se em vegetação. O trabalho concluiu que a comparação entre as atividades de uso e cobertura das terras para as diferentes épocas possibilita vislumbrar a intensidade das alterações ambientais naquele sistema.

O uso e ocupação das terras e a dinâmica da vegetação em áreas de preservação permanente (APPs), do município de Santa Cruz da Conceição (SP), foram estudados por Fushita *et al.* (2007), comparando dados dos anos de 1962, 1972 e 2002. Os dados de hidrografia e hipsometria, do Instituto Geográfico e Cartográfico do estado de São Paulo (IGC-SP), em escala 1:10.000, foram digitalizados; no programa SPRING 4.3 foi elaborada a carta de declividade e as áreas classificadas quanto a aptidão à agricultura. No software MAPINFO 7.5, as APPs foram delimitadas e as fotografias aéreas, para os anos do estudo, foram georreferenciadas. A dinâmica do uso e ocupação foi analisada no software IDRISI 3.2 e a principal mudança observada, no uso das terras de 1962 a 2002, foi o aumento das plantações de cana-de-açúcar e a diminuição das áreas com pastagem. As APPs foram classificadas de acordo com as classes de declividade e o cenário de 2002 mostrou-se preocupante, pois 49,47% destas áreas encontravam-se sem a cobertura da vegetação natural.

Ambrósio *et al.* (2008) estudaram a dinâmica dos usos e coberturas da terra em APPs ciliares (ao longo de cursos d'água e ao redor de lagoas, lagos e reservatórios) na bacia

hidrográfica dos rios Mogi Guaçu e Pardo (SP), no período entre 1988 e 2002. Foram utilizadas imagens ETM (Landsat 7) e as classes de uso e cobertura da terra obtidas pela classificação digital, a partir do método Máxima Verossimilhança. Na bacia Mogi-Pardo 55,41% das APPs estavam no Bioma Mata Atlântica e 44,59% no Bioma Cerrado. As APPs com uso agrícola e urbano diminuíram, entre 1988 e 2002, em 2,75% e 27,22% no Bioma Mata Atlântica e em 3,62% e 21,59% no Bioma Cerrado, respectivamente. O trabalho concluiu que as dinâmicas de ocupação realçam o aumento da cana-de-açúcar e a diminuição das culturas perenes e das pastagens nestas APPs e atribuiu o aumento da cobertura florestal aos programas de recomposição de matas ciliares por parte do governo e das empresas.

Bastos Neto (2008) estudou a pertinência e compatibilidade dos dispositivos legais de proteção das APPs ao longo de cursos d'água, com as práticas socioeconômicas e culturais de um trecho do rio Itapicuru-açu, no semi-árido baiano. Para tanto, foram utilizadas imagens Ikonos de 2005 e fotografias aéreas de 1965, 1966 e 1970, tratadas e classificadas no software ArcGIS. O autor observou que a maioria dos desmatamentos ocorreu antes do Código Florestal de 1965, que definiu as APPs e que, em 2005, mais da metade das áreas ao longo do rio Itapicuru-açu estavam ocupadas por pastagens. Após realização de entrevistas, o estudo concluiu que é possível o desenvolvimento de algumas atividades de produção locais que atendam às expectativas sociais, econômicas e ambientais.

Barbosa *et al.* (2009) realizaram levantamento dos aspectos biofísicos, mapearam e quantificaram a vegetação natural e as áreas agricultáveis do município de Lagoa Seca (PB). Para tanto, foram interpretadas visualmente fotografias aéreas de 1984, analisadas imagens TM (Landsat 5) de 1989 e levantadas coordenadas pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS) em 2001. Os softwares utilizados foram o SPRING 3.0 e o CAD e a classificação supervisionada foi realizada pelo método de máxima verossimilhança. Neste período, o município perdeu 40,23% de sua vegetação natural e esta pressão ocorreu, principalmente, em decorrência da atividade agrícola. Os autores concluíram que as tecnologias de SIG são fundamentais para o resgate do passado e para o planejamento futuro da paisagem da região.

Darella e Santos (2009) realizaram estudo de análise temporal das transgressões em áreas de preservação permanente e de uso restrito, da bacia do rio Tijucas (SC). O software SPRING 4.3.3 foi utilizado para o processamento das imagens TM (Landsat 5) obtidas nos anos de 1985 e 2006. As imagens receberam tratamento para correção atmosférica utilizando método de subtração, proposto por Chavez Jr. (1988); as classificações foram realizadas pelo método de segmentação por regiões – ISOSEG (supervisionada), e pelo método Bathacharya

(não supervisionada). De acordo com os processamentos, as áreas em transgressão reduziram 30,22%, de 1985 a 2006, e este processo pode estar relacionado à evasão rural ocorrida na região entre os anos de 1991 e 2000. O trabalho concluiu que estudos futuros devem considerar as APPs de topo de morros, que na área de estudo vêm sofrendo forte pressão antrópica e que análises temporais permitem apontar tendências no uso das terras e fornecem elucidações para tomada de decisão no âmbito do planejamento territorial.

Os trabalhos revisados, de estudo da evolução do uso e ocupação do solo, utilizaram diferentes materiais, softwares e métodos de classificação, alguns deles com abordagens mais ousadas, a fim de satisfazer um objetivo específico. Estes estudos apresentam grande contribuição para o entendimento da dinâmica e da relação entre os fatores dos meios físico, biótico e antrópico na superfície terrestre e também constituem base de alta relevância para o planejamento territorial ambiental. Foram encontrados dois trabalhos de evolução do uso e ocupação do solo, em Áreas de Preservação Permanente, com enfoque nas atividades antrópicas consolidadas, no entanto estes se referiram apenas às APPs ciliares. Estudos desta natureza apresentam grande importância para entendimento da dinâmica do desmatamento e da ocupação ilegal destas áreas, bem como dos impactos gerados, ao longo dos anos, em áreas naturalmente instáveis e estratégicas para conservação do ambiente.

2.3.5. Fragilidade Ambiental

Segundo Ross (1994), a articulação e interação entre a atmosfera, a biosfera, a hidrosfera e a litosfera definem mecanismos extremamente complexos de funcionamento e de interdependência. Estudos sobre a fragilidade ambiental são de extrema importância, pois, em função das características genéticas do ambiente, analisam os diferentes graus de fragilidade/vulnerabilidade, seja ela potencial ou emergente. Os trabalhos revisados são embasados nas teorias de Tricart (1977), Ross (1990, 1994) e Crepani *et al.* (1996, 2000) e exploram diversas ferramentas de geoprocessamento.

Spörl e Ross (2004) realizaram comparação entre três modelos metodológicos aplicados ao estudo da fragilidade ambiental. Dois propostos por Ross (1994), um com apoio nos Índices de Dissecção do Relevo e o outro nas Classes de Declividade, e o terceiro proposto por Crepani *et al.* (1996), baseado nas Unidades Territoriais Básicas - UTB's. Para tanto, um estudo de caso foi abordado, os métodos foram aplicados e três cartas-síntese de fragilidade foram geradas. Posteriormente, com análise dos dados, foi realizada a comparação analítica entre os métodos. O trabalho concluiu que os modelos apresentam deficiências,

principalmente na atribuição dos pesos às variáveis, e que não é possível apontar qual o melhor modelo de fragilidade ambiental, sem a comparação destes modelos empíricos com a realidade no campo.

Kawakubo *et al.* (2005) caracterizaram empiricamente a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Córrego do Onofre, em Atibaia (SP). Foram estabelecidas três variáveis para o estudo: declividade, tipo de solo e uso da terra e cobertura vegetal. Foram elaborados dois Modelos Numéricos de Terreno (MNT): um Modelo de Grade Retangular Regular (MGRR) e um Irregular Triangular (MGIT); para teste de suas potencialidades individuais, o Plano de Informação (PI) de declividade foi elaborado a partir do MGRR; para elaboração do PI de uso da terra e cobertura vegetal foram utilizadas imagens ETM+ (Landsat 7) do ano de 1999. O estudo também verificou o uso de dois tipos de álgebra de mapas: booleano e tabela de dupla entrada. O primeiro, com duas classes: verdadeira (fragilidade Muito fraca a Média) e falsa (outras) e o segundo, com cinco classes: muito fraca, fraca, média, alta e Muito Alta. Os autores concluíram que a escolha certa do MNT e da álgebra de mapas são importantes para melhor exploração dos dados disponíveis.

Para o zoneamento ambiental da bacia do Arroio Grande (RS), Ruhoff *et al.* (2005) estabeleceram três classes de fragilidade/vulnerabilidade ambiental: bastante estável, moderadamente estável e altamente instável. O zoneamento foi elaborado a partir de variáveis, como: uso da terra, declividades, formações geológicas e formações litológicas, sendo que o mapa de cobertura e uso da terra foi obtido através de imagens ETM+ (Landsat) do ano de 2002. As classes de fragilidade das variáveis foram estabelecidas de acordo com os critérios de Ross (1994) e a fragilidade foi estipulada pela inferência *fuzzy* – processo analítico hierárquico (AHP). A conclusão do trabalho é que a inferência geográfica *fuzzy* supera tecnicamente o processo de inserção de conjuntos espaciais, como operações booleanas, e oferece uma flexibilidade muito maior sobre os problemas espaciais.

Objetivando determinar a fragilidade ambiental de área no município de Pinhais (PR), Donha *et al.* (2006) utilizaram técnicas de avaliação por múltiplos critérios do software IDRISI 3.2. Foram utilizados mapa de declividade, mapas de distância a partir dos rios, das nascentes e da represa, mapa de solos e de uso atual e distribuídos pesos a cada um dos fatores. A maior parte da área de estudo apresentou fragilidade baixa, tanto a potencial quanto a emergente. Os autores concluíram que o software utilizado e suas ferramentas são eficientes para este tipo de estudo.

Vashchenko *et al.* (2006) verificaram a fragilidade ambiental dos Picos Camacua, Camapuã e Tucum (PR) e, para tanto, basearam-se em dados de declividade, solo e vegetação,

de acordo com a metodologia de Ross (1994). Com a digitalização de mapas planialtimétricos do IBGE (1:50.000), o mapa de declividade foi elaborado no programa SPRING 4.1. Os solos foram classificados de acordo com EMBRAPA (1999), a partir de levantamento de campo e análise de laboratório. O mapeamento da vegetação foi realizado a partir do mapa digital (1:30.000) do SEMA (2002) elaborado com fotografias aéreas de 1980. Em 92% da área de estudo, a fragilidade potencial (declividade e solo) foi classificada como Muito Alta, devido à declividade acentuada e solos pouco desenvolvidos. Por causa da proteção da cobertura vegetal, 54% das áreas apresentaram fragilidade emergente (declividade, solo e cobertura vegetal) classificada como média.

Para estudar a fragilidade ambiental na bacia do Córrego Pindaíba (MG), Oliveira *et al.* (2008) utilizaram Cartas Topográficas do IBGE (1:25.000) e mapas temáticos elaborados por diversos autores. A confecção do mapa de fragilidade foi realizada no programa ArcGIS 3.2, baseada na metodologia de Ross (1994). As variáveis utilizadas foram geologia, geomorfologia e uso da terra e as classes de fragilidade encontradas na bacia foram: baixa, baixa-média, média e média-alta. Os autores concluíram que o uso da terra está desordenado em relação à morfologia do relevo e que a bacia apresenta cenários diferentes de degradação.

Stolle *et al.* (2009), aplicando um sistema baseado em lógica *fuzzy*, realizaram mapeamento da fragilidade ambiental em relação às atividades florestais, em um plantio de *Pinnus taeda* L.. As variáveis utilizadas foram: % de argila na camada superficial, % de argila na camada subsuperficial, espessura do horizonte A, profundidade efetiva e declividade do terreno, conjunto denominado “estado”; e uma série de atividades florestais, constituindo o conjunto “pressão”. Para o mapeamento foram utilizados os programas NetWeaver e ArcGIS 9.0. Os autores concluíram que o mapa serve de apoio para a tomada de decisão na seleção das técnicas de manejo e das práticas conservacionistas que devem ser adotadas.

Embora a base científica seja a mesma, diversas metodologias e abordagens vêm sendo utilizadas, de acordo com o objetivo e com os fatores que interferem no ambiente estudado. É possível observar que o uso de ferramentas de geoprocessamento em estudos de fragilidade ambiental apresenta potencial inestimável para o planejamento territorial ambiental, em diferentes escalas. Os modelos possibilitam uma análise integrada do ambiente e constituem base fundamental à tomada de decisão.

2.3.6. Vale do Ribeira

Vários estudos científicos vêm ocorrendo no Vale do Ribeira, e os ambientais, crescentes nas últimas décadas, estão fortemente relacionados ao planejamento físico-territorial e planejamento ambiental. A região apresenta grande limitação à expansão territorial e desenvolvimento das atividades humanas, devido a suas características físicas, principalmente a topografia e a natureza dos solos, a suas Unidades de Conservação, grandes áreas intocáveis e protegidas por lei, à falta de infra-estrutura e ao complexo histórico fundiário da região. Portanto, é possível observar que estes trabalhos vêm apresentando subsídios às ações de adequação e superação aos fatores limitantes da região.

Liotte (2000) realizou pesquisa para auxiliar o planejamento físico-territorial do município de Pariqueira-Açu. Para tanto, utilizou duas técnicas: *fuzzy* e booleana. Na análise booleana foram considerados os fatores: uso do solo, declividade, risco de inundação e áreas de restrições ambientais; e, na análise *fuzzy*, foram considerados: uso do solo (1998), distância da área urbana, risco de inundação, declividade, distância das principais rodovias e restrições ambientais. A classificação supervisionada do uso do solo foi realizada pelo classificador de máxima verossimilhança. O autor concluiu que a análise multicritério é uma importante ferramenta para o planejamento físico-territorial e que a análise booleana é capaz de determinar apenas áreas aptas ou inaptas ao desenvolvimento urbano; já a análise *fuzzy* é menos rígida e permite variabilidade entre as classes de aptidão ao desenvolvimento urbano.

Também utilizando técnicas de geoprocessamento, Silva (2002) elaborou um Sistema de Informações Geográficas (SIG), visando apoiar o planejamento físico-territorial do município de Iporanga. Para isso, utilizou os mapas de geologia, geomorfologia, pedologia, aptidão agrícola e capacidade de uso das terras para elaboração, por análise multicritério, de cartas de suscetibilidade aos movimentos de massa, à erosão e à subsidência. Este também gerou uma carta de cobertura do solo entre os anos de 1990 e 2000, realizando classificações não supervisionada e supervisionada no software ER Mapper 5.5. Utilizando os Planos de Informação (PI) supracitados, mais os fatores distância dos centros populacionais e distância das estradas, o autor gerou uma carta de aptidão aos diversos usos. O trabalho concluiu que o método multitemático permitiu a análise contínua de cada tema, agregando informações e a ponderação diferenciada para cada tema. Além disso, o autor considera a utilização dessas técnicas indispensáveis ao planejamento físico-territorial.

Watanabe (2003) analisou a evolução do uso do solo, de 1986 a 1999, no Parque Estadual de Jacupiranga (PEJ) e as consequências para a sua gestão ambiental. Para tanto,

utilizou como base de dados folhas do IBGE (1:50.000), imagens orbitais Landsat e dados de dois SIGs: do Projeto Olho Verde (DEPRN) e do Macrozoneamento do Vale do Ribeira (SMA). A autora realizou classificação não supervisionada no software SPRING e tabulação cruzada no IDRISI, para entendimento da evolução do uso do solo entre os anos de 1986 e 1999. Depois, comparou estes dados com a fragilidade física e a distância de rodovias. Assim, concluiu que a facilidade de acesso é o fator preponderante da degradação na porção central do PEJ e que somente a proteção legal não é suficiente para assegurar a proteção do parque, sendo necessária a elaboração de um plano de gestão territorial.

Através da integração de dados censitários com dados de sensoriamento remoto, Alves (2004) analisou os fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira. Para esse trabalho, realizou classificações não supervisionada e supervisionada, de imagens Landsat dos anos de 1981, 1990 e 1999, no software ERDAS Imagine 8.4. Foram geradas matrizes de transição para os períodos (entre os anos). Um SIG com dados censitários, malha viária, topografia, unidades de conservação, rede hidrográfica, entre outros dados, foi elaborado para cruzamento com as informações de mudanças na cobertura da terra. Os resultados mostraram que a densidade demográfica é a variável que apresenta maior associação positiva com a taxa de desmatamento recente e maior associação negativa com a porcentagem de cobertura florestal remanescente dos setores censitários rurais. Deste modo, concluiu que a densidade demográfica é o principal fator associado ao desmatamento no Vale do Ribeira.

A fim de avaliar as variações temporais de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e compará-las com mapas de potencial natural de erosão, Costa *et al.* (2007) realizaram pesquisa em área da bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape. Para análise da evolução temporal do NDVI foram utilizadas imagens TM e ETM (Landsat), dos anos de 1990 e 1999; os mapas de potencial natural de erosão foram gerados a partir da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), onde a quantidade de terra removida, por fatores naturais, é função da erosividade, da erodibilidade do solo, do comprimento do declive e do grau do declive. Em 1990, 87% e em 1999, 83% da área de estudo apresentaram-se pouco suscetíveis à erosão; as imagens de NDVI comprovaram a localização das áreas potenciais naturais de erosão.

Dalmas (2008) indicou possíveis áreas para construção de aterros de resíduos sólidos urbanos para a Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul, de acordo com as normas técnicas e ambientais, com o uso de técnicas de geoprocessamento. O autor utilizou

mapas de declividade, geologia, pedologia, cobertura vegetal, áreas de proteção ambiental, rede hidrográfica, malha viária e áreas urbanas para obtenção de áreas aptas à construção de aterros. Efetuou também estudos logísticos viabilizando o aproveitamento dos aterros por mais de um município, de acordo com a possibilidade de atendimento a valores crescentes de população até 2020. O autor concluiu que as técnicas de geoprocessamento empregadas são adequadas para este tipo de estudo, pois agregam diferentes fatores e poupam custos nas etapas iniciais de um projeto de construção de aterros, permitindo aos gestores focarem suas análises em áreas que foram pré-selecionadas.

Em estudo sobre os ambientes, uso e ocupação do solo e zoneamento estratégico para as sub-bacias dos rios Pariquera-açu e Jacupiranga, Loures (2008) mapeou os solos, a geomorfologia e os geoambientes. O mapa de geoambientes foi gerado com a associação dos dados de relevo, solos, geologia e cobertura vegetal. Por análise multicritério, gerou também uma carta de suscetibilidade à erosão, a partir dos fatores: precipitação média anual, declividade, solos, uso do solo e cobertura vegetal do ano de 2006. A análise demonstrou que 48% da área de estudo se encontram em classe de alta suscetibilidade à erosão. Através de imagens TM (Landsat 5) dos anos de 1984, 1990 e 2006 e posterior classificação, o estudo analisou a dinâmica do uso do solo e cobertura vegetal com o modelo *Land Change Modeler* do IDRISI Andes. Entre 1984 e 1990, houve acentuada perda de vegetação natural, que se deve principalmente à pastagem que cresceu sobre 22% da área. O trabalho também realizou outras análises, como o zoneamento de desenvolvimento estratégico para as sub-bacias.

Pistori e Sousa-Silva (2009), a fim de apresentar aplicações de geoprocessamento como ferramentas para o planejamento físico-territorial do baixo Ribeira, elaboraram duas cartas: de fragilidade e zoneamento ambiental. Com dados de topografia, hidrografia e sistema viário, da folha “Pariquera-açu” (IBGE, 1:50.000), e imagem ETM (Landsat 7), do ano de 2000, foram gerados alguns Modelos Digitais de Elevação (MDE), utilizados para elaboração dos mapas. Para o de fragilidade foi utilizada matriz com base nos parâmetros: relevo, solos, uso da terra e vegetação e clima. O zoneamento, com base nos dados primários e obtidos com a carta de fragilidade, foi dividido em zonas produtivas e zonas não produtivas. A carta de fragilidade mostrou que tanto os morros, quanto a planície marinha, possuem um índice de fragilidade baixo; já a área de colinas baixas e médias e a planície do rio Jacupiranga possuem índices de fragilidade de grau médio a alto. O estudo destacou a importância das práticas conservacionistas e preservacionistas em todas as zonas indicadas.

Com intuito de realizar análise geoambiental da Folha “Pariquera-Açu”, Santos *et al.* (2009) elaboraram mapeamento básico e temático para propiciar uma proposta de zoneamento ambiental, expressa cartograficamente. A cartografia básica foi adquirida, em escala 1:50.000, do IBGE e o processamento realizado no programa ArcGIS 9.1. Foram elaborados os mapas hipsométrico, clinográfico, geomorfológico e de uso e ocupação do solo (análise de imagens e campo). Posteriormente, uma carta de fragilidade foi gerada, a partir dos mapas supracitados. O zoneamento foi dividido em: zona de preservação ambiental, zona de uso sustentável e zona de urbanização consolidada. O estudo concluiu que a presente proposta de zoneamento atingiu os objetivos esperados, por apresentar uma melhor adequação das formas de uso e ocupação perante as potencialidades e fragilidades da área.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa foi verificar a evolução do uso e ocupação do solo, de 1986 a 1997 e de 1997 a 2008, e a suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (SG.23-V-A-IV-1) de escala 1: 50.000 (IBGE), visando à proposição de medidas que possam servir como subsídio ao direcionamento de ações públicas e privadas que visem ao desenvolvimento sustentável da região.

3.2. Objetivos específicos

- i.** Edição do mapa de Áreas de Preservação Permanente (APPs) da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000);
- ii.** Elaboração dos Planos de Informação (PIs) do uso e ocupação do solo na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), relativos aos anos de 1986, 1997 e 2008;
- iii.** Análise do uso e ocupação do solo nas APPs da área de estudo, nos anos de 1986, 1997 e 2008;
- iv.** Elaboração dos PIs de persistências das classes de uso e ocupação do solo, entre os anos de 1986 e 1997 e de 1997 e 2008, na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000);
- v.** Análise das persistências das classes de uso e ocupação do solo, entre os anos de 1986 e 1997 e de 1997 e 2008, nas APPs da área de estudo;
- vi.** Elaboração dos PIs de mudanças entre as classes de uso e ocupação do solo, nos períodos de 1986 e 1997 e de 1997 e 2008, na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000);
- vii.** Análise das mudanças entre as classes de uso e ocupação do solo, nos períodos de 1986 e 1997 e de 1997 e 2008, nas APPs da área de estudo;
- viii.** Construção de um PI de suscetibilidade natural à erosão da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000);
- ix.** Análise da suscetibilidade natural à erosão das APPs da área de estudo;
- x.** Elaboração de um Sistema de Informações Geográficas (SIG);
- xi.** Análise da influência das atividades de uso e ocupação do solo no ano de 2008 sobre a suscetibilidade à erosão das APPs da área de estudo;
- xii.** Análise crítica das legislações pertinentes às APPs e proposições.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

A área de estudo corresponde à Folha “Pariquera-Açu”, de escala 1:50.000 (IBGE) e sigla internacional: SG.23-V-A-IV-1, localizada na Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape, extremo sul do estado de São Paulo, entre as coordenadas 24° 30” e 24° 45’ S e 47° 45’ e 48° W (Figura 1). O estudo compreende parte dos municípios de Iguape, Jacupiranga, Pariquera-Açu, Registro e Sete Barras (Tabela 1), abrangendo cerca de 70.189 ha.

Figura 1. Localização da área de estudo (GCS/SAD69).

Tabela 1. Municípios compreendidos pela área de estudo. Área total (ha), área estudada (ha), % da área do estudo.

Município	Área do município (ha)	Área estudada (ha)	% na área estudo
Pariquera-Açu	35.974,6	31.460,7	44,8
Registro	72.244,5	25.965,7	37,0
Jacupiranga	70.484,6	9.806,4	14,0
Iguape	196.937,7	2.698,2	3,8
Sete Barras	106.431,9	258,2	0,4
Total	-----	70.189,1	100,0

Segundo dados do Sistema de Informações Geográficas da Bacia do Ribeira de Iguape e Litoral Sul v. 3.0 (consulta Internet, 18/04/2009), a geomorfologia da área de estudo, de acordo com Ross (2004), é representada, na escala 1:1.000.000, pelas unidades morfoesculturais: Depressão Tectônica do Baixo Ribeira (colinas baixas de topos convexos); Planície Costeira Iguape-Cananéia (planície marinha); Planícies e Terraços Fluviais do Baixo Ribeira (planícies fluviais); e Serra do Mar e Morros Litorâneos (morros altos com vales profundos). De acordo com Campanha (2008), a geologia é representada, na escala 1:250.000, pelas unidades geológicas: Aluviões; Filitos e Xistos finos; Granito Quartzo Diorítico e Gnaisses; Mármore; Migmatitos Estromatolíticos; e Xistos Migmatizados.

Segundo Lepsch (1999), os tipos de solos da área de estudo, na escala 1:250.000, são: Cambissolos Álico, Distrófico e Eutrófico; Latossolo Amarelo Álico; Podzólico Vermelho-amarelo Álico; Gleissolo Álico; e Organossolos Álico, Álico Soterrado e Tiomórfico.

A precipitação anual na área de estudo, de acordo com dados do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul (CBH-RB, 2007), calculada pela Drenatec, apresenta variação de 1.300 a 1.800 mm/ano.

Inserida no Bioma Mata Atlântica, a área de estudo, segundo dados do Mapa de Vegetação Remanescente do Estado de São Paulo (IF, 2004), apresenta, na escala 1:50.000, fragmentos das seguintes fisionomias: Floresta Ombrófila Densa Montana (formações primária e secundária); Floresta Ombrófila Densa Submontana (formações primária e secundária); Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (formações primária e secundária); e Formação Arbórea/Arbustiva-herbácea em Região de Várzea. O Parque Estadual Campina do Encantado (P.E.C.E) é a única Unidade de Conservação (UC) presente na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), compondo 4,15% da área de estudo.

Com área de 2.359 ha, segundo dados do Instituto Florestal, o P.E.C.E caracteriza-se por uma vegetação rica em bromélias, aráceas, mata de caxeta (*Tabebuia cassinoides*), mata de guanandi (*Caliphyllum brasiliensis*) e cambuí (*Myrciaria tenella*). No parque, também se preservam animais ameaçados de extinção como a lontra (*Lutra longicaudis*), o jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), a jaguatirica (*Leopardus pardalis*) e a suçuarana (*Puma concolor*)., além de uma grande diversidade de aves, dentre as quais as espécies de martim-pescador existentes no país e o ameaçado papagaio-de-cara-roxa (*Amazona brasiliensis*).

As atividades de uso e ocupação do solo, na área de estudo, são fortemente representadas pela agropecuária, com grande expressão da agricultura familiar (observação

peçoal). As áreas urbanas (1.205,6 ha) representam apenas 1,72% da área de estudo, de acordo com dados digitais de áreas urbanas, na escala 1:100.000, do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), embora apresente taxa de urbanização de 70,90%, segundo a Fundação SEADE (consulta Internet 12/09/10). Na Tabela 2 são apresentados, por município presente na área de estudo, dados da Fundação SEADE (2006), das produções agrícola, florestal e pecuária, para o ano de 2006. Além destas, existe expressiva produção de plantas ornamentais, em grande parte não legalizada.

Tabela 2. Produção agrícola (em ha), florestal (em ha e em kg) e pecuária (em cabeças), por município presente na área de estudo, no ano de 2006.

Produto	Produção por município				
	Pariquera-açu	Registro	Jacupiranga	Iguape	Sete Barras
Agrícola (em ha)/					
Arroz	10	45	50	100	140
Banana	274	4.320	2.260	1.545	3.800
Cana-de-açúcar	13	---	---	---	---
Caqui	---	01	---	---	---
Chá-da-índia	800	1.705	---	---	---
Feijão	25	20	50	20	10
Goiaba	387	7	60	25	479
Mandioca	---	30	40	---	15
Maracujá	150	---	20	50	20
Milho	20	50	35	50	50
Tangerina	1.330	7	---	57	---
Florestal (em ha/ Kg)/					
Borracha (ha)	---	13	---	---	---
Palmito (ha)	50	---	52	---	---
Mel de abelha (Kg)	---	---	---	2.080	---
Pecuário (em cabeças)/					
Bovinos	4.090	13.203	11.800	900	15.190
Bubalinos	1.320	4.620	140	3.400	1.880
Caprinos	20	100	20	220	80
Equinos	150	225	130	370	70
Galinhas	7.000	12.000	5.500	1.250	2.100
Galos/frangos(as)/pintos	11.000	4.000	8.000	2.600	2.000
Muare	90	---	---	250	300
Ovinos	30	100	210	190	---
Suínos	800	1.050	1.400	450	2.400

Fonte: Adaptado de Fundação SEADE (2006).

Não citada anteriormente, a mineração também é uma atividade bastante ocorrente na área de estudo. Segundo dados obtidos do SIG-RB (consulta Internet 12/01/2010), existem

nesta área um Porto de Areia, de acordo com levantamento da Associação dos Mineradores de Areia do Vale do Ribeira e Baixada Santista (AMAVALES), e também 77 registros de Títulos Minerários (Tabela 3), de acordo com o sistema SIGMINE do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). Estes títulos destinam-se à extração de areia, argila, argila refratária, argilito, calcário, carbonatito, cascalho, caulim, fosfato, quartizito, sapropelito e turfa, principalmente, para usos na construção civil e na produção de fertilizantes.

Tabela 3. Títulos minerários da área de estudo. Fase, registros (nº) e área (ha).

Títulos minerários		
Fase	Registros (nº)	Área (ha)
Requerimento de pesquisa	20	9.481
Autorização de pesquisa	20	18.033
Requerimento de lavra	06	628
Concessão de lavra	09	403
Requerimento de extração	02	09
Disponibilidade	20	12.067
Total	77	40.621

Fonte: Adaptado de DNPM (2009, *apud* SIG-RB, 2010).

4.2. Materiais e programas utilizados

Os materiais utilizados para realização do presente estudo foram:

- Carta topográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Folha “Pariquera-Açu” (SG.23-V-A-IV-1, 1:50.000);
- Fotografias aéreas, do ano de 2001, pertencentes ao levantamento do Programa de Proteção da Mata Atlântica da Secretaria do Meio Ambiente (PPMA-SMA), com escala nominal de 1:35.000;
- Imagens orbitais do satélite Landsat 5 (sensor TM), de órbita 220 e rota 077, com resolução espacial de 30m (Tabela 4), obtidas em 14 de setembro de 1986 (ID: L5TM22007719860914), em 24 de junho de 1997 (ID: L5TM22007719970624) e em 06 de junho de 2008 (L5TM22007720080606);

Tabela 4. Satélite Landsat 5 (sensor TM). Bandas, intervalos espectrais (μm) e principais características e aplicações.

SATÉLITE LANDSAT 5 - SENSOR TM		
Banda	Intervalo espectral (μm)	Principais características e aplicações
1	0,45 - 0,52	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	0,52 - 0,60	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	0,63 - 0,69	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção. Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal. Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	0,76 - 0,90	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa do dossel florestal. Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	1,55 - 1,75	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	10,4 - 12,5	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	2,08 - 2,35	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

Fonte: INPE (2008).

- Mapas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) de curvas de nível (equidistância de 20m) e de hidrografia (1:50.000), obtidos pelo SIG-RB (2008);
- Mapa geológico (CAMPANHA, 2008), de escala 1:250.000, obtido pelo SIG-RB (2009);
- Mapa pedológico (LEPSCH, 1999), de escala 1:250.000, obtido pelo SIG-RB (2009);
- Mapa pluviométrico (DRENATEC, 2007), de escala 1:250.000, obtido pelo SIG-RB (2009);
- Legislações: Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984; Constituição Federal, de 5 de outubro de 1988; Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 302 e 303, de 20 de março de 2002 e nº 369, de 28 de março de 2006, e outras de interesse secundário;
- Documentos públicos dos seguintes órgãos: Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira do Iguape e Litoral Sul (CBH-RB), Secretarias de Agricultura e Abastecimento (SAA) e de Meio Ambiente (SMA) do Estado de São Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do Estado de São Paulo, Departamento de Proteção dos Recursos Naturais (DPRN) do Estado de São Paulo, Instituto Florestal do Estado de São Paulo (IF-SP), Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados do Estado de São Paulo (SEADE), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto Socioambiental (ISA), dentre outros;
- Softwares: ArcGIS 9.2 (ESRI, 2008), ArcGIS 9.3 (ESRI, 2009), ENVI 4.6 (ITT Visual Information Solutions, 2008) e IDRISI Taiga 16.4 (EASTMAN, 2009).

4.3. Métodos

4.3.1. Padronização dos dados digitais

Todos os mapas utilizados, obtidos em formato digital, foram convertidos para a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona vinte e três – Sul (23S), e Datum South American 1969 (SAD-69), com o propósito de padronizar suas projeções.

4.3.2. Edição dos mapas de Áreas de Preservação Permanente

A edição dos mapas de Áreas de Preservação Permanente foi realizada no programa ArcGIS (versões 9.2 e 9.3), de acordo com os parâmetros, definições e limites dispostos nas Resoluções CONAMA nº 302 e 303, de 20 de março de 2002.

4.3.2.1. Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água

O mapa de Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo de cursos d'água foi elaborado a partir das seguintes definições, parâmetros e limites, presentes na Resolução CONAMA nº 303, de 2002:

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução são adotadas as seguintes definições: I - nível mais alto: nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente; [...]

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada: I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de: a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura; b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura; c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura; d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura; e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura; [...]

Inicialmente, o mapa vetorial de hidrografia foi corrigido por fotointerpretação das ortofotos, com resolução espacial aproximada de 1 m (SMA, 2001). Juntamente a esta etapa, os cursos d'água intermitentes foram acrescentados, também por fotointerpretação, da vegetação característica de várzea e da morfologia do terreno.

Posteriormente, para os cursos d'água com largura inferior a dez metros (10 m), os vetores foram passados para forma matricial, com célula de 5 m, e depois para normalização de suas larguras. Separadamente, para os rios Bamburrall, Jacupiranga, Pariquera-Açu e Ribeira de Iguape (com larguras variáveis e superiores a dez metros) foram realizadas segmentações por classes de largura (Tabela 5), relativas às diferentes categorias de Área de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água.

Tabela 5. Cursos d'água com largura superior a dez metros. Largura mínima e largura máxima aproximadas e classes de segmentação, em metros, presentes na Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000, IBGE).

Curso d'água	Largura mínima aproximada (m)	Largura máxima aproximada (m)	Classes de segmentação (m)
Bamburral	< 10	69,97	< 10 10 - 50 50 - 200
Jacupiranga	11,95	135,07	10 - 50 50 - 200
Pariquera Açu	< 10	15,73	< 10 10 - 50
Ribeira de Iguape	127,29	289,75	50 - 200 200 - 600

Em seguida, foram elaborados mapas de várzeas (área compreendida entre o leito menor e o leito maior de um curso d'água, com limite na linha média das enchentes ordinárias) para os cursos d'água com largura inferior a dez metros; para os rios citados na tabela acima, as áreas de várzea foram separadas por classe de segmento. A elaboração destes mapas foi baseada em levantamentos de campo e realizada por fotointerpretação das ortofotos. Estes foram somados à hidrografia corrigida, para delimitação, de acordo com o descrito na legislação, das Áreas de Preservação Permanente (APPs) (Figura 2). As faixas marginais de APPs foram aplicadas aos conjuntos de rios e várzeas, com a utilização da ferramenta *Buffer* e de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6. Largura dos cursos d'água e das respectivas faixas marginais de Áreas de Preservação Permanente, da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000, IBGE).

Largura do curso d'água	Área de Preservação Permanente
< 10 m	30 m
10 - 50 m	50 m
50 - 200 m	100 m
200 - 600 m	200 m

Figura 2. Forma de aplicação das Áreas de Preservação Permanente, a partir do nível mais alto (leito maior) dos cursos d'água, segundo interpretação da Resolução CONAMA nº 303, de 2002.

4.3.2.2. Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes

O mapa de Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao redor de nascentes foi elaborado a partir das seguintes definições, parâmetros e limites, presentes na Resolução CONAMA nº 303, de 2002:

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:
II - nascente ou olho d'água: local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea; [...]

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:
II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte; [...]

O mapa de nascentes foi gerado a partir dos pontos de extremidade inicial dos vetores de hidrografia, incluindo os pontos dos cursos d'água intermitentes, editados em etapa anterior. Posteriormente, foram gerados buffers de 50 m ao redor destes pontos, caracterizando as Áreas de Preservação Permanente ao redor das nascentes, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

4.3.2.3. Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos e reservatórios

O mapa de Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao redor de lagos naturais foi elaborado a partir das seguintes definições, parâmetros e limites, presentes na Resolução CONAMA nº 303, de 2002:

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada: III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de: a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas; b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros; [...]

Já o mapa de Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao redor de reservatórios artificiais foi elaborado a partir das seguintes definições, parâmetros e limites, presentes na Resolução CONAMA nº 302, de 2002:

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições: I - Reservatório artificial: acumulação não natural de água destinada a quaisquer de seus múltiplos usos; [...]

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal de: I - trinta metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais; II - quinze metros, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até dez hectares, sem prejuízo da compensação ambiental. III - quinze metros, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até vinte hectares de superfície e localizados em área rural. [...]

A delimitação destas feições, lagos e reservatórios foi realizada por fotointerpretação das ortofotos (citadas anteriormente), com resolução aproximada de 1m, e foram diferenciados pela sua forma e pela presença, ou ausência, de barragens ou diques. Para verificar se estes lagos e reservatórios eram urbanos ou rurais, o mapa vetorial das áreas urbanas (1:100.000, IGC) foi sobreposto ao mapa gerado e, então, verificou-se a disposição destes corpos d'água no terreno. Posteriormente, foi realizada a delimitação das Áreas de Preservação Permanente pelo método de *Buffer* e de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7. Corpos d'água, dimensões (em ha) e respectivas faixas marginais de Áreas de Preservação Permanente (em metros), da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000, IBGE).

Corpo d'água	Dimensão	Área de Preservação Permanente
Lago natural urbano	-----	30 m
Lago natural rural	< 20 ha	50 m
Reservatório artificial urbano	-----	30 m
Reservatório artificial rural*	< 20 ha	15 m

*Não utilizado para abastecimento público ou geração de energia elétrica.

4.3.2.4. Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas e em linhas de cumeada

O mapa de Áreas de Preservação Permanente (APPs) em topo de morros e montanhas foi elaborado a partir das seguintes definições, parâmetros e limites, presentes na Resolução CONAMA nº 303, de 2002:

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução, são adotadas as seguintes definições: IV - morro: elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade; V - montanha: elevação do terreno com cota em relação a base superior a trezentos metros; VI - base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor; [...]

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada: V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base; [...]

Parágrafo único. Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue: I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos; II - identifica-se o menor morro ou montanha; III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.

A Figura 3 apresenta um esboço dos parâmetros para definição de morro e de montanha, conforme descrito no dispositivo legal acima.

Figura 3. Esquemas ilustrativos: Parâmetros legais para definição: de morro (A) e de montanha (B), sendo h = altura e d = declividade. Fonte: Hott *et al.* (2004).

Já o mapa de Áreas de Preservação Permanente (APPs) em linhas de cumeada foi elaborado a partir das seguintes definições, parâmetros e limites, presentes na Resolução CONAMA nº 303, de 2002:

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:
VII - linha de cumeada: linha que une os pontos mais altos de uma sequência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas; [...]

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:
VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros; [...]

A Figura 4 expressa um esboço dos parâmetros e limites, para delimitação das APPs em topo de morros e montanhas e em linhas de cumeada, fixados pelo dispositivo legal citado acima.

Figura 4. Esquema ilustrativo da aplicação do terço superior (Áreas de Preservação Permanente) das elevações: A - morros ou montanhas isolados; B - conjunto de morros e/ou montanhas (com distância < 500 m); C - linhas de cumeada (conjunto de morros e/ou montanhas com distância < 1.000 m). Fonte: Hott *et al.* (2004).

Para elaboração destes mapas, inicialmente foi elaborado um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC). A confecção deste requereu a inserção de dados da rede hidrográfica, além dos dados altimétricos comumente utilizados (curvas de nível e pontos cotados). Para tanto, foi realizada uma série de correções no vetor de hidrografia: i) simplificação dos rios de margens duplas para linha de centro; ii) conexão dos segmentos constituintes da rede hidrográfica; iii) ajuste dos segmentos ao centro dos talvegues; iv) correção da direção de fluxo dos segmentos (no sentido do escoamento) (Figura 5). Em seguida o MDEHC foi gerado pelo comando *Topo to raster*, da extensão *Spatial Analyst Tools* (ArcGIS 9.3).

Figura 5. Ilustração do ajuste do vetor de hidrografia ao centro dos talvegues e correção da direção de fluxo (no sentido do escoamento).

A metodologia utilizada para confecção do mapa de APPs em topo de morros e montanhas foi embasada em Hott *et al.* (2004); e para o mapa de APPs em linhas de cumeada foi realizada uma adaptação desta mesma metodologia.

Deste modo, foram aplicados os processamentos de acordo com as etapas apresentadas na Figura 6 e utilizando módulos do software ArcGIS 9.3, como: *Hydrology* (*Spatial Analyst Tools*); *Proximity* (*Analysis Tools*); *Raster Calculator*; *Surface* (*Spatial Analyst Tools*); *Zonal Statistics* (*Spatial Analyst Tools*), dentre outros.

Figura 6. Etapas para determinação digital das Áreas de Preservação Permanente: em topo de morros e montanhas, segundo Hott *et al.* (2004); e em linhas de cumeada, adaptado de Hott *et al.* (2004).

A individualização das elevações foi realizada a partir de uma rede de drenagem numérica formada, sobre o MDEHC, pelo fluxo superficial derivado do Modelo D8 (Figura 7). Este modelo, utilizado pelo programa ArcGIS, promove a materialização dos vales existentes entre as elevações e, desta forma, juntamente com a inversão do MDEHC (Figura 8) e de sua direção de fluxo, este processamento possibilitou a obtenção dos valores de cumes e bases (Figura 9) e a consequente delimitação das elevações do terreno.

Figura 7. Ilustração do Modelo de fluxo D8, indicando como as direções de fluxo são representadas numericamente após sua determinação, com uso do MDEHC. Fonte: Hott *et al.* (2004).

Figura 8. Representação esquemática da metodologia de Hott *et al.* (2004). Fonte: Victoria *et al.* (2008).

Figura 9. Visualização tridimensional de topo e base das elevações, com base no escoamento superficial. Fonte: Hott *et al.* (2004).

4.3.3. Pré-processamento das imagens orbitais

As imagens orbitais passaram por um pré-processamento. Com a utilização do software ENVI 4.6, foram extraídos, das imagens de 1986, 1997 e 2008, polígonos estendidos da área de estudo; estes passaram pelo processo de registro com auxílio de uma imagem TM ortorretificada, de mesma órbita e rota, do ano de 1990. Este processo consistiu na coleta de pontos de controle correspondentes nas duas imagens, sendo que estes pontos foram distribuídos por todo o polígono e representados por um único pixel.

A partir destes pontos, o programa definiu um ângulo de rotação da imagem a ser registrada o mais semelhante possível à imagem base. Para tanto, foi utilizado um manual de registro de imagens para este programa (PERROTTA, 2005). Foram aceitos para correção somente pontos com erro quadrático médio (RMS) inferior a 0,6; o registro foi realizado pelo método Polinomial e a reamostragem pelo método do Vizinho Mais Próximo.

Posteriormente, com auxílio do vetor “Hidrografia” (1:50.000, CPRM), a correção geométrica foi finalizada no software ArcGIS 9.3, pelo método de transformação Polinomial de 1ª (primeira) ordem (*Georeferencing*). Foram admitidos RMS total inferiores a 25m, de acordo com as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas de Cartografia Nacional (Decreto nº 89.817 de 1984), para exatidão cartográfica equivalente a 1:50.000.

A fim de suavizar ruídos eletrônicos que ocorrem normalmente em produtos de sensoriamento remoto, um filtro Gaussiano “passa baixas”, ou de suavização, foi aplicado às

imagens TM, dos diferentes anos. De acordo com a equação (2D) Gaussiana (Equação 1), esta filtragem por convolução foi aplicada sobre matrizes bidimensionais de pixels, por esquema de janela móvel, eliminando as altas frequências pela normalização dos DNs (*Digital Numbers*) presentes em cada matriz (Figura 10).

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Figura 10. Representação gráfica (A) e matricial (B) da função Gaussiana em duas dimensões (2D).

4.3.4. Processamento das imagens orbitais (classificação do uso do solo)

Posteriormente ao pré-processamento, as imagens (TM – Landsat 5) dos anos de 1986, 1997 e 2008 foram utilizadas para o estudo de evolução do uso do solo nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000). Para tanto, inicialmente foi realizada no software ENVI 4.6, uma classificação não supervisionada, onde o agrupamento dos pixels de mesmo valor espectral ocorre sem intervenção do usuário.

O método utilizado para esta classificação foi o ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Techniques*), onde as classes são determinadas pela análise de agrupamento (*Cluster Analysis*). Neste, a distância euclidiana é utilizada como medida de similaridade para

o agrupamento dos pixels em classes. Para isso, foi estabelecido um número de classes entre 05 (cinco) e 10 (dez), de acordo com o observado em campo; um máximo de 10 (dez interações), para recálculo e reclassificação dos pixels pelos novos valores médios; e limiar de mudança (*change threshold*) de 05% (cinco por cento).

De posse da classificação não supervisionada do ano de 2008, foi realizado um levantamento de campo para definição das classes, a serem utilizadas na classificação supervisionada, e coleta de “amostras de treinamento” para esta próxima etapa. A classificação supervisionada é um processamento que requer a inserção de dados que indiquem as classes, às quais os pixels de mesma assinatura espectral pertencem.

Este processamento foi realizado no programa ArcGIS 9.3, utilizando as ferramentas: *Create Signatures* e *Maximum Likelihood Classification*, da extensão *Spatial Analyst Tools*. Como citado acima, o algoritmo utilizado para esta classificação foi o de Máxima Verossimilhança, onde a distribuição dos valores da imagem é descrita por uma função densidade de probabilidade. Este classificador avalia a probabilidade a posteriori de um determinado pixel da imagem pertencer a uma das classes de estudo, ou seja, a função de verossimilhança (L_i) representa a probabilidade a posteriori de que dado um valor radiométrico R de um pixel pertença à classe C_i , conforme apresentado na Equação 2:

$$L_i = \frac{P(R / C_i) \cdot P(C_i)}{P(R)} \quad (2)$$

O processamento foi realizado primeiramente para a imagem de 2008, com base nos dados coletados em campo e, posteriormente, para as imagens de 1997 e 1986 através de fotointerpretação. Para esta foram utilizadas, principalmente, as composições de bandas: R:G:B = 3:2:1 (0,63 - 0,69 μm : 0,52 - 0,60 μm : 0,45 - 0,52 μm), composição colorida real, e R:G:B = 5:4:3 (1,55 - 1,75 μm : 0,76 - 0,90 μm : 0,63 - 0,69 μm), de acordo com os padrões espectrais observados durante a classificação da imagem de 2008.

A fim de refinar as classificações realizadas, um filtro de suavização (passa baixas) foi aplicado sobre elas. O filtro escolhido foi o de Mediana, que, segundo Crósta (1992), é um dos filtros que melhor preserva as bordas da imagem. Nele, o pixel central é substituído pela mediana de seus vizinhos, sendo que para cada “vizinhança” os pixels são ordenados em ordem crescente de intensidade, e o valor central (mediano) da sequência é selecionado para

tal substituição (Figura 11). Para tanto, foram testados valores de “kernel” (núcleo) igual a 05 (cinco), 07 (sete) e 09 (nove) e utilizado para filtragem valor de “kernel” igual a 07 (sete).

Figura 11. Ilustração da filtragem de Mediana (substituição do pixel central).

Posteriormente, foram obtidas a matriz de confusão e seu respectivo Índice Kappa, no programa ENVI 4.5, para verificação da qualidade da classificação supervisionada do ano de 2008. Para este processamento foram utilizados 192 pontos, obtidos em março de 2010, representando a verdade de campo.

4.3.5. Modelagem das mudanças do uso do solo nas Áreas de Preservação Permanente

Esta análise foi realizada com uso do módulo *Land Change Modeler (LCM)*, do software IDRISI Taiga, e possibilitou, por meio de gráficos e mapas, a visualização das perdas e ganhos (em área) entre as diferentes classes de uso e ocupação do solo, para os intervalos temporais: de 1986 a 1997 e de 1997 a 2008. Como dados de entrada, foram utilizadas as classificações de uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente, elaboradas na etapa anterior.

4.3.6. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente

Para elaboração do Plano de Informação (PI) de suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente (APPs), foram utilizados os mapas vetoriais, de escala 1:250.000 (obtidos a partir do SIG-RB), dos seguintes fatores físicos: geologia, pedologia e isoietas (pluviometria), além do mapa matricial de declividade, obtido a partir do MDEHC (Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente), gerado em etapa anterior, com resolução espacial de 20 m. O processamento foi realizado para a Folha

“Pariquera-Açu” (1:50.000), com extração posterior das APPs, a fim de evitar “efeitos de borda” na análise em questão.

Os pesos das diferentes classes presentes na área de estudo dos fatores abordados foram atribuídos, de acordo com Crepani *et al.* (2001), em uma escala de 1,0 (baixa) a 3,0 (alta suscetibilidade) (Tabelas 8, 9, 10 e 11). Posteriormente, os dados vetoriais foram passados para a forma matricial, conforme os pesos atribuídos, no programa ArcGIS 9.3. Os dados matriciais de declividade foram reclassificados por classes de declividade e, posteriormente, os pesos atribuídos pelo módulo *Assign*, no programa IDRISI Taiga. Neste mesmo programa, todos os dados foram normalizados pela técnica *Fuzzy*, em uma escala de 0 a 255 bits.

Tabela 8. Classes do fator Geologia, observadas na área de estudo, e respectivos pesos (1,0 a 3,0), atribuídos de acordo com Crepani *et al.* (2001) para suscetibilidade à erosão.

Tipo de rochas/sedimentos	Peso
Aluviões	3,0
Filitos e Xistos Finos	2,1
Granito Quartzo Diorítico e Gnaisses	1,2
Migmatitos Estromatolíticos	1,3
Mármore	2,3
Xistos Migmatizados	2,0

Tabela 9. Classes do fator Pedologia, observadas na área de estudo, e respectivos pesos (1,0 a 3,0), atribuídos de acordo com Crepani *et al.* (2001) para suscetibilidade à erosão.

Tipo de solo	Peso
Cambissolo Álico	2,5
Cambissolo Distrófico	2,5
Cambissolo Eutrófico	2,5
Latossolo Amarelo Álico	1,0
Podzólico Vermelho-Amarelo Álico	2,0
Glei Álico	3,0
Solos Orgânicos Álicos	3,0
Solos Orgânicos Álicos Soterrados	3,0
Solos Orgânicos Tiomórficos	3,0

Tabela 10. Classes do fator Pluviometria, observadas na área de estudo, e respectivos pesos (1,0 a 3,0), atribuídos de acordo com Crepani *et al.* (2001) para suscetibilidade à erosão.

Pluviosidade Média Anual (mm)	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)*	Peso
1300	217	1,7
1400	233	1,8
1500	250	1,9
1600	267	1,9
1700	283	2,0
1800	300	2,1

*De acordo com dados de duração do período chuvoso (CBH-RB, 2007).

Tabela 11. Classes do fator Declividade, observadas na área de estudo, e respectivos pesos (1,0 a 3,0), atribuídos de acordo com Crepani *et al.* (2001) para suscetibilidade à erosão.

Classes de declividade (%)	Peso
< 3,5	1,0
3,5 - 5,8	1,1
5,8 - 8,2	1,2
8,2 - 10,3	1,3
10,3 - 12,9	1,4
12,9 - 15,1	1,5
15,1 - 17,4	1,6
17,4 - 19,8	1,7
19,8 - 22,2	1,8
22,2 - 24,5	1,9
24,5 - 27,2	2,0
27,2 - 29,6	2,1
29,6 - 32,1	2,2
32,1 - 34,6	2,3
34,6 - 37,2	2,4
37,2 - 39,8	2,5
39,8 - 42,4	2,6
42,4 - 45,3	2,7
45,3 - 48,1	2,8
48,1 - 50	2,9
> 50	3,0

A ponderação dos fatores físicos do meio, quanto à sua importância no desencadeamento natural de processos erosivos, foi baseada em conversas com especialistas, pesquisas bibliográficas e análise da distribuição das diferentes classes destes fatores na área de estudo. Este processamento foi realizado com a ferramenta *AHP – weight derivation*, do software IDRISI Taiga. Posteriormente, foi realizada a combinação linear ponderada dos

fatores, utilizando a ferramenta *MCE – multi-criteria evaluation*. As APPs foram extraídas do mapa matricial de suscetibilidade natural à erosão da Folha “Pariquera-Açu”, no programa ArcGIS 9.3. Estas imagens foram reclassificadas, com as classes de suscetibilidade natural à erosão, de acordo com a Tabela 12.

Tabela 12. Classes de suscetibilidade e respectivos intervalos de valores presentes na imagem (em bits).

Classe de suscetibilidade	Intervalo na imagem (em bits)
Muito baixa	0,001 - 51
Baixa	51,001 - 102
Média	102,001 - 153
Alta	153,001 - 204
Muito Alta	204,001 - 255

4.3.7. Elaboração do Sistema de Informações Geográficas

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é composto pelos Planos de Informações Geográficas (PIs), elaborados nas etapas anteriores e apresentados a seguir:

- PI de Áreas de Preservação Permanente (APPs) da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000);
- PIs do uso e ocupação do solo, dos anos de 1986, 1997 e 2008, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000);
- PIs das persistências das classes de uso e ocupação do solo, entre os anos de: 1986 e 1997, e 1997 e 2008, na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000);
- PIs das mudanças entre as classes de uso e ocupação do solo, entre os anos de: 1986 e 1997, e 1997 e 2008, na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000);
- PI da suscetibilidade natural à erosão da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Este SIG será disponibilizado ao público no site do Sistema de Informações da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul, após a publicação desta dissertação.

4.3.8. Levantamentos de campo

Em vários momentos do desenvolvimento da pesquisa, foram realizados levantamentos de campo, com uso de GPS (Sistema de Posicionamento Global) e de um computador de mão, com software ArcPad, para:

- análise das áreas de várzea e de seus padrões, para identificação por fotointerpretação;
- coleta de dados para “amostragem de treinamento”, utilizada nas classificações supervisionadas;
- conferência da concordância entre os dados gerados pela classificação do uso e ocupação do solo, para o ano de 2008, e o observado no campo, “*in loco*”;
- conversas com os atores envolvidos para discussão dos dados gerados e observação das dificuldades encontradas na aplicação e discussão do tema, na região.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Delimitação das Áreas de Preservação Permanente

A Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000, SG.23-V-A-IV-1) apresenta, nesta escala, as seguintes categorias de Áreas de Preservação Permanente (APPs): i) ao longo de cursos d’água; ii) ao redor de nascentes; iii) ao redor de lagos naturais e de reservatórios artificiais, rurais e urbanos; iv) em topo de morros e montanhas; v) em linhas de cumeada. Somadas, estas categorias de APPs apresentam 18.488,6ha, embora 24,3% (4.487,8ha) deste total sejam representadas pelas sobreposições de categorias de APPs como, por exemplo, a sobreposição das categorias topo de morros e montanhas e de linhas de cumeada; eliminando-as, a área de estudo apresenta 14.000,7ha de APPs, o que representa 19,9% da área total do estudo (70.189,1ha), conforme apresentado no mapa de Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000) no Apêndice A.

5.1.1. Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d’água

Para delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo de cursos d’água, posteriormente à correção do mapa vetorial de hidrografia (ajuste dos cursos d’água canalizados e inclusão da hidrografia intermitente), foi elaborado um mapa de áreas de várzeas (Figura 12), que constituem as áreas entre o leito menor (álveo) e o leito maior dos rios. Estas áreas foram delimitadas separadamente (Tabela 13), o que normalmente não ocorre nos projetos que envolvem a delimitação de APPs em escala regional, com a utilização de ferramentas de geoprocessamento.

Figura 12. Mapa de áreas de várzea da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000).

Tabela 13. Área (em ha) das várzeas delimitadas na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Cursos d'água	Área de Várzea (ha)
Curso d'água < 10m	4.029,2*
Rio Bamburral (> 10m)	18,9
Rio Jacupiranga	3.146,30
Rio Pariquera-Açu (> 10m)	3,6
Rio Ribeira de Iguape	539,8
Total	7.737,8

*Inclui as áreas de várzea dos rios Bamburral e Pariquera-Açu onde estes cursos d'água apresentam largura inferior a 10m.

A utilização das áreas de várzeas por atividades agropecuárias é bastante ocorrente na região; este fato se deve principalmente porque estas atividades apresentam topografia extremamente plana, facilitando o manejo agrícola, mecanizado ou não, e porque são comumente mais férteis, devido à deposição de sedimentos transportados pelos rios, durante as cheias. No entanto, os prejuízos que ocorrem com a invasão das águas, nos períodos de cheia podem ser maiores que os ganhos advindos de sua fertilidade natural; por isso, muitos proprietários sistematizam estas áreas com a implantação de calhas de drenagem (Figura 13) e com a criação de diques e pôlderes (Figura 14). Estes últimos referem-se ao isolamento das áreas de várzea, com sistema composto por aterros (diques), canais e comportas ou bombas, a fim de esgotar as águas pluviais para aproveitamento da área por atividades agropecuárias (DAEE, 1998), como observado na margem esquerda (no sentido do escoamento) do Rio Ribeira de Iguape, na cidade de Registro.

Figura 13. A) Sistema antrópico de drenagem em área de várzea; B) Detalhe da calha de drenagem e aproveitamento de várzea para pastoreio (ao fundo).

Figura 14. A) Dique (detalhe) para contenção da água do Rio Ribeira de Iguape em suas cheias sazonais; B) Calha (destaque) e “antiga” área de várzea (ao fundo) do Rio Ribeira de Iguape, posteriores ao dique (aterro).

Neste caso, onde foi realizado o isolamento da “antiga” área de várzea do rio Ribeira de Iguape com esgotamento de suas águas pluviais, foi considerado como leito maior o lado externo do dique que contém a invasão sazonal das águas. As calhas de drenagem, internas às várzeas sistematizadas, também tiveram em suas margens a alocação de Áreas de Preservação Permanente, considerando o propósito e as funções das mesmas.

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo de cursos d’água, na área de estudo, pertencem às classes com largura de faixa marginal de 30, 50, 100 e 200m (Tabela 14).

Tabela 14. Largura dos trechos dos cursos d'água e respectivas faixas marginais de Áreas de Preservação Permanente (APPs) presentes na Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000), ambas em metros.

Curso d'água	Largura dos trechos (m)	Faixas marginais de APPs (m)
Bamburral	< 10	30
	10 - 50	50
	50 - 200	100
Jacupiranga	10 - 50	50
	50 - 200	100
Pariquera Açu	< 10	30
	10 - 50	50
Ribeira de Iguape	50 - 200	100
	200 - 600	200
Demais rios e córregos	< 10	30

Excetuando-se as sobreposições entre as APPs ao longo de cursos d'água, a soma de suas áreas totalizou 8.762,1ha, ocupando 12,5% da área de estudo (70.189,1ha), como apresentado na Figura 15 e, em maior detalhe, no Apêndice A.

Figura 15. Mapa de Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000).

Não foi possível realizar comparação dos resultados do presente estudo com resultados de outros trabalhos, pois ainda não há uma metodologia padrão na delimitação automática de Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água. Também, não foram observados trabalhos que desenvolvessem metodologia semelhante à do presente estudo, com a segmentação dos cursos d'água de acordo com as classes, as quais se enquadram na delimitação das APPs, e definição das várzeas por fotointerpretação, para que as APPs sejam aplicadas após estas feições, como descrito na legislação.

Outros trabalhos apresentam os seguintes métodos: i) consideração de uma largura média aos cursos d'água; ii) alocação das APPs a partir do leito álveo dos cursos d'água, sem observação de seu nível mais alto (como descrito na legislação); iii) reprodução das várzeas, simplificando o nível mais alto a uma faixa paralela ao nível normal (leito álveo) dos rios, desconsiderando o fato de que as várzeas não apresentam padrão de distribuição na paisagem. No entanto, estes procedimentos parecem equivocados, uma vez que não correspondem ao descrito na legislação pertinente. Outra forma de estipular automaticamente as planícies de inundação (várzeas) e que parece estar em consonância com a legislação é observada em Dodson e Li (2000), com a geração de um modelo hidrológico, dada a precipitação máxima de uma região, e um modelo hidráulico, dada a altimetria de cada seção transversal à linha média do curso d'água, estimando o acréscimo no nível normal da lâmina d'água em época de cheia. Este método foi aplicado na delimitação de APPs em Ribeiro *et al.* (2007) e Gonçalves (2009).

5.1.2. Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes

As nascentes foram definidas com a extremidade inicial de cada segmento de curso d'água. Na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000) foram observadas 784 nascentes, incluindo-se as intermitentes. A Área de Preservação Permanente ao redor de cada nascente equivale, de acordo com a legislação (Resolução CONAMA nº 303, artigo 3º, inciso II), a uma circunferência ao seu redor com 50m de raio, ou seja, 7.854m² de área aproximadamente, totalizando 6.157.521,6m² (615,8ha). Como algumas dessas áreas extrapolam a área de estudo e também apresentam sobreposições entre si, as APPs ao redor de nascentes da área de estudo, apresentam área de 613,5ha, o que representa 0,9% da área de estudo (70.189,1ha). Estas

APPs podem ser observadas no Mapa de Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), no Apêndice A.

A comparação de dados para esta categoria de APPs (ao redor de nascentes), com ferramentas de geoprocessamento, também é prejudicada pelas diferentes interpretações, metodologias e características da área estudada. Nascimento *et al.* (2005) e Ribeiro *et al.* (2005), por exemplo, consideram como APPs de nascentes, além da área de 50m ao redor destas, as suas bacias de contribuição, superpondo-as. Além disso, as características intrínsecas de cada região, em relação ao relevo, à pluviosidade e aos diferentes tipos de vegetação implicam em diferentes redes hídricas, com variável densidade de nascentes e cursos d’água, que refletirão em dados não comparáveis quanto à ocupação das APPs ao redor de nascentes nas diferentes unidades de estudo.

5.1.3. Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos e reservatórios

A quantificação dos lagos e reservatórios rurais e urbanos na área de estudo, delimitados por fotointerpretação, na resolução de 1m é observada na Tabela 15.

Tabela 15. Quantidade (unidades) e área (hectares) dos corpos d’água da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), delimitados por fotointerpretação de ortofoto com resolução espacial de 1m.

Corpos d’água	Quantidade (unid.)	Área (ha)
Lagos rurais	141	16,1
Lagos urbanos	01	0,04
Reservatórios rurais	420	97,6
Reservatórios urbanos	05	2,8
Total	567	116,5

Quatro dos cinco reservatórios urbanos pertencem à Estação de Tratamento de Esgoto (ETA) do município de Pariquera-Açu. Os reservatórios artificiais em área rural são destinados, principalmente, à piscicultura, à dessedentação de gado e à irrigação de lavouras.

Os 141 lagos rurais apresentam área média de 0,1ha (1.138,9m²), variando de 0,004 a 1,8ha, já os 420 reservatórios rurais apresentam área média de 0,2ha (2.324,5m²), variando de 0,002 a 6,2ha. As frequências de distribuição (unidades) por área superficial (em ha) de lagos e reservatórios rurais, são apresentadas na Figura 16.

Figura 16. Frequências de distribuição (unidades) por área superficial (em ha) de lagos rurais (A) e reservatórios rurais (B), geradas pelo programa ArcGIS 9.3.

Devido à grande quantidade de reservatórios observados na área de estudo, cabe ressaltar os principais impactos ambientais causados pela criação dos mesmos. Segundo Cruz e Fabrizz (1995), os impactos são hidrológicos (qualidade da água), hidrogeológicos e sociais. Conforme o uso do reservatório a qualidade da água é afetada pela eutrofização (acúmulo de nutrientes), crescimento de fitoplânctons e macrófitas aquáticas, depósito de detritos químicos e a estratificação térmica. Os impactos hidrogeológicos interferem no padrão de escoamento, tanto a montante quanto a jusante dos cursos d'água, sendo alguns transitórios e outros permanentes; no entanto, os autores afirmam que reservatórios pequenos, como os observados na área de estudo, promovem impactos mínimos na hidrogeologia regional. As questões sociais referem-se principalmente à perda de qualidade de vida da população ribeirinha local e à jusante dos rios.

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos urbanos e rurais tomou por base o inciso III do artigo 3º da Resolução CONAMA nº 303: a APP do lago urbano foi representada por faixa marginal de 30m (alínea a) totalizando 0,5ha e as APPs dos lagos rurais, por faixa marginal de 50m (alínea b) totalizando 188,4ha; juntas, essas APPs representam 0,3% da área de estudo (70.189,1ha).

As APPs ao redor de reservatórios artificiais foram delimitadas segundo o artigo 3º da Resolução CONAMA nº 302, sendo que para os reservatórios urbanos (inciso I) foram aplicadas faixas marginais de 30m, e para os rurais, faixas marginais de 15m, de acordo com o inciso III; estes últimos por não se destinarem ao abastecimento público e à geração de energia elétrica e por apresentarem área superficial inferior a 20ha. As APPs de reservatórios urbanos somaram 4,7ha e as APPs dos reservatórios rurais 119,4ha, e juntas representam 0,2% da área de estudo (70.189,1ha).

Mesmo sendo grande a quantidade de corpos d'água, a sua pequena área superficial refletiu na baixa representação das APPs de lagos e reservatórios rurais e urbanos na área de estudo. Estas APPs totalizam área de 312,9ha (0,5% da área de estudo) e podem ser observadas no Mapa de Áreas de Preservação Permanente da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000), no Apêndice A.

Foi encontrado apenas um trabalho que objetivou a delimitação das APPs ao redor de corpos d'água de pequenas dimensões (área superficial < 20ha). Cota (2008) comparou a delimitação das categorias de APPs utilizando a base de dados cartográficos do IBGE com o emprego de dados orbitais Ikonos. A autora observou que a classe de APPs de lagos e reservatórios só pode ser delimitada com a detecção destas feições nas imagens Ikonos, por apresentarem resolução de 1m, como as ortofotos utilizadas no presente estudo. Desta forma, é possível constatar que a abordagem desta classe de APPs é restrita aos trabalhos que têm como base dados produzidos por sensoriamento remoto de alta resolução espacial, pois sem estes não é possível a determinação de corpos d'água de pequenas dimensões presentes na superfície terrestre, impossibilitando o processo de delimitação de APPs ao redor desses.

5.1.4. Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas foi possível com a geração de um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), para determinação dos cumes e das bases, e de um mapa matricial de declividade, para determinação das declividades máximas das elevações, apresentados nas Figuras 17 e 18, respectivamente.

Figura 17. Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 18. Mapa matricial de declividade da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000).

As altitudes na área de estudo variaram de 0 (zero) a 411m. As maiores elevações estão presentes nas porções oeste e sudoeste da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000) e possivelmente estão relacionadas com as unidades morfoesculturais Serra do Mar e Morros

Litorâneos (morros altos com vales profundos), presentes na área de estudo na escala 1:100.000 (ROSS, 2002). As declividades na área de estudo variam de 0 (zero) a 39,4°, as mais altas vinculadas aos morros altos com vales profundos e as mais baixas, às planícies fluviais. De posse desses dados, foi possível reconhecer as feições morros e montanhas, de acordo com o artigo 2º da Resolução CONAMA nº 303, incisos IV e VI e incisos V e VI, respectivamente.

Na área de estudo, encontram-se 328 casos de morros, montanhas e agrupamentos destes com distância inferior a 500m, segundo as definições da resolução CONAMA nº303, de 2002. As Áreas de Preservação Permanente, que correspondem ao terço superior destas fisionomias, apresentam em média 11,65ha de extensão, embora tenha sido observada uma variação de 0,03ha a 98,28ha, para as 328 áreas delimitadas (Figura 19). A extensão total ocupada por estas APPs é de 3.821,75ha, o que equivale a 5,4% da área total de estudo (70.189,1ha), como pode ser observado no mapa de Áreas de Preservação Permanente de topo de morros e montanhas da Folha Pariquera-Açu” (1:50.000) (Figura 20).

Figura 19. Frequência de distribuição (unidades) por área (em ha) das Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas e agrupamentos destes da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), geradas pelo programa ArcGIS 9.3.

Figura 20. Mapa de Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000).

A metodologia utilizada no presente estudo (HOTT *et al.*, 2004) permite comparação dos dados com os obtidos pelo mesmo, para o município de Campinas (SP), onde os autores

observaram que essa categoria de APPs representa 14,5% da área do estudo na escala 1:50.000. A maior área encontrada pelos autores para essa categoria de APPs, se comparada à encontrada à área do presente estudo (5,4%), possivelmente está relacionada às maiores altitudes do município de Campinas (máxima de 1.033m). Os autores também compararam os dados obtidos na escala 1:50.000 com a realização do mesmo procedimento na escala 1:250.000; nessa, a representação da categoria de APPs de topo de morros e montanhas para o município de Campinas foi de 3,4%, concluindo que esta metodologia deve ser aplicada em escala regional, pois, em escalas menores, as diferenças de nível entre base e cume das elevações, em parte, não podem ser detectadas. Louzada *et al.* (2009), também utilizou a metodologia de Hott *et al.* (2004) na escala 1:50.000, na determinação das APPs de topo de morros em montanhas na Microrregião de Planejamento do Caparaó (ES) e constataram que estas APPs ocupam 24,01% da área estudada, confirmando a influência topográfica nos resultados comparados, pois a sua unidade de trabalho apresenta altitudes que variam de 101 a 2.854m.

Alguns trabalhos anteriores ao de Hott *et al.* (2004) contribuíram ao desenvolvimento de técnicas ao delineamento destas APPs, como os de Ribeiro *et al.* (2002), Moreira *et al.* (2003) e Schimith *et al.* (2004), no entanto em nível de microbacia, não permitindo a extrapolação para áreas maiores.

5.1.5. Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada

As Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada foram delimitadas com a adaptação do método de Hott *et al.* (2004) para agrupamentos de morros e montanhas, considerando-se que as APPs nos divisores de água restringem-se ao local onde estes são compostos por morros e montanhas. Ou seja, onde a linha de cumeada é representada por agrupamentos de colinas (ou morrotes), não há a necessidade de preservação permanente, segundo a legislação. Foram observados 260 casos de APPs de linhas de cumeada na área de estudo, com área média de 18,9ha, variando de 0,03 a 195,1ha, como apresentado na Figura 21. Estas foram encontradas a oeste e sudoeste da área de estudo e estão relacionadas às mais altas altitudes e declividades.

Figura 21. Frequência de distribuição (unidades) por área (em ha) das Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), geradas pelo programa ArcGIS 9.3.

Somadas, as APPs em linhas de cumeada apresentam 4.905,9ha e representam 7,0% da área de estudo, como é possível observar no Mapa de Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000) (Figura 22).

Figura 22. Mapa de Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada da Folha Pariquera-Açu” (1:50.000).

Embora ainda não tenha sido observada adaptação da metodologia de Hott *et al.* (2004), conforme citado acima, as descrições de algumas metodologias observadas são semelhantes à do presente estudo. No entanto, como a maioria dos trabalhos apresenta uma bacia hidrográfica como unidade de trabalho, as representações (em %) das APPs de linhas de cumeada mostram-se muito mais altas que no presente estudo. As características, principalmente geomorfológicas, da área analisada interferem diretamente nos resultados, como a relação observada para as APPs de topo de morros e montanhas.

5.1.6. Análise do conjunto de dados

Tendo em vista a escala de trabalho 1:50.000, na área de estudo, não foram encontradas Áreas de Preservação Permanente de encostas com declividades superiores a 45° (100%). Como apresentado no mapa matricial de declividade da Folha “Pariquera-Açu”, essas APPs variam de 0 a 34,9° (81,6%).

A Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000) apresenta baixa porcentagem do conjunto das Áreas de Preservação Permanente (19,9% de sua área total) se comparada com outros estudos. Isso ocorre devido às características principalmente geomorfológicas da área de estudo. Dessas APPs, as mais representativas são as que se encontram ao longo dos cursos d’água (12,5% da área de estudo), e essa maior representatividade pode ser explicada pela forte expressão das unidades morfoesculturais Depressão Tectônica do Baixo Ribeira e Planícies e Terraços Fluviais do Baixo Ribeira (97,7% da quadrícula estudada), representadas por planícies fluviais e algumas colinas baixas de topos convexos. A segunda e a terceira categorias de APPs mais representativas são as de linhas de cumeada (7,0% da área) e de topo de morros e montanhas (5,4%), possivelmente pelo fato de estas áreas serem realmente maiores que as outras APPs, pois compreendem todo o terço superior de morros e montanhas e agrupamentos destes e não apenas faixas marginais a fisionomias, como acontece nas APPs de corpos e cursos d’água ou nascentes.

É interessante observar que os trabalhos que estudaram separadamente as categorias de APPs ao longo dos cursos d’água e linhas de cumeada, a maioria dos que tiveram como unidade de estudo bacias, microbacias ou sub-bacias hidrográficas, e que foram aqui analisados, apresentaram as APPs de linhas de cumeada como a mais representativa, como em Nascimento *et al.* (2005) e Gonçalves (2009). Ribeiro *et al.* (2005) encontraram essa categoria

como a segunda mais representativa, seguida das APPs de nascentes que consideram também a superposição das bacias de contribuição em sua metodologia. Já para a maioria dos trabalhos que não têm como unidade de estudo uma bacia hidrográfica (municípios, regiões) e que trabalharam com estas categorias separadamente, as APPs ao longo de cursos d'água foram as mais representativas, como em Costa *et al.* (1996) e Cota (2008). Embora este último não possa ser considerado um aspecto padrão, mesmo porque os trabalhos foram realizados em áreas topograficamente diferentes, sua leitura permite a reflexão da influência da unidade de estudo nos resultados obtidos.

Diante do exposto, observa-se a necessidade de padronização das categorias de APPs abordadas nos estudos e das metodologias utilizadas para sua delimitação, implicando dificuldades na comparação dos resultados com os outros aqui apresentados. Se tivesse sido possível essa comparação poderíamos colocar em pauta uma questão bastante abordada pela comunidade científica e pelos órgãos ambientais: a adequação da legislação para as diferentes localidades do país, de acordo com características geomorfológicas, hidrogeológicas, ambientais e sociais intrínsecas de cada região.

A padronização das categorias de APPs abordadas nos estudos e das metodologias utilizadas, como citada acima, também possibilitaria a criação de um banco de dados que poderia corroborar com estudos ambientais e ações governamentais, como o planejamento territorial e ambiental regional.

5.2. Evolução do uso do solo nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000)

5.2.1. Pré-processamento das imagens orbitais

Os erros quadráticos médios (RMS) do processo de registro de imagem com uso de uma imagem TM – Landsat ortorretificada, no software ENVI 4.6, das imagens orbitais TM de órbita 220 e rota 077, e RMS referentes ao processo de georreferenciamento com uso do vetor de Hidrografia (1:50.000, CPRM), realizado no software ArcGIS 9.3, estão representados na Tabela 16.

Tabela 16. Erro quadrático médio (RMS) dos processos de registro de imagem e georreferenciamento das imagens orbitais TM (órbita 220/ rota 077) utilizadas no estudo.

Imagem TM Data de obtenção	Erro quadrático médio (m)	
	Registro de Imagem	Georreferenciamento
14/09/1986	0,51	9,17
24/06/1997	0,55	8,89
06/06/2008	0,47	8,25

Os RMS foram satisfatórios, pois com valores inferiores a 25m respeitaram as Normas Técnicas de Cartografia Nacional (Decreto nº 89.817 de 1984), para exatidão cartográfica equivalente a 1:50.000.

5.2.2. Processamento das imagens orbitais (classificação do uso do solo)

As classificações não-supervisionadas das imagens TM dos anos de 1986, 1997 e 2008, obtidas pelo método ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Techniques*), foram geradas com 10 classes e constituíram o máximo de classes pré-determinadas para o processo de classificação supervisionada.

Posteriormente ao campo realizado para definição das classes de uso e ocupação do solo e coleta de “amostras de treinamento”, a classificação supervisionada foi realizada pelo método de Máxima Verossimilhança, para as três imagens dos diferentes anos, de acordo com as seguintes sete classes observadas e viáveis à classificação em imagens TM (Landsat):

- Classe 1 - Vegetação arbórea densa: formações florestais primárias e secundárias em estágio avançado de regeneração, das fisionomias Floresta Ombrófila Densa Montana, Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (Figura 23). Os reflorestamentos que eventualmente possam ter sido incluídos nesta classe, segundo dados do CBH-RB (2008), representavam, em 2001, 1,1% da área total da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul (1.706.792ha) e 0,045% da área de estudo (70.189ha).

Figura 23. Classe 1: Vegetação arbórea densa (exemplo).

- Classe 2 - Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo: devido às limitações das imagens TM (Landsat), principalmente por sua resolução espacial de 30m, originando pixels com grande mistura espectral, a fisionomia (como será tratada separadamente dentro da classe) Vegetação de várzea não teve sua resposta espectral dissociada das respostas das fisionomias Capoeira e Campo antrópico sujo. Vegetação de várzea refere-se à Formação Arbórea/Arbustiva-herbácea presentes nas regiões de várzea (Figura 24). Capoeira refere-se às Formações Secundárias das Fisionomias Florestais Atlânticas citadas na Classe 1, com presença de vegetação herbácea, forte expressão de espécies lenhosas de porte arbustivo-arbóreo e em menor quantidade (mas variável) espécies arbóreas (Figura 25). Considerado como o estágio anterior à Capoeira no processo de regeneração da flora nativa, Campo antrópico sujo refere-se à fisionomia composta por vegetação herbácea densa, associada a espécies semilenhosas e espécies lenhosas de porte arbustivo-arbóreo, essas últimas com densidade variável (Figura 26).

Figura 24. Classe 2: Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo. Fisionomia Vegetação de várzea (exemplo).

Figura 25. Classe 2: Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo. Fisionomia Capoeira (exemplo).

Figura 26. Classe 2: Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo. Fisionomia Campo antrópico sujo (exemplo).

- Classe 3 - Pastagem/campo antrópico limpo: Culturas de gramíneas exóticas para pastagem, no primeiro caso (Figura 27), e campos ocasionados pela invasão de gramíneas exóticas, após desmatamento, com controle esporádico da vegetação lenhosa arbustiva-arbórea espontânea, no segundo caso (Figura 28).

Figura 27. Classe 3: Pastagem/ campo antrópico limpo. Fisionomia Pastagem (exemplo).

Figura 28. Classe 3: Pastagem/ campo antrópico limpo. Fisionomia Campo antrópico limpo (exemplo).

- Classe 4 - Agricultura de porte herbáceo-arbustivo: abrange a teicultura (Figura 29), segunda maior atividade agrícola (em área) da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000); a citricultura (Figura 30) – segundo dados da Fundação SEADE (2006), no município de Pariquera-Açu, o cultivo de tangerina é a atividade agrícola mais expressiva em área plantada –; e outras atividades realizadas por pequenos produtores, como os cultivos de

goiaba, maracujá, arroz, plantas ornamentais etc. Devido ao fato de muitos destes cultivos não apresentarem extensão significativa para a escala do trabalho, alguns deles podem não ter sido incluídos durante o processo de classificação automática; por isso, a análise da classificação abordou principalmente as duas primeiras atividades agrícolas citadas, a teicultura e a citricultura.

Figura 29. Classe 4: Agricultura de porte herbáceo-arbustivo. Teicultura (em primeiro plano).

Figura 30. Classe 4: Agricultura de porte herbáceo-arbustivo. Citricultura.

- Classe 5 - Bananicultura: esta atividade agrícola (extensiva) foi separada em uma única classe por representar a maior área plantada da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000) e apresentar grande importância econômica, social e ambiental na região (Figura 31).

Figura 31. Classe 5: Bananicultura (exemplos).

- Classe 6 - Solo exposto: áreas que apresentam solo exposto, praticamente sem expressão vegetal (Figura 32).

Figura 32. Classe 6: Solo exposto (exemplo).

- Classe 7 - Corpo d'água: lagos, reservatórios e rios, com extensões passíveis à classificação em imagens TM (Landsat) (Figura 31).

Figura 33. Classe 7: Corpo d'água. Trecho do rio Ribeira de Iguape (exemplo).

Não foi incluída no estudo uma classe de Área urbana, devido ao caráter florestal e agrário da área de estudo. Segundo dados do IGC (1:100.000), obtidos pelo SIG-RB (2009), as áreas urbanas (administrativas) representam 1,72% (1.205,6ha) dos 70.189,1ha da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), abrangendo áreas ainda com aspecto rural. Os telhados das casas, a pavimentação ainda deficiente em alguns locais, os terrenos baldios, os terrenos utilizados para pastagem e agricultura familiar, a arborização urbana, a presença de remanescentes florestais, constituem uma resposta espectral indissociável às outras classes de uso e ocupação do solo, que impossibilitaram as áreas urbanas de constituir uma classe.

5.2.2.1. Matriz de confusão e índice Kappa

O índice Kappa obtido no software ENVI 4.6 e realizado para a classificação do ano de 2008, utilizando 192 pontos de controle (obtidos de campo – 03/2010) foi de 0,88. Segundo Landis e Koch (1977), este valor refere-se a uma classificação com qualidade excelente (Tabela 17). A matriz de confusão, entre a verdade de campo e a classificação automática, está apresentada na Tabela 18.

Tabela 17. Índice Kappa e a respectiva qualidade da classificação.

Índice Kappa	Qualidade da classificação
0,00	Péssima
0,10 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito boa
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

Tabela 18. Matriz de confusão entre a classificação automática e a verdade de campo, para as classes: Vegetação arbórea densa (1), Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo (2), Pastagem/ campo antrópico limpo (3), Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (4), Bananicultura (5), Solo exposto (6) e Corpo d'água (7).

		Verdade de campo (nº de pixels)							Total
Classe		1	2	3	4	5	6	7	
Classificação automática	1	58	0	0	2	0	0	0	60
	2	0	22	0	0	0	1	0	23
	3	0	0	30	6	0	0	0	36
	4	0	1	0	12	6	2	0	21
	5	0	0	0	0	27	0	0	27
	6	0	0	0	0	0	13	0	13
	7	0	0	0	0	0	0	12	12
	Total	58	23	30	20	33	16	12	192

5.2.2.2. Uso e ocupação do solo no ano de 1986

No mapa a seguir (Figura 34) está apresentada a classificação supervisionada da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), realizada na imagem TM de 14/09/1986.

Figura 34. Classificação automática do uso do solo na Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000), sob imagem TM (Landsat) de 14/09/1986.

Segundo a classificação realizada, no ano de 1986, 42,1% (5.889,1ha) das Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (14.000,7ha) estavam ocupadas pela classe Vegetação arbórea densa, seguida por 28,4% (3.978,5ha) de Pastagem/ campo antrópico limpo, 24,8% (3.465,9ha) de Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo, 3,8% (532,1ha) de Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (principalmente teicultura e citricultura), 0,8% (108,3ha) de Bananicultura (atividade expressiva na região) e 0,2% (26,9ha) de Solo exposto (Figura 35).

Figura 35. Uso do solo no ano de 1986 nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Embora a classe Vegetação arbórea densa seja a classe de maior expressão no conjunto das APPs da área de estudo, em 1986 os usos do solo nas categorias de APPs, analisadas separadamente, apresentaram diferentes comportamentos, como apresentado na Tabela 19. As porcentagens de ocupação, pelas classes de uso do solo, nas diferentes categorias de Áreas de Preservação Permanente da área de estudo estão apresentadas nas Figuras 36, 37, 38, 39 e 40.

Tabela 19. Uso do solo no ano 1986, de acordo com as classes: Vegetação arbórea densa (1), Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo (2), Pastagem/ campo antrópico limpo (3), Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (4), Bananicultura (5) e Solo exposto (6), nas categorias de Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Áreas de Preservação Permanente	Área ocupada (ha) no ano de 1986					
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Ao longo de cursos d'água	2700,5	2716,5	2903,9	332,0	86,9	19,7
Ao redor de nascentes	241,4	113,7	218,0	35,5	2,7	2,1
Ao redor de lagos/reservatórios	33,3	74,3	182,1	16,1	1,1	4,4
Em topo de morros e montanhas	2472,3	498,2	701,1	132,0	15,4	2,6
Em linhas de cumeada	3149,0	656,1	912,1	164,3	20,5	3,6

Figura 36. Uso do solo no ano de 1986 nas Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 37. Uso do solo no ano de 1986 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 38. Uso do solo no ano de 1986 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos e reservatórios rurais e urbanos da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 39. Uso do solo no ano de 1986 nas Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 40. Uso do solo no ano de 1986 nas Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

A localização topográfica das diferentes categorias, considerando a aptidão das terras no manejo das atividades agropecuárias, parece interferir nos resultados de uso e ocupação do solo. As categorias de APPs que em sua maioria estão associadas às baixas altitudes, como ao

redor dos corpos d'água (lagos e reservatórios) e ao longo dos cursos d'água, tiveram como mais representativa a classe de Pastagem/ campo antrópico limpo, 58,5% e 33,2% respectivamente. Esta última, assim como a categoria de APPs ao redor de nascentes, ocorrentes também em altitudes intermediárias, apresentou área semelhante para as classes Vegetação arbórea densa (30,8% e 39,5%, respectivamente) e Pastagem/ campo antrópico limpo (33,2% e 35,5%, respectivamente), implicando uma situação equilibrada, em termos de área ocupada, entre preservação e uso. As categorias de APPs presentes em maiores altitudes, em topo de morros e montanhas e em linhas de cumeada, apresentaram 64,7% e 64,2% de Vegetação arbórea densa, respectivamente, corroborando com a hipótese levantada sobre a influência da topografia no uso e ocupação do solo nas diferentes categorias de APPs.

Outro aspecto analisado é a baixa presença das classes Agricultura de porte herbáceo-arbustivo e Bananicultura em todas as categorias de APPs. Durante os trabalhos de campo foi observado que as atividades agrícolas expressivas no histórico econômico do Vale do Ribeira ocorrem em sua maioria nas várzeas (área entre os leitos menor e maior dos rios), como a rizicultura (em declínio) e a bananicultura (Figura 41), e nas colinas baixas de topo convexo, como a teicultura, onde não há APPs.

Figura 41. Exemplo de rizicultura (A) e bananicultura (B) em áreas de várzea.

A confusão metodológica de alocação das APPs a partir do nível mais baixo dos cursos d'água associados a várzeas pode refletir na inclusão destas atividades agrícolas no mapeamento do uso e ocupação do solo em APPs, indicando uma ilegalidade por essas atividades que, de acordo com a legislação, é inexistente. A sistematização e o uso das

várzeas por atividades agropecuárias são permitidos pelo Código das Águas (BRASIL, 1934b) e pelo Código Florestal (BRASIL, 1965).

5.2.2.3. Uso e ocupação do solo no ano de 1997

A classificação supervisionada da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), realizada na imagem TM de 24/06/1997, está apresentada na Figura 42.

Figura 42. Classificação automática do uso do solo na Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000), sob imagem TM (Landsat) de 24/06/1997.

Segundo a classificação supervisionada do ano de 1997, 55,5% (7.772,6ha) das Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (14.000,7ha) estavam ocupadas pela classe Vegetação arbórea densa, seguida por 26,5% (3.713,7ha) de Pastagem/ campo antrópico limpo, 14% (1.960,2ha) de Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo, 2,9% (410,2ha) de Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (principalmente teicultura e citricultura), 0,7% (93,2ha) de Solo exposto e 0,4% (50,9ha) de Bananicultura (atividade expressiva na região) (Figura 43). As áreas ocupadas pelas diferentes classes de uso e ocupação do solo, nas categorias de APPs (analisadas separadamente), estão apresentadas na Tabela 20.

Figura 43. Uso do solo no ano de 1997 nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Tabela 20. Uso do solo no ano 1997, de acordo com as classes: Vegetação arbórea densa (1), Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo (2), Pastagem/ campo antrópico limpo (3), Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (4), Bananicultura (5) e Solo exposto (6), nas categorias de Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Áreas de Preservação Permanente	Área ocupada (ha) no ano de 1997					
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Ao longo de cursos d'água	4020,5	1688,8	2640,7	288,7	47,2	74,1
Ao redor de nascentes	336,4	64,3	194,7	14,0	0,9	3,1
Ao redor de lagos/reservatórios	63,3	51,1	170,1	13,6	0,3	13,0
Em topo de morros e montanhas	2845,7	177,9	700,4	90,5	2,0	5,1
Em linhas de cumeeada	3687,2	216,4	891,5	101,7	2,3	6,6

As porcentagens de ocupação pelas classes de uso do solo, nas diferentes categorias de Áreas de Preservação Permanente da área de estudo no ano de 1997, estão apresentadas nas Figuras 44, 45, 46, 47 e 48.

Figura 44. Uso do solo no ano de 1997 nas Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000).

Figura 45. Uso do solo no ano de 1997 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000).

Figura 46. Uso do solo no ano de 1997 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos e reservatórios, rurais e urbanos, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 47. Uso do solo no ano de 1997 nas Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 48. Uso do solo no ano de 1997 nas Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Levando em consideração a conservação dos solos, dos recursos hídricos, da flora e da fauna, como funções das Áreas de Preservação Permanente (APPs), o quadro em 1997 mostrou-se mais positivo que em 1986, pois o aumento em área da Vegetação arbórea densa ocorreu em todas as categorias de APPs. Apenas nas APPs ao redor de lagos e reservatórios rurais e urbanos esta não foi a classe mais representativa em 1997, porque 54,6% destas áreas estavam ocupadas pela classe Pastagem/ campo antrópico limpo, com pequena redução de 3,9% entre os anos estudados (1986 e 1997). Neste período, esta classe, assim como, as classes Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo, Agricultura de porte herbáceo-arbustivo e Bananicultura, sofreu redução em todas as categorias de APPs.

5.2.2.4. Uso e ocupação do solo no ano de 2008

No mapa a seguir (Figura 49) está apresentada a classificação supervisionada da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), realizada na imagem TM de 06/06/2008.

Figura 49. Classificação automática do uso do solo na Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000), sob imagem TM (Landsat) de 06/06/2008.

De acordo com a classificação supervisionada realizada para o ano de 2008, 56,8% (7.954,9ha) das Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (14.000,7ha) estavam ocupadas pela classe Vegetação arbórea densa, seguida por 17,3% (2.416,2ha) de Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo, 15,8% (2.211,6ha) de Pastagem/ campo antrópico limpo, 9,0% (1.263,2ha) de Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (principalmente teicultura e citricultura), 0,6% (87,6ha) de Solo exposto e 0,5% (67,2ha) de Bananicultura (atividade expressiva na região) (Figura 50).

Figura 50. Uso do solo no ano de 2008 nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

As áreas ocupadas pelas diferentes classes de uso e ocupação do solo, nas categorias de APPs analisadas separadamente, estão apresentadas na Tabela 21. As porcentagens de ocupação pelas classes de uso do solo, nas diferentes categorias de Áreas de Preservação Permanente da área de estudo no ano de 2008, estão apresentadas nas Figuras 51, 52, 53, 54 e 55.

Tabela 21. Uso do solo no ano 2008, de acordo com as classes: Vegetação arbórea densa (1), Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo (2), Pastagem/ campo antrópico limpo (3), Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (4), Bananicultura (5) e Solo exposto (6), nas categorias de Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Áreas de Preservação Permanente	Área ocupada (há) no ano de 2008					
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Ao longo de cursos d'água	4200,0	1990,2	1547,3	889,0	59,2	76,5
Ao redor de nascentes	330,6	99,3	117,7	57,3	2,9	5,7
Ao redor de lagos/reservatórios	68,9	83,1	103,5	49,5	0,7	5,6
Em topo de morros e montanhas	2888,7	267,8	433,7	221,2	5,5	4,8
Em linhas de cumeada	3681,3	334,2	555,0	324,3	6,2	4,8

Figura 51. Uso do solo no ano de 2008 nas Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 52. Uso do solo no ano de 2008 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 53. Uso do solo no ano de 2008 nas Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos e reservatórios rurais e urbanos da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 54. Uso do solo no ano de 2008 nas Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 55. Uso do solo no ano de 2008 nas Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Novamente a aumento da Vegetação arbórea densa ocorreu em todas as categorias de APPs, indicando um processo de recomposição florestal e consequente melhora no cumprimento das funções físicas e ecológicas das diferentes categorias de APPs da área de

estudo. Apenas nas APPs ao redor de lagos e reservatórios rurais e urbanos esta classe não foi a mais representativa, situação também encontrada no ano de 1997, já que 33,2% destas áreas estavam ocupadas pela classe Pastagem/ campo antrópico limpo no ano de 2008. Embora tenha ocorrido persistência desta última classe em algumas das áreas, percebe-se sua redução crescente nos intervalos de tempo estudados. Entre os anos de 1997 e 2008, esta classe (Pastagem/campo antrópico limpo) reduziu sua área mais 21,4% nas APPs ao redor de lagos e reservatórios e, neste período, foi a única que sofreu redução em todas as categorias de APPs.

Assim como a classe de Vegetação arbórea densa, as classes Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo, Agricultura de porte herbáceo-arbustivo e Bananicultura passaram a ocupar mais áreas em todas as categorias de APPs, com destaque para a classe Agricultura de porte herbáceo-arbustivo, que passou a ocupar mais 6,1% do conjunto de APPs em estudo, com aumento de sua ocupação de 2,9%, em 1997, para 9,0%, em 2008.

5.2.3. Uso e ocupação do solo nos anos de 2009 e 2010 (registros fotográficos)

Em outubro de 2009, de posse da classificação não supervisionada, foi realizado levantamento de campo para definição das classes de uso do solo e, em março de 2010, para verificação da verdade de campo. A seguir, nas Figuras 56, 57, 58, 59 e 60, são apresentados alguns registros fotográficos da situação observada nas Áreas de Preservação Permanente.

Figura 56. Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água com vegetação florestal nativa (exemplos A e B).

Figura 57. Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água: A) com campo antrópico sujo à esquerda e limpo à direita; B) com campo antrópico sujo, destaque à escassez de água e aos resíduos sólidos no curso d'água.

Figura 58. Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes (raio de 50m), ambas com vegetação florestal nativa sobre as nascentes e no restante das APPs com campo antrópico limpo (A) e com agricultura de porte herbáceo-arbustivo (B).

Figura 59. Áreas de Preservação Permanente ao redor lagos e reservatórios com cobertura, em sua maior parte, de campo antrópico limpo (A e B) e gramínea exótica (B).

Figura 60. Áreas de Preservação Permanente: em topo de morros e montanhas e linhas de cumeada com cobertura florestal nativa (A); em topo de morro com cobertura florestal nativa em sua maior parte (B).

5.2.4. Uso e ocupação do solo entre os anos do estudo

Analisando o quadro comparativo entre as classificações de uso e ocupação do solo dos três anos estudados (Tabela 22 e Figura 61) é possível observar que as classes Vegetação arbórea densa, Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo e Pastagem/ campo antrópico limpo foram as mais frequentes nas APPs da área de estudo.

Tabela 22. Uso do solo nos anos estudados, em hectares (ha) e porcentagem (%) das Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), pelas classes de uso e ocupação do solo.

Classes de uso do solo	Ano					
	1986		1997		2008	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Vegetação arbórea densa	5.889,1	42,1	7.772,6	55,5	7.954,9	56,8
Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo	3.465,9	24,8	1.960,2	14,0	2.416,2	17,3
Pastagem/ campo antrópico limpo	3.978,5	28,4	3.713,7	26,5	2.211,6	15,8
Agricultura de porte herbáceo-arbustivo	532,1	3,8	410,2	2,9	1.263,2	9,0
Bananicultura	108,3	0,8	50,9	0,4	67,2	0,5
Solo exposto	26,9	0,2	93,2	0,7	87,6	0,6

Figura 61. Comportamento das classes de uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), entre os anos de 1986, 1997 e 2008.

Entre as classes mais frequentes nas APPs da área de estudo, o comportamento mais expressivo entre os anos de 1986 e 1997, foi o de aumento (em área) da Vegetação arbórea densa e redução da Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico e, entre os anos de 1997 e

2008, o aumento da Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico e a redução de Pastagem/ campo antrópico limpo, contribuindo com a hipótese de regeneração natural e recomposição dos ecossistemas florestais nas APPs da área de estudo (Figura 62).

Com uma matriz florestal, a área, inserida no maior contínuo de Mata Atlântica conservada do país (Vale do Ribeira e zonas costeiras), com 1.200.000ha de floresta (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2003), apresenta enorme potencial de regeneração natural e restauração de seus ecossistemas, se aliada à isenção de pressão antrópica.

Segundo o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI- 11 (CBH-RB, 2008a), cerca de 80% das terras do Vale do Ribeira e Litoral Sul apresentam restrições para a utilização agrícola e 40% encontram-se juridicamente pendentes em processo de regularização fundiária, dificultando, desta forma, inversões de capital nas terras com retorno de emprego e renda. Fortalecendo a hipótese de regeneração dos ecossistemas florestais; ainda segundo o mesmo relatório, pode se verificar que o Vale do Ribeira caminha para o esvaziamento agrícola, pois de acordo com dados censitários do IBGE, entre os anos de 1995 e 2005, ocorreu redução de 33,7% de pessoas ocupadas na agricultura. Concomitantemente a esse processo, registrou-se a redução de área plantada, tanto familiar quanto em larga escala, propiciando a retomada da vegetação nativa, e também um crescimento do setor de serviços nos pequenos municípios (em 2001, este já representava 58,6% dos cargos ocupados na UGRHI-11), retirando o trabalhador do campo.

Figura 62. Evolução no contexto funcional das Áreas de Preservação Permanente, entre as classes de uso e ocupação do solo mais frequentes nos anos estudados (1997, 1986 e 2008).

Esta hipótese foi testada com a modelagem de mudanças no uso do solo, nos intervalos entre os anos de estudo, analisando as relações de persistências e mudanças entre as classes de uso e ocupação do solo.

5.2.5. Modelagem de mudanças no uso e ocupação do solo entre os anos do estudo

Os dados apresentados a seguir foram extraídos dos mapas gerados pelo módulo *Land Change Modeler – Change Maps*, do programa IDRISI Taiga. Considerando o tamanho dos pixels das imagens utilizadas (30m) e os dados apresentados neste capítulo, mais minuciosos que os extraídos dos processamentos anteriores (realizados em outros programas – ArcGIS e ENVI), refletindo no cálculo de áreas menores, estes não apresentaram a mesma precisão dos anteriores, mas, considerando o conjunto de dados, expressaram a dinâmica, principalmente, das classes de uso do solo mais representativas nas APPs da área de estudo nos intervalos entre os anos de 1986 e 1997 e de 1997 e 2008.

5.2.5.1. Persistências das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1986 e 1997

O Mapa de persistências das classes de uso e ocupação do solo da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000) entre os anos de 1986 e 1997 (*Change Maps – Land Change Modeler*), está apresentado no Apêndice B. Nas Áreas de Preservação Permanente, de acordo com os dados extraídos do mesmo, as persistências das classes que as ocupam estão apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23. Persistências das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1986 e 1997 (em hectares e em porcentagem da área ocupada em 1986), nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Classe de uso do solo	Persistências - 1986 a 1997	
	(ha)	(%)
Vegetação arbórea densa	5.182,7	88,0
Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico limpo	907,8	26,2
Pastagem/ campo antrópico limpo	2.273,7	57,2
Agricultura de porte herbáceo-arbustivo	94,5	17,8
Bananicultura	4,9	4,5
Solo exposto	4,6	17,1
Total (APPs)	8.468,2	60,5

Das Áreas de Preservação Permanente (APPs) da área de estudo (14.000,7ha), 60,5% não apresentaram mudanças no uso e ocupação do solo entre os anos de 1986 e 1997. A classe que mais persistiu foi a Vegetação Arbórea Densa: 88,0% da área das APPs que a classe ocupava em 1986 continuava ocupada por ela em 1997, seguida por Pastagem/campo antrópico limpo, com persistência de 57,2%. As classes que mais obtiveram mudanças em área foram a Bananicultura, com apenas 4,5% de persistência, e Solo exposto, com 17,1% de persistência.

5.2.5.2. Aumentos e reduções em área das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1986 e 1997

Os aumentos e reduções de área ocorridos neste período (1986 a 1997) às classes de uso e ocupação do solo nas APPs, de acordo com o Mapa de mudanças entre as classes de uso e ocupação do solo da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000) entre os anos de 1986 e 1997 (Apêndice C), estão apresentados na Tabela 24. As inter-relações das classes de uso e

ocupação do solo, nas APPs da área de estudo, também foram extraídas deste mapa e estão apresentadas nas Figuras 63, 64, 65, 66, 67 e 68 respectivamente.

Tabela 24. Aumento, redução e saldo (em hectares) das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1986 e 1997, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Classe de uso do solo	Mudanças entre 1986 e 1997 (ha)		
	Aumento	Redução	Saldo
Vegetação arbórea densa	2.567,7	677,8	1.889,9
Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico limpo	1.028,3	2.506,8	-1.478,5
Pastagem/ campo antrópico limpo	1.401,8	1.707,7	-305,9
Agricultura de porte herbáceo-arbustivo	314,4	428,5	-114,1
Bananicultura	45,8	103,9	-58,1
Solo exposto	89,5	22,8	66,7

Contribuições das classes ao aumento de área (em ha) da Vegetação arbórea densa nas APPs (1986 - 1997)

Contribuições das classes à redução de área (em ha) da Vegetação arbórea densa nas APPs (1986 - 1997)

Figura 63. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças da classe Vegetação arbórea densa, de 1986 a 1997, nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Contribuições das classes ao aumento de área (em ha) da Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo nas APPs (1986 - 1997)

Contribuições das classes à redução de área (em ha) da Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo nas APPs (1986 - 1997)

Figura 64. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo, de 1986 a 1997, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

**Contribuições das classes ao aumento de área (em ha) da
Pastagem/ campo antrópico limpo nas APPs (1986 - 1997)**

**Contribuições das classes à redução de área (em ha) da
Pastagem/ campo antrópico limpo nas APPs (1986 - 1997)**

Figura 65. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Pastagem/campo antrópico limpo, de 1986 a 1997, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

**Contribuições das classes ao aumento (em ha) de área da
Agricultura de porte herbáceo-arbustivo nas APPs
(1986 - 1997)**

**Contribuições das classes à redução de área (em ha) da
Agricultura de porte herbáceo-arbustivo nas APPs
(1986 - 1997)**

Figura 66. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Agricultura de porte herbáceo-arbustivo, de 1986 a 1997, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

**Contribuições das classes ao aumento de área (em ha) da
Bananicultura nas APPs (1986 - 1997)**

**Contribuições das classes à redução de área (em ha) da
Bananicultura nas APPs (1986 - 1997)**

Figura 67. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Bananicultura, de 1986 a 1997, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Contribuições das classes ao aumento de área (em ha) de Solo exposto nas APPs (1986 - 1997)

Contribuições das classes à redução de área (em ha) de Solo exposto nas APPs (1986 - 1997)

Figura 68. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Solo exposto, de 1986 a 1997, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

No período de 1986 a 1997, as classes de uso e ocupação do solo Vegetação arbórea densa e Solo exposto, foram as únicas que obtiveram maiores ganhos, do que perdas em área, nas APPs da área de estudo, apresentando saldo positivo de 1.889,9ha e 66,7ha, respectivamente. As outras classes obtiveram maior redução de área, do que aumento e, portanto, apresentaram saldo negativo de área nas APPs, considerando o período estudado: -

1.478,5ha de Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo; -305,9ha de Pastagem/ campo antrópico limpo; -114,1ha de Agricultura de porte herbáceo-arbustivo; e -58,1ha de Bananicultura.

Todas as classes de uso e ocupação do solo se inter-relacionaram entre os anos de 1986 e 1997, com contribuições positivas (cedendo áreas) e negativas (subtraindo áreas). Considerando as três classes mais representativas nas APPs da área de estudo e as hipóteses de inter-relação entre elas, levantadas no capítulo anterior:

A inter-relação Vegetação arbórea densa - Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo indicou a recomposição dos ecossistemas florestais em algumas APPs da área de estudo, pois a primeira passou a ocupar, em 1997, 1.685,3ha antes (1986) ocupados pela segunda, representando a maior contribuição ao aumento da classe Vegetação arbórea densa no intervalo de tempo estudado. No entanto, em outras APPs, mesmo que em menores proporções, foi observada a redução de formações florestais em estágios avançados, considerando a inversão de 272,4ha, antes ocupados pela Vegetação arbórea densa, à Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo.

A inter-relação Vegetação arbórea densa - Pastagem/campo antrópico limpo, também contribuiu com a hipótese de recomposição dos ecossistemas florestais em APPs da área de estudo, pois 738,9ha, em 1986 ocupados pela Pastagem/campo antrópico limpo, foram cedidos à Vegetação arbórea densa, como observado em 1997. No sentido inverso, 361,5ha, antes ocupados pela Vegetação arbórea densa, foram cedidos à Pastagem/campo antrópico limpo, constituindo a maior contribuição à redução em área da primeira classe, nas APPs da área de estudo. A extração de todas as espécies arbóreas e arbustivo-arbóreas destas APPs contribui sobremaneira à desestabilização física destes ambientes.

A inter-relação Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo - Pastagem/ campo antrópico limpo promoveu incremento à primeira de 693,2ha, corroborando com a hipótese de recomposição dos ecossistemas naturais em algumas APPs da área de estudo, no entanto, a redução de 735,5ha desta, que em 1997 passaram a ser ocupados pela classe Pastagem/ campo antrópico limpo, indicou a ocorrência de desmatamentos, em maiores proporções, em outras APPs. Ambas as classes foram as que mais contribuíram a seu aumento de área nas APPs da quadrícula estudada.

Observando separadamente as classes menos observadas nas APPs da área de estudo, entre os anos de 1986 e 1997:

Excedendo a inter-relação Agricultura de porte herbáceo-arbustivo e Bananicultura, as contribuições à primeira, entre os anos estudados, constituíram um quadro de perda de área agrícola às demais classes de uso e ocupação do solo. Estas perdas estão relacionadas à Pastagem/campo antrópico limpo, que incorporou 251,4ha antes ocupados por aquela classe, Vegetação arbórea densa (113,6ha), Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo (50,0ha) e Solo exposto (10,1ha). As classes que mais contribuíram ao aumento de área da classe Agricultura de porte herbáceo-arbustivo foram a Pastagem/campo antrópico limpo, com cessão de 204,3ha, seguida por Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo, com a cessão de 58,8ha.

A maior desocupação das APPs pela classe Bananicultura, entre os anos de 1986 e 1997, é evidente considerando o balanço entre perdas e ganhos, em área, neste período. As perdas da classe Bananicultura (103,9ha) referem-se às cessões de área às classes Pastagem/campo antrópico limpo (36,0ha), Vegetação arbórea densa (28,2ha), Solo exposto (13,5ha), Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (13,4ha) e Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo (10,3ha). A ocupação de algumas APPs pela classe Bananicultura se deu, principalmente, pela cessão de áreas antes ocupadas pelas classes Pastagem/campo antrópico limpo (23,5ha) e Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo (16,9ha).

As análises do aumento e da redução em área da classe Solo exposto podem refletir situações pontuais, das datas de obtenção das imagens (14 de setembro de 1986 e 24 de junho de 1997), como as de troca ou renovação de culturas, em relação às classes Pastagem/campo antrópico limpo, Agricultura de porte herbáceo-arbustivo e Bananicultura. Estas realmente foram as que apresentaram as maiores contribuições às perdas e aos ganhos da classe Solo exposto no período, de 1986 a 1997. A classe Pastagem/campo antrópico limpo foi a que mais contribuiu com o aumento em área de Solo exposto, com cessão de 47,8ha, seguida pela Bananicultura (13,5ha). Pastagem/campo antrópico limpo também foi a que mais contribuiu à redução de área da classe em questão, incorporando 16,0ha, seguida pela Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (3,7ha). O saldo positivo de área da classe em questão, no intervalo de tempo estudado, também pode estar relacionado com o aumento da área urbana, com a qual, espectralmente, existe forte relação.

5.2.5.3. Persistências das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1997 e 2008

As persistências das classes de uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente da quadrícula estudada, entre os anos de 1997 e 2008, estão apresentadas na Tabela 25, de acordo com os dados extraídos do Mapa de persistências das classes de uso e ocupação do solo da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000) entre os anos de 1997 e 2008, apresentado no apêndice D.

Tabela 25. Persistências das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1997 e 2008 (em hectares e em porcentagem da área ocupada em 1997), nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Classe de uso do solo	Persistências – 1997 a 2008	
	ha	%
Vegetação arbórea densa	6.707,8	86,3
Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico limpo	860,2	43,9
Pastagem/campo antrópico limpo	1.628,4	43,8
Agricultura de porte herbáceo-arbustivo	140,8	34,3
Bananicultura	8,9	17,5
Solo exposto	1,1	1,2
Total	9.347,2	66,8

Das Áreas de Preservação Permanente (APPs) da área de estudo (14.000,7ha), 66,8% não apresentou mudanças no uso e ocupação do solo entre os anos de 1997 e 2008. A classe que mais persistiu foi a Vegetação Arbórea Densa, 86,3% das APPs que a classe ocupava em 1997 continuou ocupada pela mesma em 2008, seguida por Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico limpo (43,9%) e Pastagem/campo antrópico limpo (43,8%). A classe que mais obteve mudanças em área, no período, foi Solo exposto, com 1,2% de persistência, mostrando seu aspecto pontual, entre trocas ou renovações de culturas, como comentado anteriormente.

5.2.5.4. Aumentos e reduções em área das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1997 e 2008

Os aumentos e reduções de área ocorridos neste período (1997 a 2008) às classes de uso e ocupação do solo nas APPs, de acordo com o Mapa de mudanças entre as classes de uso

e ocupação do solo da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000) entre os anos de 1997 e 2008 (Apêndice E), estão apresentados na Tabela 26. As inter-relações das classes de uso e ocupação do solo, nas APPs da área de estudo, também foram extraídas deste mapa e estão apresentadas nas Figuras 69, 70, 71, 72, 73 e 74.

Tabela 26. Aumento, redução e saldo (em hectares) das classes de uso e ocupação do solo entre os anos de 1997 e 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Classe de uso do solo	Mudanças entre 1997 e 2008 (ha)		
	Aumento	Redução	Saldo
Vegetação arbórea densa	1.200,5	1.041,9	158,6
Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico limpo	1.495,4	1.069,8	425,6
Pastagem/ campo antrópico limpo	617,8	2.040,0	-1.422,2
Agricultura de porte herbáceo-arbustivo	1.092,0	265,8	826,2
Bananicultura	57,7	41,6	16,1
Solo exposto	58,0	62,3	-4,3

Contribuições das classes ao aumento de área (em ha) da Vegetação arbórea densa nas APPs (1997 - 2008)

Contribuições das classes à redução de área (em ha) da Vegetação arbórea densa nas APPs (1997 - 2008)

Figura 69. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Vegetação arbórea densa, de 1997 a 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Contribuições das classes ao aumento de área (em ha) da Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo nas APPs (1997 - 2008)

Contribuições das classes à redução de área (em ha) da Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo nas APPs (1997 - 2008)

Figura 70. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo, de 1997 a 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

**Contribuições das classes ao aumento de área (em ha) da
Pastagem/ campo antrópico limpo nas APPs (1997 - 2008)**

**Contribuições das classes à redução de área (em ha) da
Pastagem/ campo antrópico limpo nas APPs (1997 - 2008)**

Figura 71. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Pastagem/campo antrópico limpo, de 1997 a 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

**Contribuições das classes ao aumento de área (em ha) da
Agricultura de porte herbáceo-arbustivo nas APPs
(1997 - 2008)**

**Contribuições das classes à redução de área (em ha) da
Agricultura de porte herbáceo-arbustivo nas APPs
(1997 - 2008)**

Figura 72. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Agricultura de porte herbáceo-arbustivo, de 1997 a 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

**Contribuições das classes ao aumento de área (em ha) da
Banicultura nas APPs (1997 - 2008)**

**Contribuições das classes à redução de área (em ha) da
Banicultura nas APPs (1997 - 2008)**

Figura 73. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Banicultura, de 1997 a 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Contribuições das classes ao aumento de área (em ha) de Solo exposto nas APPs (1997 - 2008)

Contribuições das classes à redução de área (em ha) de Solo exposto nas APPs (1997 - 2008)

Figura 74. Contribuições das classes de uso e ocupação do solo (em hectares) às mudanças na classe Solo exposto, de 1997 a 2008, nas Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

No período de 1997 a 2008, as classes de uso e ocupação do solo que obtiveram maior aumento, que redução de área, nas APPs da área de estudo, com saldo positivo, foram: Vegetação arbórea densa (saldo positivo de 158,6ha); Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo (425,6ha); Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (826,2ha); e Bananicultura

(16,1ha). Já as classes Pastagem/ campo antrópico limpo e Solo exposto obtiveram maior redução, que aumento de área e, portanto, apresentaram saldo negativo de área nas APPs, considerando o período estudado: de -1.422,2ha e -4,3ha, respectivamente.

Todas as classes de uso e ocupação do solo se inter-relacionaram entre os anos de 1997 e 2008, com contribuições positivas (cedendo áreas) e negativas (subtraindo áreas). Considerando as três classes mais representativas nas APPs da área de estudo e as hipóteses de inter-relação entre elas, levantadas no capítulo anterior:

A inter-relação Vegetação arbórea densa - Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo continuou indicando a recomposição dos ecossistemas florestais em algumas APPs da área de estudo, pois a primeira passou a ocupar, em 2008, 704,4ha antes (1997) ocupados pela segunda, representando a maior contribuição ao aumento da classe Vegetação arbórea densa neste intervalo de tempo. No entanto, em outras APPs, mesmo que em menores proporções, como também observado anteriormente, ocorreu a redução de formações florestais em estágios avançados, considerando a inversão de 579,6ha, antes ocupados pela classe Vegetação arbórea densa, à Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo.

A inter-relação Vegetação arbórea densa - Pastagem/campo antrópico limpo, também contribuiu com a hipótese de recomposição dos ecossistemas florestais em APPs da área de estudo, pois 431,2ha, em 1997 ocupados pela Pastagem/campo antrópico limpo, foram cedidos à Vegetação arbórea densa, como observado em 2008. No sentido inverso, 212,4ha, antes ocupados pela Vegetação arbórea densa, foram cedidos à Pastagem/campo antrópico limpo. Este processo, de corte raso da vegetação, promove uma maior desestabilização física das APPs, pois contribui à compactação do solo e ao maior escoamento superficial das águas das chuvas e consequente carreamento de partículas aos corpos e cursos d'água.

A inter-relação Vegetação de várzea/ capoeira/ campo antrópico sujo - Pastagem/ campo antrópico limpo promoveu incremento à primeira de 852,2ha, constituindo a maior contribuição ao aumento de área da mesma e corroborando com a hipótese de recomposição dos ecossistemas naturais em algumas APPs da área de estudo, como também observado no período anterior. No entanto, a redução de área desta classe de 247,8ha, que em 2008 passaram a ser ocupados pela classe Pastagem/ campo antrópico limpo, indicou a ocorrência de desmatamentos, em menores proporções, em outras APPs da área de estudo.

Observando separadamente as classes menos observadas nas APPs da área de estudo, entre os anos de 1997 e 2008:

Neste período, a classe Agricultura de porte herbáceo-arbustivo incorporou mais área, antes ocupadas pelas outras classes, do que cedeu, o incremento total da mesma foi de 1.092,0ha, indicando um aumento da atividade agrícola nas APPs da área de estudo. Destes, 688,9ha foram cedidos pela classe Pastagem/campo antrópico limpo e 239,0ha pela classe Vegetação arbórea densa. As contribuições negativas, que levaram à redução de área da classe Agricultura de porte herbáceo-arbustivo, tiveram maior influência, também, pelas classes citadas acima: Pastagem/campo antrópico limpo e Vegetação arbórea densa, que incorporaram 138,4ha e 57,2ha, respectivamente.

A classe Bananicultura, entre os anos de 1997 e 2008, teve aumento de sua área nas APPs da quadrícula estudada pelas contribuições, principalmente, das classes: Pastagem/campo antrópico limpo, que cedeu 24,9ha; Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (11,7ha) e Solo exposto (11,7ha). A redução em área da classe Bananicultura, neste período, referem-se às cessões de área às classes Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (25,0ha), Vegetação arbórea densa (5,9ha) e Pastagem/campo antrópico limpo (5,7ha).

As análises do aumento e da redução em área da classe Solo exposto nas APPs da área de estudo, que podem estar refletindo situações pontuais das datas de obtenção das imagens (24 de junho de 1997 e 06 de junho de 2008) em relação às classes Pastagem/campo antrópico limpo, Agricultura de porte herbáceo-arbustivo e Bananicultura, teve suas mudanças, tanto de ganhos e perdas de área, influenciadas, principalmente, pelas classes Pastagem/campo antrópico limpo e Agricultura de porte herbáceo-arbustivo, que cederam 42,8ha e 8,0ha e incorporaram 13,5ha e 26,6ha, respectivamente.

5.2.5.5. Análise do conjunto de dados (1986 a 1997 e 1997 a 2008)

As persistências das classes de uso e ocupação do solo foram menores no primeiro período (de 1986 a 1997), do que no segundo período (de 1997 a 2008), ocupando 60,5% e 66,8%, respectivamente, das Áreas de Preservação Permanente (APPs) da Folha Pariquera-Açu (1:50.000), sendo que nos dois períodos a classe Vegetação arbórea densa foi a mais persistente (e presente) nestas áreas.

Considerando os resultados de ganhos e perdas de área das classes de uso e ocupação do solo, nas APPs da Folha Pariquera-Açu (1:50.000):

A classe Vegetação arbórea densa obteve maiores ganhos, que perdas de área, nos dois períodos do estudo, no primeiro teve maior contribuição positiva (aumento de área), pela classe Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo (1.685,3ha), comprovando a hipótese levantada antes da modelagem de mudanças no uso do solo, e maior redução de área, pela contribuição da classe Pastagem/campo antrópico limpo (361,5ha). Já no segundo período, as maiores contribuições de ganhos e perdas foram da classe Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo, com 704,4ha e 579,6ha, respectivamente, mostrando um quadro, mesmo que tênue, mais tendente à recuperação, do que à degradação, dos ecossistemas florestais das APPs da área de estudo.

A classe Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo, no primeiro período teve aumento de área proporcionado principalmente pela classe Pastagem/campo antrópico limpo (693,2ha). Neste período, sua redução de área foi relacionada, principalmente, à inter-relação citada anteriormente, a cessão de 1.685,3ha à classe Vegetação arbórea densa. No segundo período, a classe obteve maiores incrementos e o mesmo quadro se repetiu, comprovando novamente a hipótese levantada antes da modelagem de mudanças no uso do solo: a classe Pastagem/campo antrópico limpo cedeu 852,2ha à Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo e a classe Vegetação arbórea densa incorporou, da mesma, 704,4ha.

No primeiro período, a classe Pastagem/campo antrópico limpo obteve maior incremento, pela contribuição da classe Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo (735,5ha), inter-relação esta negativa pela retirada dos extratos arbustivo-arbóreo e arbóreo, promovendo maior exposição do solo à ação das chuvas; e maior redução de área, pela contribuição da classe Vegetação arbórea densa (738,9ha). Já no segundo período, a classe passou por forte perda de área: as maiores contribuições em aumento e redução foram da classe Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo, com 247,8ha e 852,2ha, respectivamente, indicando a tendência à degradação dos ecossistemas naturais em algumas APPs da área de estudo, e à recuperação, em maiores proporções, em outras.

Considerando as três classes mais representativas nas APPs da área de estudo e o balanço das inter-relações das mesmas é possível dizer, que na maior parte dos casos, a hipótese de recomposição dos ecossistemas florestais se confirmou. No entanto, mesmo que em menores proporções, também estão ocorrendo em algumas APPs redução das florestas

maduras, como na extração seletiva de espécies arbóreas (Vegetação arbórea densa - Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo) e no corte raso da vegetação nativa (Vegetação arbórea densa - Pastagem/campo antrópico limpo). Estas atividades, principalmente a extração por corte raso, incorrem não só nos impactos físicos pela ausência do extrato arbóreo no terreno, mas principalmente na diminuição abrupta de habitat e alimento à fauna silvestre. Nos casos das APPs ao longo dos cursos d'água, a vegetação nativa também serve como corredores ecológicos, e sem estes não há possibilidade de fluxo gênico entre algumas espécies da flora e da fauna, incorrendo em alguns casos à extinção das mesmas.

A classe Agricultura de porte herbáceo-arbustivo, no primeiro período obteve aumento e redução de área proporcionados, principalmente, pela classe Pastagem/campo antrópico limpo, 204,3ha e 251,4ha, respectivamente. No segundo período, quando a classe apresentou grande aumento em área, a classe Pastagem/campo antrópico limpo também foi a que mais contribuiu às perdas e aos ganhos de área da mesma, no entanto, neste período, cedendo mais áreas (688,9ha), do que subtraindo (138,4ha) da classe em questão. Dentre os impactos ambientais causados pela classe Agricultura de porte herbáceo-arbustivo, estão: a exposição do solo à ação direta das chuvas, principalmente nos períodos de trocas e renovações de culturas, e a utilização de agrotóxicos que podem, além de contaminar os solos e os recursos hídricos, prejudicar e até extinguir a microfauna do solo.

A classe Bananicultura obteve maior perda de área no primeiro período do estudo e maior ganho de área no segundo. No primeiro, as maiores contribuições ao aumento e à redução em área foram da classe Pastagem/campo antrópico limpo, com 23,5ha e 37,4ha, respectivamente. Já no segundo período, o aumento em área também foi influenciado, principalmente, pela cessão de áreas da classe Pastagem/campo antrópico limpo (24,9ha), no entanto, a redução desta classe foi relacionada à incorporação de áreas pela classe, em crescimento neste período, Agricultura de porte herbáceo-arbustivo (25,0ha). O maior impacto negativo da classe Bananicultura, considerada uma agricultura perene, não se refere a um impacto físico, mas, sim, a um impacto químico: o uso excessivo de agrotóxicos, também nesta atividade, segundo Serafim (2009), tem provocado grande contaminação das águas superficiais do Vale do Ribeira, principalmente pelas substâncias Carbofurano e Tebuconazol, trazendo prejuízos diretos às populações residentes na bacia hidrográfica.

No primeiro período, a classe Solo exposto, que pode estar refletindo situações pontuais das datas de obtenção das imagens (14 de setembro de 1986, 24 de junho de 1997 e 06 de junho de 2008), com trocas ou renovações de culturas, obteve maior aumento e redução em área, pela contribuição da classe Pastagem/campo antrópico limpo, com 47,8ha e 16,0ha, respectivamente. No segundo período, esta última também foi a classe que mais cedeu áreas (42,8ha) à classe Solo exposto, promovendo a exposição do solo à ação direta das chuvas; contudo, sua redução em área ocorreu, principalmente, pela influência da classe Agricultura de porte herbáceo-arbustivo, que incorporou 26,6ha, antes ocupados pelo Solo exposto. O Solo exposto é a classe mais agressiva, considerando os impactos físicos às APPs, pois contribui à maior propensão destes ambientes à erosão e aos movimentos de massa, com prejuízos aos solos, aos recursos hídricos e a quem deles dependem (flora, fauna e população humana).

5.3. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente

Entende-se por erosão o processo de “desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos de partículas pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais)” (IPT, 1986⁵, *apud* Santoro 2009). A erosão dos solos é um processo natural de evolução da dinâmica superficial terrestre, esta apresenta um equilíbrio dinâmico quando não há intervenções antrópicas. Com a retirada da flora nativa e a inserção de atividades produtivas (agrícolas, minerais,...) os processos erosivos tendem à aceleração saindo de seu equilíbrio.

Segundo Santoro (2009) com relação aos processos erosivos decorrentes da ação da água destacam-se dois tipos principais: a erosão laminar, produzida pelo escoamento difuso das águas de chuva, e a erosão linear, quando devido à concentração do escoamento superficial, resulta em incisões na superfície do terreno, em forma de sulcos que podem evoluir por aprofundamento, formando as ravinas. No entanto, se a erosão se desenvolve não somente pela contribuição das águas superficiais, mas também por meio das águas

⁵ INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe/Paranapanema.** São Paulo: IPT/DAEE, 1986. 6v. (IPT, Relatório 24 739).

subsuperficiais ocorre a presença do processo conhecido por boçoroca ou vossoroca. Na Figura 75 estão apresentados alguns registros de processos erosivos na área de estudo.

Figura 75. Processos erosivos registrados na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000): A) na calha do rio Ribeira de Iguape e B) em encosta desmatada.

Desta forma, os componentes do meio físico e a dinâmica dos mesmos, no ambiente em questão, devem ser entendidos para constatação da importância de cada um deles nos processos de desestabilização e degradação ambiental por processos erosivos.

Segundo Crepani *et al.* (2001), em relação à geologia local, a vulnerabilidade à denudação das rochas esta ligada à coesão das mesmas, assim para rochas pouco coesas podem prevalecer processos erosivos, enquanto que para rochas bastante coesas devem prevalecer os processos de intemperismo e formação de solos. De acordo com estes autores, as suscetibilidades à erosão, em ordem crescente, das rochas e sedimentos da área de estudo são: Granito Quartzo Diorítico e Gnaisses, Migmatitos Estromatolíticos, Xistos Migmatizados, Filitos e Xistos Finos, Mármore e Aluviões.

Ainda segundo os autores citados acima, em relação à pedologia, a vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos está relacionada a sua erodibilidade, que se apresenta em função das condições internas ou intrínsecas do solo, como sua composição mineralógica e granulométrica e características físicas e químicas, e das suas condições externas ou atributos da superfície do solo, relacionadas a seu manejo. As suscetibilidades à erosão, em ordem crescente, dos tipos de solos da área de estudo são: Latossolo Amarelo Álico, Podzólico Vermelho-Amarelo Álico, Cambissolo (Álico, Distrófico e Eutrófico), Glei Álico e Solos Orgânicos (Álicos, Álicos Soterrados e Tiomórficos).

Em relação à declividade do terreno, devido à ação da gravidade, quanto mais acentuada for a inclinação da rampa mais suscetível o terreno estará aos processos erosivos; e no tocante à pluviosidade, segundo aqueles autores, a erosividade das chuvas é condicionada pela intensidade pluviométrica e pela distribuição sazonal das chuvas, quanto maior a intensidade pluviométrica e menor o intervalo de tempo que ocorre a precipitação, mais suscetível o terreno estará à erosão.

Os pesos atribuídos aos fatores naturais citados acima, conforme as características da área de estudo, foram embasados em conversas com especialistas e pesquisas bibliográficas e estão apresentados a seguir:

- Geologia: 0,0758;
- Declividade: 0,2108;
- Pluviosidade: 0,2982;
- Pedologia: 0,4152.

A razão de consistência entre os pesos, igual a zero, demonstrou coerência das relações de importância consideradas na análise. Segundo Carvalho e Riedel (2005), quanto mais próxima de zero for a razão de consistência, mais coerente será o modelo, caso esta seja superior a 0,1, o julgamento dos condicionantes deve ser refeito.

O mapa de suscetibilidade natural à erosão das APPs da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), de acordo com a classificação de Crepani *et al.* (2001), está apresentado Figura 76.

Figura 76. Mapa matricial de suscetibilidade natural à erosão da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), de acordo com os fatores naturais: geologia, pedologia, pluviosidade e declividade.

A baixo, na Figura 77, as classificações da suscetibilidade natural á erosão, como Muito baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta, para as APPs da área de estudo.

Figura 77. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Dos 14.000,7ha de Áreas de Preservação Permanente (APPs) na área de estudo, 68,1% apresentaram alta suscetibilidade natural à erosão, seguida por Muito Alta (25,7%) e média suscetibilidade (6,2 %). As classes Muito baixa e Baixa suscetibilidade não foram observadas, indicando a necessidade de preservação dos ambientes naturais na maioria das APPs observadas.

Nas Figuras 78, 79, 80, 81 e 82 são apresentadas as classificações da suscetibilidade natural á erosão para as diferentes categorias de APPs: ao longo de cursos d’água, ao redor de nascentes, ao redor de lagos e reservatórios, em topo de morros e montanhas e em linhas de cumeada, respectivamente.

Figura 78. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000).

Figura 79. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000).

Figura 80. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente ao redor de lagos e reservatórios, artificiais e urbanos, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 81. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente em topo de morros e montanhas, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

Figura 82. Suscetibilidade natural à erosão das Áreas de Preservação Permanente em linhas de cumeada, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000).

A classe de Alta suscetibilidade natural à erosão foi a mais presente em todas as categorias de APPs da área de estudo, com presença mínima de 62,4%, nas APPs ao redor de lagos e reservatórios, e máxima de 77,6%, nas APPs em topo de morros e montanhas, esta última possivelmente associada às altas declividades observadas nestas áreas.

A classe Muito Alta foi a segunda mais observada, também, em todas as categorias de APPs, com presença mínima de 17,5%, nas APPs ao redor de nascentes, e máxima de 26,7%, nas APPs ao longo dos cursos d’água, aspecto que deve ser bastante observado, estas APPs, em muitas vezes, encontram-se em áreas agricultáveis, com menores altitudes e mais férteis. Nestas se o manejo não for ambientalmente adequado, além das possíveis contaminações químicas, poderão ocorrer grandes carreamentos de solos e sedimentos aos cursos d’água, afetando toda a bacia hidrográfica e as populações nela residentes. A jusante destas áreas, além da perda de qualidade da água, o assoreamento e redução das calhas dos rios promovem enchentes, cada vez mais catastróficas, como as observadas na região no último período chuvoso (2009/2010).

A classe de suscetibilidade Média à erosão foi a menos observada em todas as categorias de APPs, com presença mínima de 0,5%, nas APPs em linhas de cumeada, e máxima de 19,1%, nas APPs ao redor de lagos e reservatórios, rurais e urbanos. Este fato está possivelmente relacionado às declividades dos terrenos em que estas APPs se encontram, diferentemente de outras categorias de APPs, como as ao longo de cursos d’água e ao redor de

nascentes, as APPs de linhas de cumeeada ocorrem apenas em áreas de declividade acentuada, enquanto as APPs ao redor de lagos e reservatórios estão presentes apenas em áreas com baixa declividade.

5.4. Análise do conjunto de dados e proposições

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) apresentam, segundo o Código Florestal (BRASIL, 1965, Art. 1º, Inciso II), “[...] função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.” A existência das APPs e as funções físicas a elas agregadas mostram-se coerentes, tendo em vista as características das áreas em que foram definidas, pois essas apresentam propensão natural à desestabilização e consequente degradação do ambiente.

Os impactos ambientais causados pelas atividades de uso e ocupação do solo sobre as APPs geram não apenas influência local, mas a toda a bacia hidrográfica na qual essas atividades estão inseridas, devido à relação intrínseca entre a estabilidade destas áreas e o bom funcionamento do sistema complexo, que é uma bacia hidrográfica. A recarga do lençol freático e dos cursos d’água, a qualidade da água e dos solos e a estabilidade geológica e pedológica, só são possíveis se as APPs tiverem sua vegetação nativa preservada, ou se as atividades que as ocupam forem manejadas visando à mitigação dos impactos negativos, a fim de preservar a estabilidade destes ambientes.

O entendimento da fragilidade física natural das APPs, considerando a vasta diversidade de ambientes, pode colaborar ao desenvolvimento sustentável, principalmente de pequenas propriedades, levando em consideração não somente o aspecto ambiental destas áreas, mas também os aspectos social e econômico. Áreas com alta fragilidade física devem ter seus ambientes naturais preservados, mas áreas com baixa fragilidade física podem ceder a usos ambientalmente adequados às Áreas de Preservação Permanente, se analisadas desta forma e levando a efeito a Resolução CONAMA nº 369, de 28/03/2006, que permite a utilização de APPs por atividades de utilidade pública, de “baixo impacto” ou de interesse social.

De acordo com a gradação simplificada da influência das atividades de uso e ocupação do solo, presente na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), sobre a suscetibilidade à erosão dos

ambientes, considerando para as culturas os impactos de renovações e tratos culturais (Figura 83) e com os dados apresentados nos capítulos anteriores, é possível dizer que a degradação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) da área de estudo, que apresentam 93,8% de suas áreas com suscetibilidade natural à erosão Alta e Muito Alta, vem sendo contida com o aumento da Vegetação arbórea densa nessas áreas, considerando esta ser a vegetação natural da maior parte dos ecossistemas presentes na área de estudo, esta classe apresentou incremento, de acordo com a modelagem de mudanças no uso e ocupação do solo entre os anos estudados (de 1986 a 1997 e de 1997 a 2008), de 2.048,5ha e em 2008 já ocupava 56,8% das APPs da área de estudo.

No segundo período, a redução da classe Pastagem/campo antrópico limpo nas APPs, com cessão de 693,2ha à classe Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo, tornando-se esta a segunda classe mais representativa nas APPs da área de estudo em 2008, também corroborou com uma menor desestabilização destes ambientes, que, como mostrado, são tão suscetíveis aos processos erosivos.

Por outro lado, o aumento da classe Agricultura de porte herbáceo-arbustivo, que em 2008 ocupava 1.263,2ha (9,0%) das APPs, requer atenção pois, devido às suas renovações e tratos culturais, esta atividade promove maior exposição do solo à ação direta das chuvas contribuindo aos processos erosivos.

Figura 83. Gradação da influência das atividades de uso e ocupação do solo, presente na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), sobre a suscetibilidade à erosão dos ambientes, considerando para as culturas os impactos de renovações e tratamentos culturais.

Em 2008, também contribuíram para a estabilidade desses ambientes, a predominância (70%) das classes Vegetação arbórea densa e Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo nas APPs ao longo de cursos d’água, que apresentaram o maior número de áreas com Muito Alta suscetibilidade natural à erosão (26,7%).

A preservação da vegetação nativa ao longo dos cursos d’água apresenta funções físicas, como a contenção dos solos das margens dos rios, que diminui seus processos erosivos e a “filtragem” e barramento de compostos poluidores das águas dos rios e da ictiofauna, advindos de atividades humanas. A falta de uma cobertura vegetal que estabilize as áreas marginais aos rios, bem como de um manejo adequado destas áreas, promove a perda de solos das margens e o consequente assoreamento dos rios, aumentando a frequência de enchentes e os riscos às populações instaladas nestas áreas. A ausência de uma “mata ciliar”,

que promova a “filtragem” de poluentes por suas raízes, também traz riscos à população que faz a ingestão de água e peixes contaminados. Além disso, estas áreas servem como corredores ecológicos para conexão de fragmentos florestais, permitindo o deslocamento da fauna e a dispersão de propágulos zoocóricos da flora entre maciços florestais; o fluxo gênico e o consequente vigor das populações biológicas; um habitat adequado para animais terrestres de grande porte; e a dessedentação da fauna sem a necessidade de deixar seu habitat, o que evitaria riscos a ela e à população humana.

As APPs em topo de morros e montanhas e em linhas de cumeada, que apresentaram o maior número de áreas com Alta suscetibilidade natural à erosão (77,6% e 74,6%, respectivamente), em 2008, tinham mais de 75,0%, de sua área total, ocupada por Vegetação arbórea densa, mostrando a relação das altas declividades com a suscetibilidade natural à erosão e com a dificuldade de manejo das terras.

A Vegetação arbórea densa nos topos de morros e montanhas e nas linhas de cumeada apresenta como principais funções a infiltração da água nos solos e a conservação destes. A vegetação nestas áreas protege os solos do impacto direto das chuvas, evitando o carreamento do mesmo pelo escoamento superficial da água em grande intensidade. Suas raízes previnem também os processos de movimentos de massa e o aparecimento de voçorocas nas encostas. Essa vegetação contribui com a infiltração natural da água alimentando o lençol freático e regulando as águas subsuperficiais e superficiais da bacia hidrográfica.

Já as APPs que se situam ao redor de lagos e reservatórios apresentaram o maior número de áreas com Média suscetibilidade natural à erosão (19,1%). No ano de 2008, foram as únicas em que não prevaleceu a classe Vegetação arbórea densa, mas sim, a classe Pastagem/campo antrópico limpo. Neste caso tanto a suscetibilidade natural à erosão, quanto o uso do solo, parecem estar relacionados com as baixas declividades dos terrenos em que estão situadas essas APPs, onde a ação da gravidade não favorece os processos erosivos e as terras apresentam maior fertilidade e potencialidade de manejo agrícola e criação de animais. No entanto, neste ano (2008), 33,2% destas APPs estavam ocupadas por aquela classe (Pastagem/campo antrópico limpo), indicando a sua presença também em áreas com Alta e/ou Muito Alta suscetibilidade natural à erosão.

A preservação da vegetação nativa ao redor de lagos e reservatórios apresenta como maior função, além da estabilização das margens, a sua atuação como uma barreira evitando o transporte de partículas a estes corpos d'água. De acordo com Skorupa (2003), esta interface

entre as áreas agrícolas e de pastagens com o ambiente aquático possibilita sua participação no controle da erosão do solo e da qualidade da água, evitando o carreamento direto de sedimentos, nutrientes e produtos químicos, provenientes das partes mais altas do terreno, para o ambiente aquático, o que afeta a qualidade da água, a vida útil de reservatórios e a de sistemas de irrigação relacionados a estes. Além disso, existem funções ecológicas associadas à vegetação nestes ambientes, como: geração de sítios para inimigos naturais de pragas para alimentação e reprodução; fornecimento de refúgio e alimento (pólen e néctar) para os insetos polinizadores de culturas; fornecimento de refúgio e alimento para a fauna terrestre e aquática; possibilidade de detoxificação de substâncias poluentes provenientes das atividades agrícolas por organismos da meso e microfauna associadas às raízes das plantas; controle de pragas do solo; reciclagem de nutrientes; fixação de carbono; entre outras.

A distribuição das classes de uso e ocupação do solo, no ano de 2008, nas APPs com Média, Alta e Muito Alta suscetibilidade natural à erosão está apresentada a seguir (Figura 84).

Figura 84. Distribuição das classes de uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente, da Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000), com Média, Alta e Muito Alta suscetibilidade natural à erosão.

De acordo com o comportamento da classe Vegetação arbórea densa é possível observar que esta ocupa mais da metade das APPs com Alta (57,2%) e Muito Alta (61,2%) suscetibilidade natural à erosão. A classe Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo foi a segunda mais presente nas APPs com Muito Alta e Média suscetibilidade, sendo que nesta última ocupava 29,0% destas áreas. A Pastagem/campo antrópico limpo foi a segunda classe mais presente nas APPs com Alta suscetibilidade natural à erosão, que representam a maior parte (68,1%) das APPs da área de estudo. No entanto, se o processo de recomposição dos ecossistemas florestais, como observado entre os anos estudados, continuar nas APPs da área de estudo, a tendência é um quadro ainda mais positivo, quanto à estabilidade física destas áreas, minimizando os processos erosivos e os impactos destes às microbacias hidrográficas da área de estudo e às populações nelas residentes, principalmente à jusante.

As classes Agricultura de porte herbáceo-arbustivo e Solo exposto estiveram mais presentes nas APPs com Média suscetibilidade natural à erosão, ocupando 11,9% e 1,7%, respectivamente, e contribuindo com a idéia da maior influência da declividade na suscetibilidade natural à erosão e no uso agrícola das terras. Já a classe Bananicultura esteve mais presente nas APPs com Alta suscetibilidade, ocupando 0,6% das mesmas. Cabe ressaltar que as diferenças de ocupação destas três classes, entre as diferentes APPs em questão, são muito tênues, pois elas ocupam 14,1%, 9,5% e 10,7% das APPs com Média, Alta e Muito Alta suscetibilidade, respectivamente.

Os impactos ambientais causados pela agricultura, de acordo com a Agenda 21, de forma sucinta, são: i) conversão de habitats, ii) erosão e compactação do solo, iii) uso de fertilizantes, iv) uso de agrotóxicos e v) contaminação do lençóis freáticos e dos cursos d'água. Estes impactos devem ser atenuados, principalmente, nas APPs, que como já citado anteriormente, são áreas que apresentam função intrínseca na conservação das bacias hidrográficas.

Levando em consideração que as APPs da área do estudo mostraram-se naturalmente propícias ao desencadeamento de processos erosivos e visando contribuir com a desaceleração desses processos, bem como com a mitigação dos impactos negativos causados por eles, principalmente, às águas superficiais, à ictiofauna e às populações residentes nas microbacias hidrográficas da área de estudo, sobretudo às ribeirinhas; propõe-se para todas as APPs que não estejam com sua vegetação nativa preservada a condução da regeneração natural e, quando for necessário, a recuperação das áreas degradadas e a restauração da vegetação nativa.

Nas APPs com Muito Alta suscetibilidade natural à erosão deve ocorrer a preservação dos ecossistemas naturais e, conseqüentemente, a ausência do desenvolvimento de atividades humanas. Considerando as possibilidade de uso das APPs por atividades de “baixo impacto” e de interesse social, descritas na Resolução CONAMA nº 369 (BRASIL, 2006), nas APPs com Alta suscetibilidade natural à erosão, a proposta é de viabilização do Manejo Florestal Sustentável (MFS), por intermédio de um plano de manejo, possibilitando a retirada sustentável de árvores e produtos florestais não madeireiros (sementes, frutos, óleos, mel, dentre outros), trazendo renda, principalmente, às pequenas propriedades rurais. Já para as APPs com “Média” suscetibilidade natural à erosão, recomenda-se a implantação de Sistemas Agroflorestais (SAFs), pelo consórcio de espécies arbóreas frutíferas e/ou madeireiras com cultivos agrícolas ou pecuária, de forma simultânea ou sequencial. Esse tipo de intervenção antrópica promove uma interação ecológica e econômica para estas áreas, mas para que este objetivo seja atingido as práticas de manejo devem ser de cultivo mínimo, com preparo reduzido do solo, com tratos culturais e extrações, sempre que possível, ocorrendo de forma manual e com utilização restrita de insumos químicos.

6. CONCLUSÕES

Foram observadas na Folha “Pariquera-Açu” (1:50.000) as seguintes categorias de Áreas de Preservação Permanente (APPs): ao longo de cursos d’água, ao redor de nascentes, ao redor de lagos e reservatórios, rurais e urbanos, em topo de morros e montanhas e em linhas de cumeada. Essas categorias constituem, de acordo com sua regulamentação e com a metodologia utilizada, 19,9% da área de estudo.

No período estudado (1986, 1997 e 2008) as classes de uso e ocupação do solo mais representativas nas APPs da área de estudo foram: Vegetação arbórea densa, Vegetação de várzea/capoeira/campo antrópico sujo e Pastagem/campo antrópico limpo. A Vegetação arbórea densa foi a classe mais presente e mais persistente no conjunto das APPs da área de estudo, e também, a única das três mais observadas que, entre reduções e aumentos de área, obteve saldo positivo neste período. Em 2008 esta classe já ocupava 56,8% do conjunto de APPs. Apenas nestas ao redor de lagos e reservatórios, rurais e urbanos, a Vegetação arbórea densa não foi a classe mais representativa; esta categoria de APPs apresentou maior ocupação pela classe Pastagem/campo antrópico limpo. As inter-relações dessas três classes indicaram um processo de recomposição dos ecossistemas florestais com melhora do cumprimento das funções físicas e ecológicas da maior parte das APPs da área de estudo.

Foi observado que a recomposição dos ecossistemas naturais nas APPs da área de estudo não se deve, principalmente, por uma melhoria da fiscalização e consequente restauração destas áreas, mas pelo intenso êxodo rural ocorrido entre os anos estudados e abandono de muitas áreas antes utilizadas por atividades agropecuárias. Este processo de aumento da Vegetação arbórea densa está ocorrendo para toda a quadrícula estudada.

As classes Bananicultura e Agricultura de porte herbáceo-arbustivo, esta última representada principalmente pela teicultura, foram pouco observadas nas APPs da quadrícula estudada. Essa constatação pode ser ratificada pela observação de suas maiores manifestações na paisagem: nas áreas de várzeas (bananicultura) e nas colinas baixas de topo convexo (teicultura), onde não há APPs. A classe Solo exposto também foi pouco observada nas APPs e possivelmente expressou situações pontuais das datas de obtenção das imagens, de momentos de trocas ou de renovações de culturas. Sua baixa persistência entre os anos estudados e sua maior inter-relação com as classes Pastagem/campo antrópico limpo e Agricultura de porte herbáceo-arbustivo contribuem para esta possibilidade. Mesmo que pouco observadas nas APPs da área de estudo, assim como a Vegetação arbórea densa, as

classes Agricultura de porte herbáceo-arbustivo e Solo exposto, entre perdas e ganhos de área, obtiveram saldo positivo no intervalo de tempo estudado, indicando que em algumas APPs também está havendo o crescimento de atividades agrícolas.

Todas as categorias de APPs apresentaram a maior parte de suas áreas com Alta suscetibilidade natural à erosão. A categoria ao redor de lagos e reservatórios, que revelou a Pastagem/campo antrópico limpo como o uso predominante de suas áreas e que dispõe dos maiores domínios de Média suscetibilidade natural à erosão, teve seus resultados explicados por sua ocorrência apenas em locais com baixa declividade. As categorias de topo de morros e montanhas e de linhas de cumeada, que compreendem locais com declividade acentuada, exibiram quase a totalidade de suas áreas com Alta e Muito Alta suscetibilidade natural à erosão e, também, ocupação mais representativa pela classe Vegetação arbórea densa.

Em relação ao conjunto das APPs, 93,8% de suas áreas apresentam Alta e Muito Alta suscetibilidade natural à erosão, indicando que devem ter um manejo adequado, não só por suas funções físicas e ecológicas intrínsecas à bacia hidrográfica, mas também por estarem em ambientes naturalmente frágeis; no entanto, a ocupação de mais da metade destas áreas, em 2008, pela classe Vegetação arbórea densa e a tendência expressiva de recomposição dos ecossistemas florestais indicam estar havendo a diminuição dos processos erosivos em muitas das APPs da área de estudo.

A fim de contribuir com a diminuição dos impactos causados pela erosão destas áreas, principalmente às águas superficiais, à ictiofauna e às populações residentes nas microbacias hidrográficas da área de estudo, sobretudo às ribeirinhas; foram propostas para todas as APPs que não estejam com sua vegetação nativa preservada a condução da regeneração natural e, quando for necessário, a recuperação das áreas degradadas e a restauração da vegetação nativa. Como alternativa à utilização das APPs, considerando a possibilidade de seu uso por atividades de interesse social ou de “baixo impacto ambiental”, propõem-se: o Manejo Florestal Sustentável, para as APPs com Alta suscetibilidade natural à erosão, e a implantação de Sistemas Agroflorestais, para as APPs com Média suscetibilidade natural à erosão.

7. REFLEXÕES E PROPOSIÇÕES ÀS LEGISLAÇÕES PERTINENTES

É visível a necessidade de uma reforma no Código Florestal, pois a incompatibilidade de seu caráter restritivo, aplicado igualmente a todo o país, sem levar em conta as diferentes características geomorfológicas e hidrológicas de cada região, fizeram das APPs áreas de grande conflito entre preservação e uso. No entanto, o equilíbrio entre as vertentes ambientais, econômicas e sociais está primeiramente na elaboração de uma redação clara, não permitindo interpretações dúbias e equivocadas pelos profissionais e pela população que a utiliza, e na observação de outras legislações no processo de elaboração da lei e das regulamentações pertinentes, também crucial ao cumprimento integral das mesmas.

O Projeto de Lei, nº 1.876, de 1999, cujo parecer foi aprovado em 06 de julho de 2010 por uma Comissão Especial do Congresso, que dispõe, dentre outros, das Áreas de Preservação Permanente poderá revogar o atual Código Florestal, no entanto sua proposta tem levado parte da comunidade científica a criticar a falta de utilização do conhecimento já acumulado por ela em sua elaboração, pois visa sanar os problemas imediatos e não os fundamentais, frequentemente observados pelos profissionais que a utilizam.

Como exemplo, desde sua regulamentação, os limites das APPs ao longo de cursos d'água são discutidos pelos profissionais que a utilizam sem obtenção, até hoje, de um consenso final. Estas, segundo sua regulamentação (Resolução CONAMA nº 303, de 2002), devem ser alocadas a partir do leito maior dos cursos d'água. No entanto, as várzeas, áreas entre o leito álveo e o leito maior dos cursos d'água, podem ser ocupadas e utilizadas por atividades humanas, de acordo com o Código das Águas (BRASIL, 1934b) e com o Código Florestal (BRASIL, 1965), podendo causar diversos impactos negativos, a estas áreas, aos leitos álveos e aos cursos d'água, e assim, as funções intrínsecas das APPs ao longo de cursos d'água, como descrito no Código Florestal, de estabilização física do leito álveo, contenção de resíduos aos cursos d'água e promoção de recursos à fauna silvestre e aquática, não são cumpridas.

Desta forma, propõe-se a correção na resolução CONAMA nº303/2002, considerando que esta é a base de todo processo de ocupação e fiscalização das APPs, a fim de eliminar o contrassenso existente entre a regulamentação de seus limites e a definição destas áreas no Código Florestal. Neste sentido, a proposta é a de alocação das APPs associadas a várzeas, sistematizadas e utilizadas por atividades antrópicas, a partir do leito álveo dos cursos d'água principais e das calhas de drenagem, ajustando a regulamentação à função “ciliar” destas áreas.

Além disso, a definição dos limites das APPs, também muito discutida entre ambientalistas e ruralistas, deve permitir o cumprimento das funções ambiental, social e econômica da propriedade rural. Pequenas propriedades, muitas vezes com a sua área inteiramente sobre APPs, principalmente em regiões em que as características geomorfológicas e hidrológicas implicam em grande participação das APPs na paisagem, sofrem com a incompatibilidade entre a geração de renda e emprego e a preservação destas áreas. Deste modo, propõe-se que uma nova definição dos limites das APPs seja embasada em um zoneamento fisiográfico dos ecossistemas brasileiros, para definição adequada dos limites das APPs às diferentes regiões do país e permitindo, assim, a coexistência entre a preservação e o desenvolvimento econômico e social em todas as regiões do território nacional.

A Resolução CONAMA nº 369 (BRASIL, 2006) que representou uma forma de flexibilidade da lei, possibilitando a intervenção e supressão da mata nativa das APPs para casos excepcionais de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, está também gerando discussões, principalmente, quanto à subjetividade do termo “baixo impacto ambiental”. Uma melhor definição do termo e de suas implicações na estabilidade das APPs pode ser atingida com auxílio do conhecimento científico. Neste sentido, é sugerida a mensuração deste “baixo impacto”, podendo esta ser baseada em um zoneamento da fragilidade física destas áreas (como os zoneamentos de suscetibilidade aos processos erosivos e aos movimentos de massa). Estes zoneamentos possibilitarão a indicação de usos adequados aos diferentes ambientes e da forma como devem ser manejados, visando também à mitigação de impactos químicos e biológicos.

A utilização do conhecimento técnico-científico, considerando a experiência vivida com o desenvolvimento desta pesquisa, mostra-se imprescindível na reformulação da legislação ambiental brasileira, apenas desta forma, o verdadeiro desenvolvimento sustentável poderá ser atingido pelo país.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, S.F.; NOGUEIRA, F.P.; MORAES, J.F.L. Mapeamento da evolução dos usos e coberturas das terras na bacia do ribeirão das Anhumas – Campinas (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5051-5058.

AHRENS, S. O "Novo" Código Florestal Brasileiro: conceitos jurídicos fundamentais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 2003. 1 CD-ROM.

ALVES, H. P. F. **Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto.** 2004. 337f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

AMBRÓSIO, L.A.; FASIABEN, M.C.R.; MORAES, J.F.L. Dinâmica dos usos e coberturas da terra em Área de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica dos rios Mogi Guaçu e Pardo, no período entre 1988 e 2002. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Brasília: SOBER, 2008. p. 137-150.

ANDRADE, F.A.V.; VARJABEDIAN, R. **Ameaças ao Meio Ambiente ecologicamente equilibrado frente ao disposto na Resolução Conama n. 369/06 e no Decreto Estadual n. 49.566/05 (O “baixo impacto ambiental”).** Disponível em: <<http://www.mp.sp.gov.br/porta/page>>. Acesso em: 01 mai. 2007.

BARBOSA, I.S.; ANDRADE, L.A.; ALMEIDA, J.A.P. Evolução da cobertura vegetal e uso agrícola do solo no município de Lagoa Seca, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.5, p.614-622, 2009.

BASTOS NETO, J. **As Áreas de Preservação Permanente do rio Itapicuru-açu: impasses e pertinência legal**. 2008. 223f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

BRASIL. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934a. Aprova o Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Rio de Janeiro, RJ, 21 mar. 1935. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23793.htm>. Acesso em: 03 jan. 2010.

_____. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934b. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da União**, Rio de Janeiro, RJ, 11 jul. 1935. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23793.htm>. Acesso em: 10 jan. 2010.

_____. Decreto nº 22.287, de 16 de dezembro de 1946. Declara protetora, de acordo com o art. 11, e seu parágrafo único, do Decreto nº 23.793, de 23 de Janeiro de 1934, a floresta que indica. **Diário Oficial da União**, Rio de Janeiro, RJ, 18 dez. 1946. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/legin/fed/decret/1940-1949/decreto-22287-16-dezembro-1946-341622-publicacao-1-pe.html>>. Acesso em: 05 jan. 2010.

_____. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/LEIS/L4771.htm>>. Acesso em: 19 mai. 2008.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 03 jan. 2010.

_____. Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas de Cartografia Nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 jun. 1984. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm>. Acesso em: 15 mar. 2009.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 04 jan. 2010.

_____. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm>. Acesso em: 04 jan. 2010.

_____. Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989. Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 fev. 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7735.htm>. Acesso em: 05 jan. 2010.

_____. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm>. Acesso em: 05 jan. 2010.

_____. Lei nº 9.985, de 12 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 05 jan. 2010.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução nº 303, de 20 de março de 2002a. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 mai. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 15 mar. 2008.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução nº 302, de 20 de março de 2002b. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 mai. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>>. Acesso em: 15 mar. 2008.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõem sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão da vegetação em Área de Preservação Permanente - APP. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 mar. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>>. Acesso em: 15 mar. 2008.

_____. Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008a. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 jul. 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6514.htm>. Acesso em: 06 jan. 2010.

_____. Decreto nº 6.686, de 10 de dezembro de 2008b. Altera e acresce dispositivos ao Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008, que dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente e estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 dez. 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6686.htm>. Acesso em: 06 jan. 2010.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 05, de 08 de setembro de 2009. Dispõe sobre os procedimentos metodológicos para restauração e recuperação das Áreas de Preservação Permanentes e da Reserva Legal instituídas pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 set. 2009. Disponível em: <http://www.iusnatura.com.br/News31/news03_arquivos/MMA5_09.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2010.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 425, de 25 de maio de 2010. Dispõe sobre critérios para a caracterização de atividades e empreendimentos agropecuários sustentáveis do agricultor familiar, empreendedor rural familiar, e dos povos e comunidades tradicionais como de interesse social para fins de produção, intervenção e recuperação de Áreas de Preservação Permanente e outras de uso limitado. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 mai. 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=630>>. Acesso em: 18 ago. 2010.

_____. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm>. Acesso em: 06 jan. 2010.

CARVALHO, C.M.; RIEDEL, P. S. Técnicas de Geoprocessamento aplicadas ao estudo da suscetibilidade a escorregamentos translacionais nos entornos dos polidutos de Cubatão - SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1-8.

CARVALHO, V.C. *et al.* Subsídio do sensoriamento remoto para o manejo florestal. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p.28-34.

CATELANI, C. S.; BATISTA, G.T. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) do município de Santo Antônio do Pinhal, SP: um subsídio à preservação ambiental. **Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v.2, n.1, p. 30-43, 2007.

CHABARRIBERY, D. *et al.* Tipificação socioeconômica, agrícola e ambiental dos municípios do Vale do Ribeira. In: **Agenda de Ecoturismo do Vale do Ribeira. Desenvolvimento Sustentável da Bacia do Ribeira de Iguape: Uma Análise das Condições e Limitações Socioeconômicas ao Ecoturismo**. Registro: CEPAM/IEA-APTA. 2004.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DO IGUAPE E LITORAL SUL. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-11**. Registro: FUNDESPA/FEHIDRO-CBH-RB, 2007. 1 CD/ROM.

_____. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-11**. Registro: FUNDESPA/FEHIDRO-CBH-RB, 2008a. 1 CD/ROM.

_____. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Unidade de Gerenciamento Nº 11. Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul**. Registro: FUNDESPA/FEHIDRO-CBH-RB, 2008b. Disponível em: <http://www.sigrb.com.br/app/Plano_Dir_Rec_Hidric_2008-2011.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2010.

_____. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-11**. Registro: AMAVALES/FEHIDRO-CBH-RB, 2009. Disponível em: <http://www.sigrb.com.br/app/Plano_Dir_Rec_Hidric_2008-2011.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2010.

COSTA, F. H. S.; SOUZA FILHO, C. R.; RISSO, A. Análise temporal de NDVI e mapas potenciais naturais de erosão na região do Vale do Ribeira, São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 3833-3839.

COSTA, T.C.C.; SOUZA, M.G.; BRITES, R.S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). **Revista Árvore**, v.20, n.1, p.129-135, 1996.

COTA, M.A. **Áreas de Preservação Permanente (APPs) – As Resoluções CONAMA e o papel das técnicas de Geoprocessamento na delimitação das classes de preservação**. 2008. 102f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 103p.

CRUZ, H. C.; FABRIZY, N. L. P. Impactos ambientais de Reservatórios e Perspectivas de uso múltiplo. **Revista Brasileira de Energia**, v.4, n.1, p.1-9, 1995.

DALMAS, F.B. **Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UGRHI-11 – Ribeira de Iguape e Litoral Sul**. 2008. 157 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

DARELLA, C.P.; SANTOS, J.S.M. Análise temporal da transgressão em áreas de preservação permanente e uso restrito na Bacia Hidrográfica do Rio Tijuca para subsidiar as ações de gestão do Comitê da Bacia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5741-5748.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Plano de Ação para o Controle das Inundações e Diretrizes para o Desenvolvimento do Vale**. São Paulo: DAEE/Bacia Hidrográfica do Ribeira do Iguape, 1998. 85p.

_____. Ribeira do Iguape: Plano de ação para o controle das inundações e diretrizes para o desenvolvimento do Vale. **Revista Água e Energia**, São Paulo, 1999.

DODSON, R.D.; LI, X. The accuracy and efficiency of GIS-based floodplain determinations. In: MAIDMENT, D.; DJOKIC, D. (Eds.). **Hydrologic and hydraulic modeling support with geographic information systems**. Redlands: ESRI, 2000. 216p.

DONHA, A. G.; SOUZA L. C. P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte a decisão em SIG. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n.1, p. 175-181, 2006.

FELDMANN, R.F. **A intervenção nas vegetações situadas em Áreas de Preservação Permanente sob o prisma da Resolução CONAMA nº 369/06**. Disponível em: <http://www.migalhas.com.br/mostra_noticia_articuladas.aspx?cod=25253>. Acesso em: 11 set. 2007.

FUNDAÇÃO SEADE. **Informações dos municípios paulistas – IMP**. São Paulo: SEP-SP, 2006. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/imp/index.php>>. Acesso em: 20 mar. 2010.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. Período 2005-2008. Relatório Final**. São Paulo, 2009.

FUSHITA, A.T. *et al.* Dinâmica da vegetação natural e das áreas de preservação permanente em função das ações desenvolvimentistas na paisagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 3937-3944.

GONÇALVES, A.B. **Delimitação automática das Áreas de Preservação Permanente e identificação dos conflitos de uso do terra na sub-bacia hidrográfica do rio Camapuã/Brumado**. 2009. 57p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

HOTT, M.C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E.E. **Método para determinação automática em topo de morros para o Estado de São Paulo, com base em geoprocessamento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por satélite, 2004. 32p.

INSTITUTO FLORESTAL. **Mapa de vegetação remanescente do Estado de São Paulo**. São Paulo: BIOTA/FAPESP, IF/SMA-SP, 2004. Disponível em: <<http://www.sigrb.com.br/>>. Acesso em: 18 abr. 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Os satélites LANDSAT 5 e 7**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 25 abr. 2008.

INSTITUTO SOCIO-AMBIENTAL. **As matas ciliares no vale do Ribeira**. 2003. Disponível em: <<http://www.ciliosdoribeira.org.br/import-ncia-das-matas-ciliares>>. Acesso em: 25 nov. 2008.

KAWAKUBO, F.S. *et al.* Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2203 -2210.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33. n.1, p.159-74, 1977.

LEPSCH, I. F. *et al.* **Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos da região do Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo**. São Paulo: SAA-SP/IAC, 1999. Mapa na escala 1:250.000.

LIOTTE, S. V. **Utilização da Técnicas de Geoprocessamento para apoio ao Planejamento Físico-Territorial do Município de Pariquera-Açu/SP**. 2000. 170f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LOURES, S. S. P. **Ambientes, uso e ocupação do solo e zoneamento estratégico para as sub-bacias dos rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP**. 2008. 180f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

LOUZADA, F.L.R.O, *et al.* Determinação de Áreas de Preservação Permanente em topos de morros na microrregião de planejamento do Caparaó, ES. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 9.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR, 3., 2009, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2009. p.1-4.

MEDEIROS, J.S.; CÂMARA, G. Geoprocessamento para projetos ambientais. In: **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE. 2001. Disponível em: <<http://150.163.34.249/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.15.08/doc/cap10-aplicacoesambientais.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2008.

MOREIRA, A. A. *et al.* Determinação de áreas de preservação permanente em uma microbacia hidrográfica a partir de fotografias aéreas de pequeno formato. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos campos: INPE, 2003. p.1381-1389.

NASCIMENTO, M.C. *et al.* Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.2, p.207-220, 2005.

OLIVEIRA, P.C.A.; RODRIGUES, G.S.S.C.; RODRIGUES, S.C. Fragilidade ambiental e uso do solo da bacia hidrográfica do Córrego Pindaíba, Uberlândia, MG, Brasil. **Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v.3, n.1, p. 54-67, 2008.

PERROTTA, M. M. **Registro de imagens com relação ao mosaico Geocover 2000 – Programa ENVI: Tutorial**. São Paulo: CPRM/DISERE, 2005. 17p.

PISTORI, T. C. A.; SOUSA-SILVA, K. Aplicações do geoprocessamento como ferramenta para o planejamento territorial: uma proposta cartográfica para o baixo Vale do Ribeira – SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: GEO-UFV, 2009. p. 88-104.

RIBEIRO, C.A.A.S. *et al.* Delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeeada: metodologia e estudo de caso. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 5., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 2002.

_____. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 203-212, 2005.

_____. Delimitação automática de APPS: uma verdade inconveniente. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL, 11., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Meio ambiente e acesso à justiça, 2007. v.3., p. 43-52.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

_____. A Morfogênese da Bacia do Ribeira do Iguape e os Sistemas Ambientais. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 12, p. 21-46, 2002.

RUHOFF, A. L. *et al.* Lógica fuzzy e zoneamento ambiental da Bacia do Arroio Grande. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1063-1065.

SANTORO, J. Erosão continental. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres naturais:** conhecer para prevenir. São Paulo: IG-SP, 2009. 196p.

SANTOS, J.O. *et al.* Análise geoambiental da Folha Pariquera-Açu, estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: GEO-UFV, 2009. p. 18-33.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008.** São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

SCHIMITH, R. F. *et al.* Identificação de áreas de preservação permanente e monitoramento utilizando imagens Aster. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 6., 2004, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2004.

SERAFIM, F. G. **Contaminação ambiental por agrotóxicos em áreas de cultivo de banana, no Vale do Ribeira (SP).** 2009. 121f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) - Instituto Biológico, São Paulo, 2009.

SILVA, A.C.N. **Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto como apoio ao Planejamento Territorial do Município de Iporanga – SP.** 2002. 170f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DA BACIA DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL. Disponível em: <<http://geolig.igc.usp.br/geoproc/sigrb/index.php>>. Acesso em: 20 mai. 2008.

_____. Disponível em: <<http://geolig.igc.usp.br/geoproc/sigrb/index.php>>. Acesso em: 18 fev. 2009.

_____. Disponível em: <<http://www.sigrb.com.br/>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

SKORUPA, L. A. **Área de Preservação Permanente (APP) e Desenvolvimento Sustentável**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 4p.

SPÖRL C.; ROSS J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15. p. 39-49, 2004.

STOLLE, L. *et al.* Aplicação de um sistema baseado em conhecimento e lógica fuzzy para o mapeamento da fragilidade ambiental em relação às atividades florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 3103-3110.

TREVISAN, G.V.; ADAMI, M. Avaliação do uso e cobertura da terra em áreas de preservação permanente com dados sensores remotos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6337-6344.

VASHENKO, Y.; FAVARETTO, N.; BIONDI, D. Fragilidade ambiental nos picos Camacua, Camapuã e Tucum, Campina Grande do Sul, PR. **Revista Floresta**, v. 37, p. 201-2015, 2007.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 123p.

VICTORIA, D.C.; HOTT, M.C.; MIRANDA, E.E. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente em topos de morros para o território brasileiro. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.2, n.2, p. 66-72, 2008.

VIEIRA, F.C.S. *et al.* Avaliação do uso e cobertura da terra em áreas de preservação permanente com dados sensores remotos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3943-3950.

WATANABE, N.Y. **Evolução do uso do solo no Parque Estadual de Jacupiranga (SP) e suas conseqüências para a gestão ambiental.** 2003. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Áreas de Preservação Permanente da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000)

SG.23-V-A-IV-1

Legenda

- Curva de nível
- Nascente
- Hidrografia
- Corpo d'água
- Várzea
- Área urbana
- Parque Estadual Campina do Encantado
- Área de Preservação Permanente

1:50.000

0 2 4 8 Km

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM SOUTH AMERICAN 1969 (SAD-69)
ZONA VINTE E TRÊS - SUL (23S)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS			
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS MINERAIS E HIDROGEOLOGIA			
ELABORAÇÃO	ORIENTADOR	APOIO	FONTE
Cibele Hummel do Amaral	Arlei Benedito Macedo	FAPESP: Proc. 2009/52246-8 CAPES: Demanda Social	Base cartográfica CPRM (1:50.000)

Persistências das classes de uso e ocupação do solo da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000) no período de 1986 a 1997

Mudanças entre as classes de uso e ocupação do solo da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000) no período de 1986 a 1997

Persistências das classes de uso e ocupação do solo da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000) no período de 1997 a 2008

Mudanças entre as classes de uso e ocupação do solo da Folha "Pariquera-Açu" (1:50.000) no período de 1997 a 2008