

APTIDÃO AGROECOLÓGICA DE TERRAS: PROPOSTA DE  
AVALIAÇÃO EM PAISAGENS RURAIS MONTANHOSAS OCUPADAS  
POR PEQUENOS AGRICULTORES NA SERRA DO MAR<sup>1</sup>

*Braz Calderano Filho<sup>2</sup>*  
*Antônio José Teixeira Guerra<sup>3</sup>*  
*Francesco Palmieri (In Memoriam)<sup>4</sup>*  
*Mauro Sérgio Fernandes Argento<sup>5</sup>*  
*João Roberto Correia<sup>6</sup>*  
*Antônio Ramalho Filho<sup>7</sup>*

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi gerar subsídios para o planejamento agrícola de pequenas propriedades rurais inseridas em paisagens rurais montanhosas da Serra dos Órgãos, ocupada com agricultura familiar. Apoiado em técnicas de geoprocessamento e SIGs, o trabalho demonstra os procedimentos adotados para a avaliação da aptidão agroecológica das terras por unidade ambiental, enfatizando limitações e potencialidades com base nas ofertas e restrições ambientais apresentadas em cada unidade delimitada. Os procedimentos utilizados envolveram a geração de banco de dados digital no SIG e a geração de dados básicos no campo, através de mapeamentos temáticos do meio físico, que foram associados a informações socioeconômicas, de pluviosidade e de áreas protegidas por legislação específica ou reservas existentes, constituindo

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, intitulada “Visão sistêmica como subsídios ao planejamento agroambiental da microbacia do Córrego Fonseca no Município de Nova Friburgo, RJ, defendida em 2003 no Curso de Pós-graduação em Geografia – Planejamento e Gestão Ambiental Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ.

<sup>2</sup> Geógrafo, Mestre em Geomorfologia/Geocologia de Paisagem, doutorando do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), analista A da Embrapa Solos, rua Jardim Botânico, 1024 – Jardim Botânico. CEP 22460-000 Rio de Janeiro, RJ. bccalder@gmail.com

<sup>3</sup> Geógrafo, Ph.D. em Geografia, professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Brig. Trompowski, s/n – Cidade Universitária. CEP 21941-590 Rio de Janeiro, RJ. antoniotguerra@gmail.com

<sup>4</sup> Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ciência do Solo, ex-pesquisador da Embrapa Solos.

<sup>5</sup> Geógrafo, Doutor em Geografia, professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Av. Brig. Trompowski, s/n, Cidade Universitária. CEP 21941-590 Rio de Janeiro, RJ. margento@igeo.ufrj.br

<sup>6</sup> Engenheiro-agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, BR 020 KM 18 Rodovia Brasília-Fortaleza. Caixa Postal 08223. CEP 73310-970 Planaltina, DF. jroberto@cpac.embrapa.br

<sup>7</sup> Engenheiro-agrônomo. Ph.D. em Planejamento de Desenvolvimento de Recursos Naturais, pesquisador da Embrapa Solos, rua Jardim Botânico, 1024 – Jardim Botânico. CEP 22460-000 Rio de Janeiro, RJ. ramalho@cnpes.embrapa.br

assim um conjunto de informações agrossocioambientais em meio digital, o que possibilitou a delimitação de unidades ambientais e a geração de mapas interpretativos úteis ao planejamento. Em cada uma das unidades definidas, foi associado um conjunto de indicações relativas às suas limitações e potencialidades, fragilidades e riscos. O modelo de aptidão agroecológica considerado é feito por unidades ambientais delimitadas, e envolve a indicação de uso, manejo e sugestão de alternativas sustentáveis de utilização, visando reduzir os efeitos negativos sobre o meio ambiente e incrementar a qualidade ambiental. Conclui-se que a metodologia apresentou-se adequada ao planejamento agroambiental de áreas com relevo movimentado, pois onde foi identificada a ocorrência de compartimentos mais frágeis e problemáticos, em função dos solos, declividade, maior suscetibilidade aos processos erosivos e maior grau de fragilidade ambiental, estes se encaixaram nas classes de aptidão inapta, restrita, preservação ambiental ou recomposição de matas.

**Termos para indexação:** unidades ambientais, legislação ambiental, planejamento agroambiental, geoprocessamento, planejamento de uso da terra.

AGROECOLOGICAL APTITUDE: PROPOSAL OF  
EVALUATION IN MOUNTAINOUS LANDSCAPES  
OF SERRA DO MAR OCCUPIED BY SMALL FARMERS

ABSTRACT

The objective of this work was to generate subsidies for the agricultural planning of small farms inserted, within a mountainous rural landscape, in Serra dos Orgaos mountain range, under family agriculture. Supported by geoprocessing techniques and SIGs, the work demonstrates the procedures adopted for the evaluation of the agroecological suitability of the lands, for environmental units, emphasizing the limitations and potentialities on the basis of the presented environmental qualities and restrictions in each mapped unit. The procedures used in this research work have taken into consideration the creation of a Data Basis, based on digital data from the GIS, and the generation of basic data, obtained in the field, through environmental thematic maps, associated with socio-economic information, rain data and from protected areas, based on legislation, creating therefore, a set of agro-socio-environmental information, in a digital system, which enabled the delimited environmental units and the generation of derived maps. In each of the defined units, a set of relative indications was associated to its limitations and potentialities, qualities and restrictions, fragilities and risks. The considered model of agroecological suitability involves the indication of use, management and suggestions for sustainable alternatives of use with lesser index of damages, aiming to reduce the negative effect on the environment and to improve the environmental quality. It was concluded that the methodology presented is adequate to the agroenvironmental planning of areas with steep relief, since the occurrence of more fragile and problematic segments identified in function, of soil slope, higher susceptibility to the erosive processes and higher degree of environmental fragility, coincided with inapt, restricted suitability, classes, preservation or reforestation.

**Index terms:** environmental unit, environmental legislation, agroenvironmental planning, geoprocessing, land use planning.

## INTRODUÇÃO

As áreas montanhosas da Serra do Mar caracterizam-se pela elevada vulnerabilidade natural de suas terras aos riscos ambientais. Além de fortes limitações ao uso, severas restrições da legislação ambiental vigente e fragilidade de seus ecossistemas, ocorrem nessas áreas remanescentes da Mata Atlântica, ricas em biodiversidade, faixas de recarga e áreas de infiltração natural das águas que alimentam o Aquífero do Embasamento Cristalino. O uso e a ocupação das paisagens, nesses ambientes submetidos a elevados índices de precipitação local e considerados marginais para o processo produtivo, deveriam ser evitados. As razões estão ligadas aos riscos ambientais, como erosão dos solos, deslizamentos e até mesmo contaminação de nascentes.

A pressão de uso agrícola e o estado de conservação do solo nesses ambientes, aliados à conversão de áreas impróprias, tidas como críticas ou marginais para o processo produtivo, comprometem a sustentabilidade ambiental e expõem os recursos de solos e água a maiores taxas de degradação (CALDERANO FILHO, 2003; CALDERANO FILHO et al., 2004).

Buscando coibir a exploração desordenada dos recursos, o enfoque da sustentabilidade ambiental retirou o solo da condição de recurso disponível e o elevou a condição de patrimônio; o novo enfoque direciona o seu uso no sentido de explorá-lo de forma adequada, buscando preservá-lo e poupá-lo para o futuro. Nesse sentido, a adoção de métodos de avaliação das terras que contemplem alternativas sustentáveis de utilização, com menor índice de agressão ao meio e maior respeito à legislação ambiental vigente, passa a ser uma exigência. Por outro lado, a análise final deve fornecer elementos para o planejamento de pequenos módulos rurais, dentro dos princípios do desenvolvimento sustentável.

A FAO (1976, 1981) lançou em seus boletins as bases de métodos semi-quantitativos para avaliação agrícola das terras, para usos específicos por zonas agroecológicas. Atualmente, ela defende e valoriza a análise integrada do ambiente e busca, segundo Dumanski (1993), preparar metodologia capaz de combinar informações socioeconômicas com informações físico-bióticas.

Adotando os conceitos de zonas agroecológicas ou unidades homogêneas, sistema similar foi usado no Zoneamento Agroecológico da Região Leste Fluminense do Estado do Rio de Janeiro (EMBRAPA, 1990; WITTER et al.,

1991); no Delineamento Macroagroecológico do Brasil (EMBRAPA, 1992a); no Zoneamento Agroecológico do Estado do Rio de Janeiro (EMBRAPA, 1992b; WITTER et al., 1993a, 1993b); e no Zoneamento Agroecológico do Nordeste (SILVA 1993). Esses trabalhos procuram fornecer subsídios para o ordenamento de uso das terras e gerenciamento de paisagens agrícolas.

Entre as várias metodologias empregadas para se avaliar a aptidão agrícola das terras no Brasil, destacam-se os sistemas de classificação da capacidade de uso das terras (LEPSCH et al., 1983; MARQUES et al., 1971; RAMALHO FILHO; BEEK, 1993). Todos têm como ponto de partida as unidades de mapeamento oriundas dos levantamentos pedológicos, em que a interpretação e a avaliação da aptidão é feita considerando-se grupos ou tipos de utilização das terras (culturas anuais, culturas perenes, pastagens, silvicultura e classe inapta). Esses sistemas posicionam as terras mediante o tipo de utilização, evidenciando uma indicação de uso correto e adequado de uma determinada superfície de terra, tanto em função da viabilidade de melhoramento frente aos fatores básicos de limitação de uso como em função dos graus de limitação que porventura ocorram após a utilização de práticas agrícolas.

A demanda por informações detalhadas para atender a condições locais de uso e manejo das terras gerou a necessidade de adaptações desses sistemas. Atualmente coexistem outros sistemas como o de Oliveira e Berg (1985) e a classificação da aptidão de uso das terras do Estado de Santa Catarina (UBERTI et al., 1991). Proposta de ajustes, com inclusão do fator K (susceptibilidade à erosão) no sistema de Ramalho Filho e Beek (1993) foi apresentada por Pereira e Lombardi Neto (2004).

Para a FAO (1976), a avaliação de terras é o processo de estimar o desempenho (aptidão) da terra, quando usada para propósitos específicos, envolvendo execução e interpretação de levantamentos e estudos das formas de relevo, solos, vegetação, clima e outros aspectos da terra. Seu objetivo é identificar e proceder à comparação dos tipos de uso da terra mais promissores, em termos da aplicabilidade aos objetivos da avaliação. Atualmente, ela considera, em sua proposta de avaliação, as dificuldades dos países em desenvolvimento, onde a carência de dados básicos disponíveis dificultam as avaliações quantitativas e frequentemente dificultam a modelagem. Mas recomenda que se busque, nas avaliações qualitativas, maior integração das informações físicas e socioeconômicas e um enfoque sustentável dos recursos terrestres.

Beek et al. (1997) fazem uma clara distinção entre as avaliações qualitativas, baseados principalmente no julgamento de peritos, e as avaliações quantitativas, baseados em modelos de simulação do processo. Consideram os resultados das avaliações qualitativas insuficientes para atender às necessidades atuais do desenvolvimento sustentável.

O problema comum a essas metodologias, além de só permitirem avaliações qualitativas, é que elas não permitem acompanhar as mudanças sofridas pelos atributos e componentes do meio. Outra grande dificuldade, até então, tem sido agregar informações físico-bióticas com informações socioeconômicas, tanto nas avaliações qualitativas como quantitativas, não possibilitando assim a análise integrada da paisagem e dificultando a avaliação das potencialidades e limitações dos componentes ambientais.

Por outro lado, a legislação ambiental vigente impõe sérias restrições ao uso de certas glebas. Nesse sentido, a avaliação das terras deve contemplar alternativas sustentáveis de utilização, com menor índice de agressão ao meio, e a análise final deve fornecer elementos para o planejamento de uso das terras, adequados às condições locais de áreas consideradas críticas ou marginais para o processo produtivo, em que o uso da terra de forma sustentada eleve seu nível de produção sem desrespeitar a legislação ambiental em vigor (CALDERANO FILHO, 2003; CALDERANO FILHO et al., 2006).

Isso posto, este trabalho foi desenvolvido no intuito de propor uma forma de avaliação da aptidão agroecológica aplicada a pequenas propriedades rurais, bem como de servir de instrumento para a racionalização da utilização das terras com a indicação de uso, manejo e sugestão de alternativas sustentáveis de utilização com menor índice de agressão ao meio.

Com base no método desenvolvido por Benemma et al. (1964), com modificações a partir da proposta de incorporação de critérios que se baseiam nas ofertas e restrições ambientais apresentadas por cada unidade ambiental delimitada e na legislação ambiental vigente, conforme Calderano Filho (2003), definiu-se um esquema e elaborou-se um conjunto de procedimentos metodológicos, por meio de adaptações, que possibilitaram a avaliação da aptidão agroecológica, levando-se em consideração as particularidades, limitações e potencialidades, com base nas ofertas e restrições ambientais apresentadas por unidade ambiental delimitada. Espera-se, assim, contribuir para uma melhor eficiência e maior precisão na avaliação de pequenas propriedades rurais, buscando reduzir

os efeitos negativos da atividade produtiva sobre o meio ambiente e alcançar objetivos ambientais na área escolhida como estudo de caso.

As informações básicas requeridas para esse trabalho foram extraídas do diagnóstico agroambiental da área, na escala 1:10.000, realizado por Calderano Filho (2003), em que foram estudados os elementos geobiofísicos componentes da paisagem (solos, declividade, geomorfologia, estrutura geológica, rede de drenagem, estrutura fundiária, uso e cobertura dos solos e vegetação).

A avaliação estimou graus de limitação dos parâmetros deficiência de nutrientes, deficiência de água/excesso de água, suscetibilidade à erosão e impedimentos ao manejo. A deficiência de fertilidade foi aferida de acordo com a soma de bases, saturação por bases e, principalmente, com a CTC dos solos. Os graus de limitação foram estimados para os componentes das unidades de mapeamento de solos. Essas informações foram obtidas do levantamento de solos na escala 1:10.000, realizado por Calderano Filho (2003) e Calderano Filho et al. (2004).

A análise final envolveu as interações entre os elementos geobiofísicos componentes da paisagem (litologia, relevo, solos), as condições climáticas, o uso e a cobertura atual, confrontados com a legislação ambiental vigente e informações socioeconômicas, levando-se em consideração que os critérios da legislação ambiental prevalecem sobre os demais e orientam na definição das indicações e recomendações de uso por unidade ambiental.

Para isso, contou-se com suporte de softwares e SIGs tanto para análises, cruzamentos e geração dos mapas, como para armazenamento e manipulação de dados geocodificados. O uso de SIGs constituem atualmente ferramenta adequada para auxiliar na elaboração de propostas de manejo e gestão ambiental. As vantagens de sua utilização, além da facilidade, rapidez na integração, manipulação e análise de dados, advêm da velocidade e do forte apelo gráfico na apresentação dos resultados, bem como da possibilidade de novas interações e reinterpretações a qualquer momento (TAGLIANI, 2002; CÂMARA et al., 2000; FOOTE, HUEBNER, 1995).

A aptidão agroecológica procura estimular o aproveitamento racional e sustentado das terras, definir áreas de preservação e/ou recuperação das qualidades ecológicas de terras degradadas, bem como sugerir atividades de recuperação para fortalecer ecossistemas frágeis. Enfoque na avaliação agroecológica pode ser encontrado em Witter (1993) e Witter et al. (1991, 1993).



no inverno (NIMER, 1977). Apresenta altos índices de precipitação pluviométrica com média total anual de 1.947 mm. A vegetação natural é representada pela floresta tropical perenifolia, caracterizada por apresentar vegetação exuberante, com formação densa e espécies arbóreas de grande porte, com predomínio de espécies características da Mata Atlântica, típicas de clima úmido (CALDERANO FILHO et al., 2004).

A área formada por terras altas e terras baixas (ROSS, 1996) é ocupada por pequenos produtores em regime de agricultura familiar com unidades de pequena dimensão e condicionada por fortes limitações geobiofísicas. Foi considerada de “equilíbrio frágil”, devido principalmente à posição delicada que ocupa na paisagem, aliada ao relevo muito acidentado com declividades acentuadas, submetida a elevados índices de precipitação, e constituída em grande parte por solos de textura média no horizonte superficial, o que a torna suscetível a violentos processos erosivos, engloba terras desmatadas, áreas aptas e inaptas para as atividades produtivas e áreas protegidas por lei.

## Metodologia

A partir da metodologia de avaliação das terras desenvolvida por Bennema et al. (1964), com modificações a partir da proposta de incorporação de critérios que se baseiam nas ofertas e restrições ambientais apresentadas em cada unidade ambiental delimitada e na legislação ambiental vigente, conforme Calderano Filho (2003), definiu-se um esquema de avaliação das condições agroecológicas das terras, aplicada a pequenas propriedades rurais. No método de Bennema et al. (1964), a avaliação era feita em quatro classes, indicadas para lavouras de ciclos curto e longo, em diferentes níveis de manejo.

As dificuldades em conseguir informações setoriais básicas, em escala adequada, disponíveis sobre a área, obrigou a geração dos dados no campo, tendo em vista os objetivos a serem alcançados.

A metodologia de avaliação da aptidão agroecológica fundamenta-se em alguns pontos básicos e enfatiza: geração do diagnóstico agroambiental em escala compatível e que dê respaldo à análise em nível de pequena propriedade agrícola; geração de uma base de dados ambientais (BDE); caracterização, avaliação e análise sistêmica da área e avaliação das potencialidades e fragilidades ambientais, com sugestão de um conjunto de medidas agroambientais.

A avaliação considerada envolve um conjunto de procedimentos metodológicos que, por meio de adaptações, possibilitam uma avaliação das terras, levando-se em consideração atributos e particularidades de cada unidade ambiental delimitada ou unidades físicas homogêneas, com base na legislação ambiental em vigor. Além de considerar aspectos dos elementos geobiofísicos, socioeconômicos, ecológicos, de uso agrícola e perfil tecnológico do agricultor local. É um modelo que permite ajustes e incorporações de fatores e atributos de limitação, possibilitando assim atender às exigências do nível de estudo e a área de interesse.

Nessa forma de abordagem, as unidades ambientais, por refletirem características e qualidades estáveis do meio e estarem sujeitas às mesmas ofertas e restrições ambientais impostas pelo meio, têm papel fundamental na avaliação.

Para isso, definiram-se unidades ambientais com base na estrutura e escultura da paisagem, considerando que estas refletem características e qualidades estáveis do meio. As unidades delimitadas retratam um maior nível de homogeneidade, menor nível de diversidade interna e maior coerência entre os componentes, com características intrínsecas próprias que as individualizam, estando portanto sujeitas às mesmas ofertas e restrições impostas pelo meio (CALDERANO FILHO, 2003; CALDERANO FILHO et al., 2006). Nas unidades delimitadas cabem quase que somente manejos adequados, uma vez que as limitações das terras já estão agrupadas nos solos, na declividade e nas condições ambientais distintas a cada compartimento.

Dessa forma, a individualização e compartimentação das unidades ambientais foi feita com base na estrutura e escultura da paisagem, ou seja, nos conteúdos geomorfológicos, geológicos, pedológicos e climáticos, além da fitofisionomia da vegetação florestal, conforme Tabelas 1 e 2.

A avaliação da aptidão agroecológica é realizada com base na análise das interações dos fatores e aspectos citados acima, conjugando com as limitações apresentadas pelos ecossistemas e restrições impostas pela legislação ambiental, aplicando conceitos de usos mistos (agrícolas e ambientais), para atender à agricultura familiar em pequenos módulos rurais.

Nesse sentido, conjugando aspectos dos elementos componentes da paisagem, como substrato geológico, vegetação, relevo com tipos e formas das encostas, características dos solos e do clima, numa abordagem integrada

**Tabela 1.** Matriz diagnóstica das unidades delimitadas.

| Unidade                     | Área (ha) | Relevo de declive   | Solo  | Litologia  | Geomorfologia   | Drenagem   | Uso e Cobertura   |
|-----------------------------|-----------|---|---|--|---|--|---|
| Baixo Vale Entulhado - BVE  | 27,85     | Piano<br>A - 0% a 3%<br>Altitude<br>950 m a 990 m                       | Gleissolo Háptico, Gleissolo Melânico associados a Neossolos Flúvicos, Solos álicos, distróficos e epiutróficos | Sedimentos argilo-arenosos, compreendendo aluviões fluviais recentes e formações aluviais e coluviais mais antigas referidas ao Holoceno | Planície de inundação com várzea do córrego Fonseca   | Maior eixo de drenagem é o córrego Fonseca, que corre seca, que corre mais próximo da vertente de maior altura. Rio meandrante com baixa capacidade de transporte e pequena velocidade da água, leito silto-argiloso | Predomínio de olerícolas; ocorre pouso e capoeira, feijão, fruticultura (caqui e pêra)                            |
| Alveólos Intermontanos - AI | 11,8      | Suave ondulado<br>B - 3% a 8%<br>Altitudes<br>990 m a 1.000 m e 1.100 m | Cambissolo Húmico e Hápticos; Gleissolo Háptico e Melânicos; Neossolo Flúvico, Solos álicos e distróficos       | Sedimentos argilo-arenosos, compreendendo aluviões fluviais recentes e formações aluviais e coluviais mais antigas referidas ao Holoceno | Áreas entulhadas com rampas de colúvio e poucos terraços. Vale suspenso de falha contido entre os blocos e paredes desnudados do batólito serra dos orgãos e encostas coluviais | Rede de canais perenes e intermitentes, com escoamento orientado. Maior volume de água e menor velocidade  | Fruticultura (pêra e caqui) Olerícolas, feijão, capineira, milho verde e capoeira. Quase não há cobertura vegetal |

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

| Unidade              | Área (ha) | Relevo de declive  | Solo  | Litologia  | Geomorfologia  | Drenagem  | Uso e Cobertura  |
|----------------------|-----------|--|---|--|--|---|--|
| Declives Suaves - DS | 102,4     | Ondulado<br>D - 14% a 20%<br>Altitude<br>1.000 m a 1.150 m | Cambissolo Háplico, Húmico, Latossolo Vermelho-amarelo típico e húmico. Solos álicos e distróficos com textura média argilosa e média/argilosa. Inclusão de solos rasos com drenagem imperfeita | Depósitos coluvionares de fases diversas, em mistura com produtos de alterações das rochas do Batólito Serra dos Órgãos, unidade Rio Negro e material pré-edaifizado | Encostas coluviais constituídas de material transportado, inclusão de depósitos de talus ocupando as áreas de sopé | Rede de canais perenes e intermitentes, com escoamento orientado. Velocidade e volume de água médio. Padrão dendrítico, subparalelo ao paralelo acompanhando as variações do relevo local | Pequenas manchas de floresta natural e capoeira. Predomínio de fruticultura, lavouras e olerícolas, reflorestamento com pinus e eucaliptos, Pastagem, pouso, capineira, ovelha |
|                      |           | Ondulado<br>C - 8% a 14%<br>Altitude<br>1.000 m a 1.150 m  | Cambissolo Háplico, Húmico. Latossolo Vermelho-Amarelo e inclusão de afloramento de rocha. Solos álicos e distróficos com textura média média/argilosa e argilosa                               | Depósitos coluvionares de fases diversas, em mistura com produtos de alterações das rochas do batólito Serra dos Órgãos, unidade rio negro e material pré-edaifizado | Encostas coluviais constituídas de material transportado   | Idem anterior   | Reflorestamento de cedro, cipreste e eucalipto, Pomar de caqui, lima, abacate, Pastagem, olerícolas, Capim brachiaria, feijão, milho verde e floresta natural                  |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Unidade              | Área (ha) | Relevo de declive   | Solo   | Litologia   | Geomorfologia  | Drenagem  | Uso e Cobertura   |
|----------------------|-----------|---|--|---|--|---|---|
| Topos Aplainados -TA | 7,74      | Ondulado<br>C - 8% a 14%<br>D - 14% a 20%<br>Altitudes<br>1.120 m a 1.180 m e 1.450 m | Latossolo Vermelho-Amarelo intercalados com solos rasos.<br>Cambissolo Háptico e Cambissolo Húmico | leucogranito, granodiorito e biotita granito, cortados, ocasionalmente, por veios de aplogranitos, apilitos e pegmatitos; pequena porção de biotita gnaíse bandeado sempre constituídas por quartzo, microlina, plagioclásios e máficos como constituintes essenciais e titanita, magnetilmenita e apatita, como acessórios mais frequentes | Encostas do cristalino, constituídas por material de decomposição "in situ" com seqüência de encostas e colinas circunda das por exposição rochosa caracterizam essa unidade | Predomínio de canais intermitentes e poucos canais perenes, mas de pequeno percurso padrão dendrítico, subparalelo e paralelo acompanhando as variações do relevo local | Manchas de floresta, capoeira, reflorestamento de eucaliptos e pouca pastagem natural |

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

| Unidade                   | Área (ha) | Relevo de declive   | Solo  | Litologia   | Geomorfologia  | Drenagem  | Uso e Cobertura   |
|---------------------------|-----------|---|---|---|--|---|---|
| Declives<br>Abruptos – DA | 57,38     | Montanhoso e<br>Escarpado<br>F - > 45%<br>Altitudes<br>1.050 m a 1.150 m<br>1.020 m a 1.400 m | Afloramento<br>de Rocha asso-<br>ciado a Neossolo<br>Litóico e inclusão<br>de Cambissolos<br>Háplicos rasos | leucogranito,<br>granodiorito e<br>biotita granito,<br>cortados,<br>ocasionalmente,<br>por veios de<br>aplogranitos,<br>aplitos e<br>pegmatitos;<br>sempre<br>constituídas por<br>quartzo, microlina,<br>plagioclásios<br>e máficos de<br>constituintes<br>essenciais, e<br>titanita, magneto-<br>ilmenita e apatita,<br>como acessórios<br>mais frequentes | Domínio das<br>escarpas e<br>blocos falhados,<br>com Segmentos<br>da Serra do<br>Mar, (Serra dos<br>Órgãos). Aflo-<br>ramentos de rocha<br>pré-cambrianas<br>caracterizando<br>localmente os<br>blocos rochosos<br>e salientes | O escoamento<br>é em maioria<br>difuso e com<br>grande veloci-<br>dade. Predomi-<br>nio de poucos<br>canais efêmeros.<br>Padrão dendri-<br>tico, subpara-<br>lelo e paralelo<br>acompanhando<br>as variações do<br>relevo local | Vegetação rupes-<br>tre com Líquens,<br>Musgos, Bromé-<br>lias recobridos as<br>encostas rochosas.<br>Reflorestamento<br>de eucaliptos e<br>manchas de<br>floresta rala |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Unidade                   | Área (ha) | Relevo de declive  | Solo   | Litologia   | Geomorfologia  | Drenagem  | Uso e Cobertura   |
|---------------------------|-----------|--|--|---|--|---|---|
| Declives<br>Abruptos – DA | 170,78    | Forte ondulado<br>E - 20% a 45%<br>Altitude<br>1.150 m a 1.300 m | Cambissolos<br>Hápicos e Húmicos,<br>Latoso Vermelho-<br>Amarelo típico e<br>húmico. Afloramento<br>de Rochas e<br>inclusão de Neossolo<br>Lítico. Solos<br>álícos e distróficos<br>com textura média,<br>média/argilosa e<br>argilosa | leucogranito,<br>granodiorito e<br>biotita granito,<br>cortados,<br>ocasionalmente,<br>por veios de<br>aplogranitos,<br>aplitos e<br>pegmatitos;<br>pequena porção a<br>NE biotita gnaisse<br>bandeado sempre<br>constituídas por<br>quartzto, microlina,<br>plagioclásios e<br>máficos como<br>constituintes<br>essenciais, e<br>titanita, magneto-<br>ilmenita e apatita,<br>como acessórios<br>mais frequentes | Escarpas e<br>blocos falhados,<br>com segmentos<br>da Serra do<br>Mar, (Serra<br>dos Órgãos)<br>caracterizada<br>por Encostas<br>do Cristalino,<br>constituídas por<br>material de de-<br>composição "in<br>situ" circundadas<br>por exposi-<br>ção rochosa.<br>Incluem-se<br>depósitos de<br>talus ocupando<br>as áreas de sopé | Predomínio de<br>canais perenes<br>e intermitentes<br>com escoamento<br>orientado, maior<br>velocidade e<br>volume de água.<br>Padrão dendrí-<br>tico, subpara-<br>lelo e paralelo<br>acompanhando<br>as variações do<br>relevo local | Predomínio de<br>Fragmentos de<br>Floresta natural.<br>Reforestamen-<br>to com pinus,<br>eucaliptos e cedro,<br>cultivo de louro,<br>fruticultura (lima,<br>abacate e caqui),<br>pastagem, pouso<br>e consórcio |
| Lago                      | 0,75      | 1.170 m a 1.190m   | Sedimentos variados<br>silto-areno-argilosos   | Sedimentos Silto-<br>areno-argilosos  | Leito do lago  | Lago perene<br>alimentado por<br>canal afluentes,<br>com canal emis-<br>sário que evita o<br>seu transborda-<br>mento   | Presença de<br>floresta tropical<br>perenifolia nas<br>margens  |

Fonte: Calderano Filho (2003).

**Tabela 2.** Características ambientais das unidades delimitadas.

| Unidades ambientais                           | Formas e processos associados  | Potencialidades                                     | Riscos ambientais   | Condicionantes  |                           | Classes de vulnerabilidade | Área (ha) |
|---|--|---|---|---|---------------------------|----------------------------|-----------|
|   |  |   |   | Critérios   | Rochosidade pedregosidade |                            |           |
| Baixo vale entulhado - BVE                    | Relevo plano. Tendência a sedimentação da planície e assoreamento da calha do rio;     | Ocupação diversificada com predomínio de olerícolas | Riscos de alagamento e inundação da planície fluvial, poluição e contaminação das águas | Vulnerabilidade moderada, condicionada por textura arenosa, presença de camadas orgânicas, risco de inundação e presença na superfície do lençol freático. Vegetação original de floresta tropical subperenifólia de várzea | -                         | Moderada - M               | 27,85     |
| Plano Declive - A = 0% a 3%                   | sedimentos arenosos, silto-argilosos. Terras baixas <sup>(2)</sup> > infiltração       |   |   |   |                           |                            |           |
| Alvéolos intermontano - AI                    | Relevo suave ondulado, processos erosivos nas encostas e calha fluvial;                | Ocupação diversificada com predomínio de olerícolas | Contaminação dos corpos líquidos e alagamentos  | Vulnerabilidade baixa, condicionada por risco ocasional de inundação e presença, na superfície, do lençol freático. Vegetação original de floresta tropical subperenifólia de várzea  | -                         | Baixa - B                  | 11,8      |
| Relevo - Suave ondulado Declive - B = 3% a 8% | entulhamento do alvéolo e da própria calha. Terras baixas <sup>(2)</sup> > infiltração |   |   |   |                           |                            |           |

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

| Unidades ambientais     | Formas e processos associados  | Potencialidades   | Riscos ambientais   | Condicionantes  |                           | Classes de vulnerabilidade | Área (ha) |
|-------------------------|--|---|---|---|---------------------------|----------------------------|-----------|
|                         |  |   |   | Critérios   | Rochosidade pedregosidade |                            |           |
| Declives suaves - DS    | Relevo ondulado, processos erosivos nas encostas e calha fluvial. Terras intermediárias <sup>(3)</sup>                             | Ocupação diversificada requerendo cuidados nas encostas e proteção das calhas, indicadas para fruticultura e olerícolas | Riscos de erosão e contaminação de fontes por nitratos e agrotóxicos. Poluição das águas, destruição das camadas superficiais do solo | Vulnerabilidade moderada, condicionada por declividade e presença de gradiente textural. Vegetação original de floresta tropical subperenifólia | ligeira                   | Moderada - M               | 41,45     |
| Relevo - Ondulado       | Infiltração maior que o escoamento   | Ocupação diferenciada requerendo cuidados especiais nas encostas e proteção das calhas, indicadas para fruticultura     | Encostas com solos muito suscetíveis à erosão. Destruição das camadas superficiais do solo e perda do conteúdo de matéria orgânica    | Vulnerabilidade alta, condicionada por declividade e textura do solo. Vegetação original de floresta tropical subperenifólia                    | ligeira                   | Alta - A                   | 102,4     |
| Declive - D = 14% a 20% | Relevo ondulado, processos erosivos nas encostas e calha fluvial. Terras altas <sup>(1)</sup> . Escoamento maior que a infiltração |   |   |   |                           |                            |           |

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

| Unidades ambientais  | Formas e processos associados  | Potencialidades  | Riscos ambientais   | Condicionantes   |                           | Classes de vulnerabilidade | Área (ha) |
|----------------------|--|--|---|--|---------------------------|----------------------------|-----------|
|                      |  |  |   | Critérios  | Rochosidade pedregosidade |                            |           |
| Topos aplanados - TA | Relevo suavizado a ondulado, área geradora de clásticos. Predomina processo de erosão nas encostas e calha fluvial. Terras altas <sup>(1)</sup> , > infiltração superficial e < escoamento superficial | Devido à posição na paisagem, são indicadas para reserva biológica, preservação permanente e exploração de apiário | Áreas com declives entre 8% a 14%. Encostas que se forem desmatadas e usadas de forma intensiva podem sofrer intenso processo de erosão e até deslizamentos, nos períodos de maior precipitação |  |                           |                            |           |
| Ondulado             |  |  |   | Vulnerabilidade alta, condicionada por ambiente ecológico muito frágil. Vegetação original de floresta | ligeira                   | Alta - A                   | 5,54      |

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

| Unidades ambientais  | Formas e processos associados   | Potencialidades                                | Riscos ambientais   | Condicionantes  |                           | Classes de vulnerabilidade | Área (ha) |
|----------------------|---|--|---|---|---------------------------|----------------------------|-----------|
|                      |   |  |   | Critérios   | Rochosidade pedregosidade |                            |           |
| Topos aplaiados - TA | Relevo suavizado a ondulado, área geradora de clásticos.  | Reserva biológica,                             | Áreas com declives entre 14% a 20%.   | Vulnerabilidade muito alta, condicionada por ambiente ecológico   |                           |                            |           |
| Relevo - Ondulado    | Predomina processo de erosão nas encostas e calha fluvial. Terras altas <sup>(1)</sup> , > infiltração e < escoamento superficial | preservação permanente e exploração de apiário | Encostas que se forem desmatadas e usadas de forma intensiva podem sofrer deslizamentos, nos períodos de maior precipitação | muito frágil, espessura do solum, declividade e clima. Vegetação original de floresta tropical subperemifolia | ligeira                   | Muito alta - MA            | 2,2       |

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

| Unidades ambientais     | Formas e processos associados  | Potencialidades  | Riscos ambientais   | Condicionantes  |                           | Classes de vulnerabilidade | Área (ha) |
|-------------------------|--|--|---|---|---------------------------|----------------------------|-----------|
|                         |  |  |   | Critérios   | Rochosidade pedregosidade |                            |           |
| Declives abruptos - DA  | Relevo forte ondulado, processos erosivos nas encostas e calha fluvial. Terras altas <sup>(1)</sup> , escoamento maior que a infiltração | Ocupação diferenciada em função da fragilidade local, Reforestamento. Fruticultura nas encostas, com práticas e cuidados con-servacionistas e floresta nas calhas e terço superior | Encostas íngremes com solos altamente suscetíveis à erosão. Destruição das camadas superficiais do solo e perda do conteúdo de matéria orgânica | Vulnerabilidade alta, condicionada por espessura do solum, textura, declividade, e pedregosidade. Vegetação original de floresta tropical superemifolia | moderada                  | Muito alta - MA            | 170,78    |
| Relevo - Forte ondulado | Relevo montanhoso a escarpado. Predomina processos erosivos nas encostas. Terras altas <sup>(1)</sup> , < infiltração e > escoamento     | Preservação Permanente   | Deslocamentos, esfoliação e deslizamentos   | Vulnerabilidade extremamente alta, condicionada por declividade, espessura do solum e rochosidade. Vegetação original de campo rupestre                 | abundante                 | Extremamente alta - EA     | 57,38     |
| Declive - E - 20% a 45% | Relevo montanhoso a escarpado. Predomina processos erosivos nas encostas. Terras altas <sup>(1)</sup> , < infiltração e > escoamento     | Preservação permanente, criação de peixes  | Extravasamento, inundação da planície fluvial   | -   | -                         | -                          | 0,75      |

<sup>(1)</sup> Predominam formas denudacionais, processo de perda . <sup>(2)</sup> Predominam formas agradacionais, processos de acumulação. <sup>(3)</sup> Predominam os dois processos: perda e acumulação.

Fonte: Terras altas e baixas, sugerido por Ross (1996).

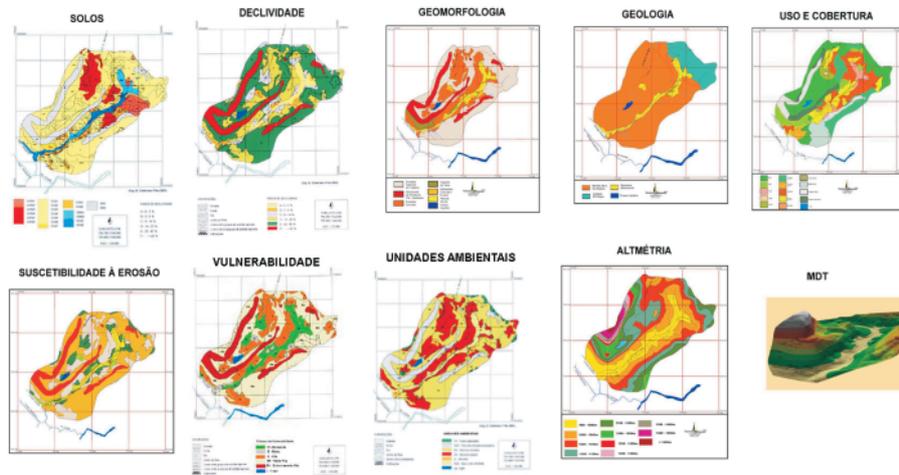
que reflete a natureza e a intensidade das potencialidades e limitações impostas pelo meio, além dos impactos que a atividade produtiva pode causar em ecossistemas frágeis, bem como a capacidade de suporte dos elementos geobiofísicos componentes da paisagem diante de tais impactos e suas repercussões e influências sobre a qualidade do ambiente e o regime hídrico, são estabelecidas as classes de aptidão agroecológica.

Os fatores físicos limitantes considerados, bem como a atribuição dos graus de intensidade de limitação a cada um dos cinco fatores limitantes, são os mesmos utilizados em Benemma et al. (1964) e Ramalho Filho e Beek (1993). Os graus de limitação foram estimados para os componentes das unidades de mapeamento de solos que compõem as unidades ambientais, e por unidade ambiental foram separados os níveis de fragilidade, considerando as informações dos elementos componentes da paisagem, produzidas com o diagnóstico agroambiental (CALDERANO FILHO, 2003; CALDERANO FILHO et al., 2006).

Todas as informações cartográficas necessárias foram preparadas em ambiente de geoprocessamento. Após a geração do diagnóstico agroambiental, montou-se, em meio digital, uma base de dados espaciais (BDE) composta de mapas de altimetria, hidrografia, hipsometria, limites, edificações e malha viária, gerados a partir da restituição planialtimétrica, mais a conversão dos mapas temáticos em meio analógico, gerados com o diagnóstico, para o meio digital (Figura 2). Dessa forma, as informações produzidas e armazenadas na (BDE) foram associadas com informações socioeconômicas, de pluviosidade e de áreas protegidas por legislação específica ou reservas existentes, constituindo assim um conjunto de informações agrossocioambientais e alimentando um cadastro preparado para o uso do SIG, que funcionou como ferramenta de auxílio para a geração de mapas derivados, como o MDT, de suscetibilidade à erosão, de vulnerabilidade ambiental e o mapa de unidades ambientais.

Para isso, contou-se com suporte de softwares e SIGs, tanto para análises, cruzamentos e geração dos mapas, como para armazenamento e manipulação de dados geocodificados. Essas informações foram sobrepostas e interpostas em várias combinações com auxílio do SIG, onde foram gerados vários produtos temáticos, nos quais foram identificadas áreas consideradas prioritárias para o uso e conservação ambiental. A forma de entrada de dados foi feita via digitalização e escanização, mediante a importação de arquivos. Utilizaram-se os softwares

de sistema de informação geográfico Arc/Info (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, 1994), e ArcView, (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, 1994), na edição final.



**Figura 2.** Bases temáticas armazenadas na BDE e utilizadas na avaliação da aptidão agroecológica.

Fonte: Calderano Filho (2003).

A partir das informações contidas no diagnóstico agroambiental da área, avaliou-se a vulnerabilidade ambiental e a suscetibilidade das terras à erosão.

Os graus de suscetibilidade à erosão resultaram do cruzamento de informações contidas no mapa de solos e na avaliação das características genéticas dos solos, classes texturais, declividade e uso atual. As classes de declives adotadas foram: 0% a 3% (plano), 3% a 8% (suave), 8% a 14% (moderadamente ondulado), 14% a 20% (ondulado), 20% a 45% (forte ondulado), 45% a 100% (montanhoso), acima de 100% (escarpado).

A suscetibilidade dos solos à erosão está na dependência das condições climáticas (especialmente do regime pluviométrico), das condições do solo (textura, estrutura, permeabilidade, profundidade, capacidade de retenção de água, presença ou ausência de camada compacta e pedregosidade), das condições do relevo (declividade, extensão da pendente e microrrelevo) e da

cobertura vegetal. Os graus adotados de limitação por suscetibilidade à erosão considerados foram: Nulo (N = < 3%), Ligeiro (L= 3% a 8%), Ligeiro a Moderado (L/M), Moderado (M = 8% a 14%), Forte (F = 14% a 20%), Muito Forte (MF = 20% a 45%), Extremamente Forte (EF = > 45%).

A avaliação da vulnerabilidade ambiental das terras abrange a análise do potencial e dos riscos (BATJES; BRIDGES, 1997). Ela fornece um status da situação atual e varia em função dos solos, do clima, dos tipos de uso, do uso de produtos químicos, etc. Difere da avaliação de riscos que são previsões futuras (ISRIC; FAO, 2000). A análise empírica da fragilidade envolve estudos básicos do relevo, da litologia, da estrutura do solo, do uso da terra e do clima (ROSS, 1996).

Conforme avaliações realizadas por Batjes e Bridges (1997) e ISRIC e FAO (2000), foram identificados os principais fatores relacionados à vulnerabilidade das terras, que foram separadas, segundo sugestão de Ross (1996), em terras altas, ou seja, unidades morfológicas que apresentam formas denudacionais e estão suscetíveis a processos de perda, principalmente por erosão, e terras baixas, que são unidades morfológicas que possuem formas agradacionais e estão sujeitas a processos de acumulação.

Os graus de vulnerabilidade ambiental foram obtidos com o cruzamento de informação fornecida pelo diagnóstico agroambiental e a superposição temática dos mapas de solos, declive e suscetibilidade dos solos à erosão, considerando os níveis de fragilidade ambiental.

Por ser uma área montanhosa, os fatores preponderantes, de maior peso, condicionantes da vulnerabilidade, são declividade, tipos de solo e índices pluviométricos, estando os condicionantes uso e cobertura atual em segundo plano, como fatores que podem induzir ou amenizar a degradação. A precipitação é um índice praticamente fixo para toda a área. Onde ocorrem situações de relacionamento entre extremos de vulnerabilidade segundo a declividade, com extremos de vulnerabilidade segundo fatores pedológicos, o uso e a cobertura atual, aliados a características do solo como drenagem, rochosoidade, pedregosidade e vegetação original, funcionam como mecanismo de compensação. Utilizou-se a vegetação original com o objetivo de inferir o tipo climático predominante (EMBRAPA, 1980), e a cobertura atual como efeito protetor e capacidade de amortizar ou amenizar a ação das águas.

Área de estudo foi subdividida em terras altas e terras baixas e classificadas nas classes de vulnerabilidade. Os graus de vulnerabilidade ambiental adotados foram: Baixa (B), Moderada (M), Alta (A), Muito Alta (MA) e Extremamente Alta (EA). Na tabela 2, são apresentadas as classes de vulnerabilidade e os fatores condicionantes para a classificação das terras. Essas avaliações, aqui consideradas como interpretações úteis ao planejamento, são etapas que antecederam a avaliação da aptidão agroecológica e auxiliaram na avaliação final da área.

A análise final procura orientar na definição das classes de aptidão agroecológica de cada unidade ambiental e nas recomendações de uso, mostrando as áreas agricultáveis e não agricultáveis, além da estratificação da área estudada em classes de aptidão agroecológica. Essa avaliação procura estimular o aproveitamento racional e sustentado das terras, define áreas de preservação e/ou recuperação das qualidades ecológicas de terras degradadas, bem como sugere atividades de recuperação para fortalecer ecossistemas frágeis.

Os critérios da legislação ambiental prevalecem sobre os demais e orientam na definição das indicações e recomendações de uso por unidade ambiental. Em cada uma das unidades definidas, associou-se um conjunto de indicações relativas às suas limitações e potencialidades, ofertas e restrições ambientais, fragilidades e riscos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região é sujeita a uma dinâmica geomorfológica intensa e uma morfodinâmica que substituiu a floresta original por atividades agrícolas, imprimindo ao cenário atual uma paisagem de aspecto antrópico, com intensa ocupação do solo (CALDERANO FILHO et. al, 2004). A paisagem hoje se apresenta rica e variada, refletindo essa evolução mas também os grandes contrastes espaciais delimitados pela altitude, pela exposição das vertentes e pela ação antrópica. As constantes transformações na paisagem deixaram restritas as áreas de maior altitude à vegetação original. Nos trechos onde a floresta ocupava encostas e vales mais suaves, a vegetação encontra-se bastante alterada, como é o caso da mata ciliar. Aproximadamente 30% da área ainda se encontra preservada em matas nativas. Nesses remanescentes, embora menos frequente que outrora, nota-se a predominância de espécies características da Mata Atlântica, como canelas

(várias), óleo vermelho, angico, peroba, jacatirão e outras, em contraste com o efeito decorativo do murici, dos ipês, do fedegoso arbóreo, das quaresmeiras e das embaúbas. (EMATER, 1994; CALDERANO FILHO 2003). Onde há exposição rochosa, predomina vegetação rupestre. Nos topos das rochas, onde a declividade permite, acumula-se uma camada húmica rasa em contato direto com o substrato rochoso, ou associada a Solos Litólicos, favorecendo o aparecimento de vegetação de aspecto arbóreo. Na várzea, já modificada pelo uso, predominam ciperáceas e vegetação rasteira.

No presente estudo, por ser uma área pouco extensa de equilíbrio frágil, ocupada por pequenos produtores na Serra do Mar, condicionada a fortes limitações quanto ao relevo vigoroso e à fertilidade natural dos solos, e sujeita às restrições da legislação ambiental vigente, direcionou-se a avaliação para a eleição de alternativas sustentáveis de utilização das terras.

A metodologia utilizada para espacialização e identificação das unidades ambientais (CALDERANO FILHO et al., 2006) permitiu identificar e separar sete unidades dentro da microbacia do Córrego Fonseca, a partir de atributos geológicos, pedológicos e de relevo. A Tabela 1 mostra os parâmetros utilizados na delimitação das unidades ambientais.

Os graus de limitação foram estimados para os componentes das unidades de mapeamento de solos que compõem as unidades ambientais. Por unidade ambiental, foram separados os níveis de fragilidade, considerando as informações dos elementos componentes da paisagem produzidas com o diagnóstico agroambiental (Tabela 2).

A metodologia completa de trabalho com maior detalhamento pode ser encontrada em Calderano Filho (2003), onde é efetuada a análise sistêmica da área por subsistema ambiental. As informações completas sobre as classes de solos identificadas no campo, subdivisão de unidades de mapeamento, dados e descrição de perfis e classes de solos identificadas e registradas, encontram-se em Calderano et al. (2004).

#### Avaliação da aptidão agrícola

A avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO; BEEK, 1993) foi efetuada para todas as unidades de mapeamento estabelecidas e cartografadas no levantamento de solos da área. Nesta avaliação, não se consideram a irrigação e a avaliação para fruticultura. Para cada característica das

unidades de mapeamento (fertilidade, textura, relevo, profundidade efetiva, drenagem, suscetibilidade à erosão, salinidade, pedregosidade e/ou rochiosidade, entre outras) foram estabelecidas diferentes classes e/ou graus de limitação, conforme Ramalho Filho e Beek (1993).

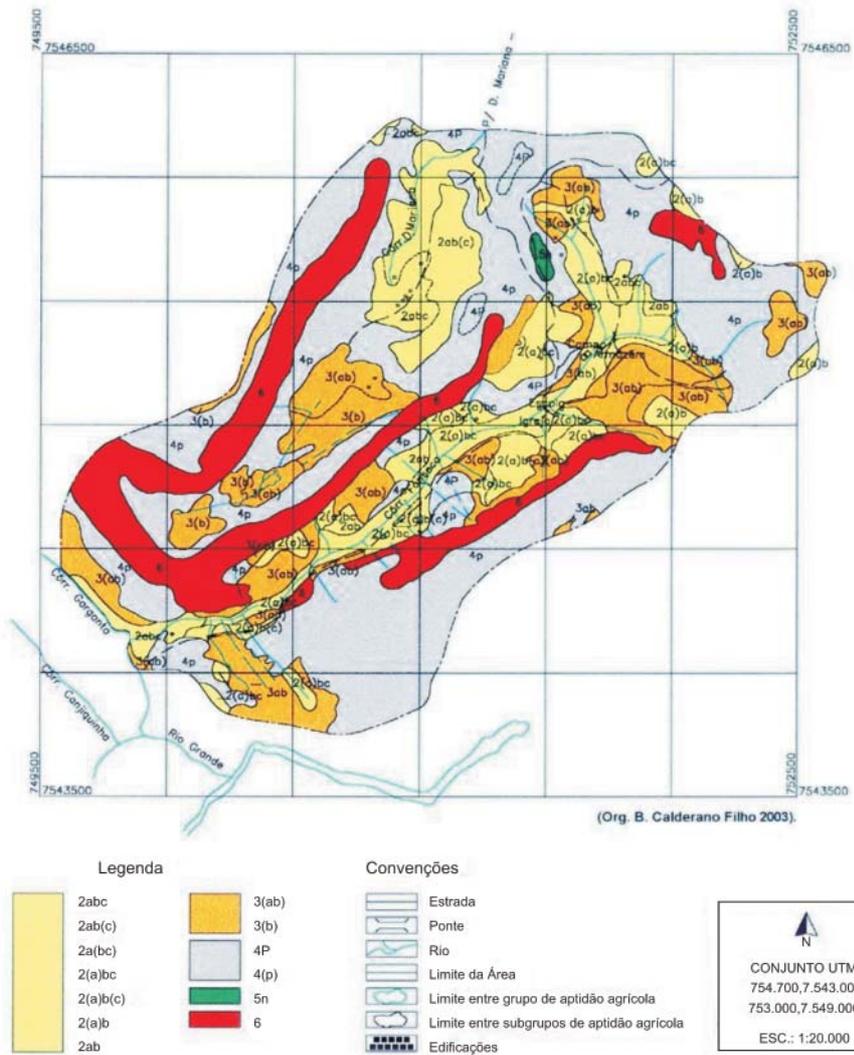
Nesta avaliação, as unidades de mapeamento foram enquadradas nas seguintes classes de aptidão: boa, regular, com restrição ou inapta, conforme as características que apresentam. O parâmetro excesso de água/deficiência de oxigênio não apresenta desvios nas terras altas, enquanto nas baixas compromete o desempenho das culturas. Isentas da classe Boa, as terras da área de estudo apresentam a seguinte distribuição de classes de aptidão: 47,37% de classe Regular, 37,47% de classe Restrita e 15,16% de classe Inapta. As limitações por declividade configuram-se no fator limitante de maior importância, seguidas por fertilidade natural e presença de rochiosidade.

Com base nos resultados da avaliação da aptidão agrícola, verificou-se que a área de estudo apresentou moderada potencialidade agrícola, em que 41,14% (172,89 ha) de suas terras são adequadas para o uso com lavouras. Para uso com atividades menos intensivas, encontrou-se um total de 43,70%, sendo 43,44% (182,64 ha) indicadas para pastagem plantada e 0,26% (1,12 ha) para as atividades de silvicultura e/ou pastagem natural. As áreas sem aptidão agrossilvipastoril, que devem ser destinadas à preservação da fauna e da flora, representam 15,16% (63,72 ha).

A Figura 3 mostra a distribuição espacial das classes de aptidão e a Tabela 3 mostra os resultados da avaliação da aptidão agrícola das terras pelo método tradicional.

#### Avaliação Agroecológica

Na elaboração da avaliação agroecológica, consideram-se as restrições, limitações, potencialidades e propriedades das unidades ambientais delimitadas, a legislação ambiental vigente, associadas aos aspectos geobiofísicos, socioeconômicos, ecológicos, de uso agrícola e perfil tecnológico do agricultor. As interações dos fatores e aspectos aqui citados, conjugados às limitações apresentadas pelos ecossistemas e restrições impostas pela legislação ambiental, orientam na definição das classes de aptidão agroecológica de cada unidade



**Figura 3.** Mapa de Aptidão Agrícola das Terras.  
 Fonte: Calderano Filho et al. (2004).

**Tabela 3.** Classificação da aptidão agrícola das terras.

| <b>Símbolo<br/>unidade de<br/>mapeamento</b> | <b>Declive</b> | <b>Principais<br/>fatores<br/>limitantes<sup>(1)</sup></b> | <b>Classes de<br/>aptidão<br/>agrícola<sup>(2)</sup></b> | <b>Área<br/>(ha)</b> | <b>(%)</b> |
|--|----------------|--|--|----------------------|------------|
| LVA <sub>dh</sub> 1                          | D              | F,e  | 2(a)b(c)   | 3,76                 | 0,90       |
| LVA <sub>dh</sub> 1                          | E              | F,E,M  | 3(ab)  | 1,90                 | 0,45       |
| LVA <sub>dh</sub> 2                          | D              | f,e  | 2ab(c)   | 6,01                 | 1,43       |
| LVA <sub>w</sub> 1                           | C              | F,e,m  | 2(a)bc   | 1,50                 | 0,36       |
| LVA <sub>w</sub> 1                           | D              | F,e,m  | 2(a)b  | 3,54                 | 0,84       |
| LVA <sub>w</sub> 1                           | E              | F,E,M  | 3(ab)  | 2,25                 | 0,53       |
| LVA <sub>d</sub> 1                           | E              | F,E,M  | 3(ab)  | 9,56                 | 2,27       |
| LVA <sub>w</sub> 2                           | C              | f,e,m  | 2abc   | 6,47                 | 1,54       |
| LVA <sub>d</sub> 2                           | D              | f,e,m  | 2ab(c)   | 20,18                | 4,80       |
| CX <sub>bd</sub> 1                           | C              | F,e  | 3(ab)  | 7,99                 | 1,90       |
| CX <sub>bd</sub> 1                           | D              | F,e,m  | 3(b)   | 15,52                | 3,69       |
| CX <sub>bd</sub> 1                           | E              | F,E,M  | 4P   | 45,18                | 10,75      |
| CX <sub>bd</sub> 2                           | C              | f,e  | 2ab  | 3,37                 | 0,80       |
|  | D              | f,e,m  | 3(ab)  | 4,22                 | 1,10       |
|  | E              | F,E,M  | 4p   | 3,80                 | 0,91       |
| CX <sub>bd</sub> 3                           | C              | F,e  | 3(ab)  | 4,65                 | 1,11       |
|  | D              | F,e,m  | 4P   | 11,23                | 2,67       |
|  | E              | F,E,M  | 4p   | 24,52                | 5,83       |
| CX <sub>bd</sub> 4                           | C              | F,e,m  | 2(a)b  | 7,43                 | 1,77       |
|  | D              | F,e,m  | 3(ab)  | 17,88                | 4,26       |
|  | E              | f,E,M  | 4p   | 79,13                | 18,82      |
| CX <sub>bd</sub> 5                           | C              | o,e  | 3(ab)  | 1,54                 | 0,37       |
|  | D              | O,f,m  | 2ab  | 1,30                 | 0,31       |

Continua...

**Tabela 3.** Continuação.

| <b>Símbolo unidade de mapeamento</b> | <b>Declive</b> | <b>Principais fatores limitantes<sup>(1)</sup></b> | <b>Classes de aptidão agrícola<sup>(2)</sup></b> | <b>Área (ha)</b> | <b>(%)</b>    |
|--------------------------------------|----------------|--|--|------------------|---------------|
| CXbd6                                | C              | F,e  | 2ab  | 0,25             | 0,06          |
|                                      | D              | F,e,m  | 3(ab)  | 9,27             | 2,20          |
|                                      | E              | F,E,M  | 4p   | 18,76            | 4,46          |
| CXbd7                                | D              | f,e,m  | 5n   | 1,11             | 0,26          |
|                                      | E              | f,E,M  | 6  | 2,88             | 0,69          |
| CHd1                                 | C              | F,O  | 2(a)b(c)   | 2,43             | 0,58          |
|                                      | D              | F,O,e,m  | 2(a)bc   | 10,31            | 2,45          |
|                                      | E              | F,E,M  | 3(ab)  | 3,30             | 0,78          |
| CHd2                                 | E              | F,M  | 6  | 2,92             | 0,69          |
| GMd1                                 | A              | f,O  | 2(a)bc *   | 4,17             | 0,99          |
| GMd2                                 | A              | f,O  | 2(a)bc *   | 8,88             | 2,11          |
| GXbd1                                | A              | F,O  | 2(a)bc   | 10,76            | 2,56          |
| GXbd2                                | B              | f,O  | 2abc *   | 4,05             | 0,96          |
| AR1                                  | F              |  | 6  | 54,50            | 12,97         |
| AR2                                  | E              |  | 6  | 2,88             | 0,68          |
| Lago                                 | --             |  | 6  | 0,75             | 0,15          |
| <b>TOTAL</b>                         |                |  |  | <b>420,15</b>    | <b>100,00</b> |

<sup>(1)</sup> Principais fatores limitantes: E = suscetibilidade à erosão; F = deficiência de fertilidade; H = deficiência hídrica; O = excesso de água; M = impedimentos à mecanização.

<sup>(2)</sup> Classes de aptidão agrícola das terras: 2abc = terras pertencentes à classe de aptidão Regular nos níveis de manejo A, B e C; 2ab(c) = terras pertencentes à classe de aptidão regular nos níveis de manejo A e B, e restrita no nível C; 2(a)bc = terras pertencentes à classe regular nos níveis de manejo B e C, e restrita no nível A; 2(a)b(c) = terras pertencentes à classe Regular no nível de manejo B e Restrita nos níveis A e C; 2(a)b = terras pertencentes à classe de aptidão Regular no nível de manejo B, Restrita no nível A e Inapta no nível C; 2ab = terras pertencentes à classe de aptidão Regular nos níveis de manejo A e B e Inapta no nível C; 3(ab) = terras pertencentes à classe de aptidão Restrita nos níveis de manejo A e B e Inapta no nível C; 3(b) = terras pertencentes à classe de aptidão Restrita no nível de manejo B e Inapta nos níveis C e A; 4P = terras pertencentes à classe de aptidão boa para pastagem plantada; 4(p) = terras pertencentes à classe Restrita para pastagem plantada; 5n = terras pertencentes à classe de aptidão Regular para pastagem natural e a classe Inapta para silvicultura; 6 = terras indicadas para a preservação da flora e da fauna; \* = Terras não indicadas para culturas de ciclo longo ou silvicultura, por problemas de excesso de água; \_ \_ \_ = símbolo indicativo de que ocorrem terras, em menor proporção, com aptidão inferior à representada no mapa; \_ \_ \_ = símbolo indicativo de que ocorrem terras, em maior proporção, com aptidão superior à representada no Mapa.

ambiental e nas recomendações de uso, mostrando as áreas agricultáveis e não agricultáveis.

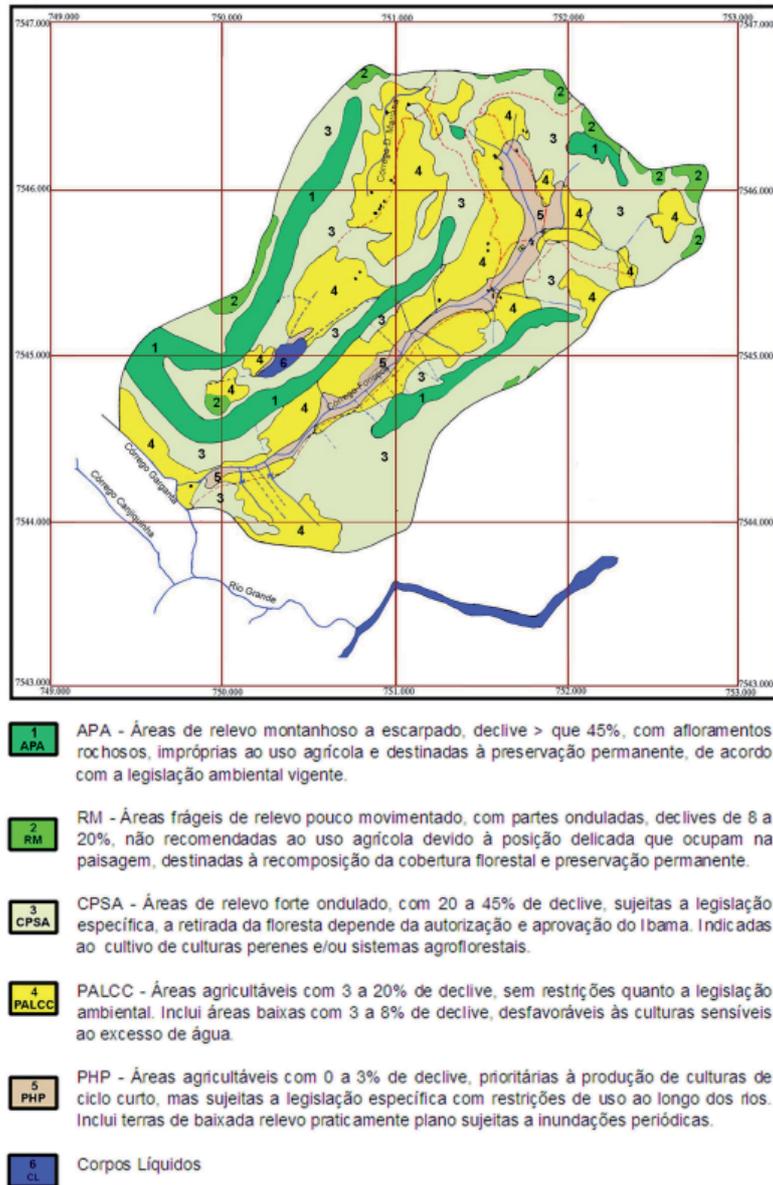
A interpretação da aptidão agroecológica foi feita com base nas unidades ambientais delimitadas. A avaliação é efetuada para todas as unidades de mapeamento estabelecidas e cartografadas no levantamento de solos considerados que compõem as unidades ambientais. Os graus de limitação foram estimados para os componentes das unidades de mapeamento de solos que compõem as unidades ambientais e foram separados os níveis de fragilidade, considerando as informações dos elementos componentes da paisagem produzidas com o diagnóstico agroambiental existente.

As terras sem aptidão agrícola, indicadas para preservação da flora e da fauna, que correspondem ao grupo seis no SAAAT<sup>8</sup>, foram separadas em três subclasses: a) áreas de preservação permanente, parques, reservas (áreas protegidas por lei), b) áreas que devem ser preservadas por constituir ecossistemas frágeis, ou por apresentar forte restrição agroambiental, decorrente de condições especiais, como a posição delicada que ocupam na paisagem e o fato de serem áreas de recomposição de matas.

A indicação de alternativas sustentáveis de utilização das terras para a área de estudo, mostrando as áreas não agricultáveis e agricultáveis, é apresentada na Figura 4 e descrita abaixo nas classes: 1) áreas inaptas para qualquer tipo de atividade (áreas de preservação); 2) áreas passíveis de recuperação (quando degradadas), 3) áreas aptas para lavouras perenes e sistemas agroflorestais; 4) áreas aptas para lavoura de ciclo curto.

1) *Áreas inaptas para qualquer tipo de atividade*: representadas pelas áreas de preservação, descritas como áreas de proteção de preservação ambiental (APA) – correspondem a unidade ambiental *declives abruptos*. São ecossistemas frágeis de relevo montanhoso, a grande maioria com blocos rochosos salientes e escarpas de granito, intercalados com afloramentos rochosos que ocorrem associados a solos rasos, Neossolos Litólicos e pequenas inclusões de Cambissolos Háplicos e Húmicos, nos quais predominam fragmentos florestais e vegetação rupestre. Incluem, predominantemente, áreas protegidas por lei com declive maior que 45%, terras inaptas ao uso agrícola sustentado, fato que decorre de fortes limitações do solo, relevo, rochoso e suscetibilidade a riscos e a erosão extremamente forte.

<sup>8</sup> Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras.



**Figura 4.** Mapa de Aptidão Agroecológica das Terras.

Fonte: Calderano Filho (2003).

São impróprias ao uso agrícola e destinadas à preservação permanente (flora e fauna), de acordo com a legislação ambiental vigente, ou por se situar em relevo acidentado, pela presença de remanescentes de Mata Atlântica, ou para proteção de nascentes e manutenção de cursos d'água.

2) *Áreas passíveis de recuperação*: representadas por áreas de recomposição de matas (RM), correspondem à unidade ambiental *topos aplainados*. São ecossistemas frágeis, de relevo pouco movimentado, com partes onduladas e declives de 8% a 20%, suscetíveis a violentos processos erosivos devido à posição delicada que ocupam na paisagem, sobrepondo os declives abruptos. Compõem-se, predominantemente, por terras desmatadas, com ocorrência de solos profundos e pouco profundos, intercalados com solos rasos como Cambissolos Háplicos e Húmicos, acompanhados de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. O relevo e textura dos solos que aí ocorrem, aliados às precipitações concentradas e abundantes no período chuvoso, podem provocar impactos negativos de grandes dimensões ao meio ambiente, como voçorocamentos, movimentos de massa de certa amplitude e inundações no restante da bacia. Não são recomendadas ao uso agrícola e devem ser destinadas à preservação permanente. A cobertura florestal deve ser reconstituída sob pena de se perderem as terras por erosão. Recomenda-se a reconstituição das áreas desmatadas com espécies nativas; a apicultura poderá ser uma atividade permitida nessas áreas.

Práticas conservacionistas devem ser adotadas para controle da erosão e preservação dessa unidade, estimulando a revegetação. São áreas de grande importância no reabastecimento das águas subterrâneas das bacias adjacentes.

3) *Áreas aptas para lavouras perenes e sistemas agroflorestais*: representadas por áreas propícias ao cultivo de culturas perenes e/ou sistemas agroflorestais (CPSA), são elevações com menor altitude do que as serras e praticamente desprovidas de afloramentos de rochas, correspondentes à unidade *declives abruptos*, onde ocorrem Cambissolos Háplicos e Húmicos, seguidos de Latossolos Vermelhos-Amarelos típicos e húmicos, e pequena ocorrência de Neossolos Litólicos. São terras que, apesar de frágeis, são capazes de suportar o cultivo de culturas perenes (fruticultura) ou sistemas agroflorestais. Incluem áreas de relevo forte ondulado, com 20% a 45% de declive, sujeitas à legislação específica. A retirada da floresta depende da autorização e aprovação do Ibama. Ocorrência dominante de terras que permitem, em sua quase totalidade, apenas o uso de implementos de tração animal ou máquinas

especiais. O relevo forte ondulado, predomínio de solos de textura média, a suscetibilidade dos solos à erosão e a baixa fertilidade natural são os principais fatores restritivos da área. O principal risco é o da erosão acelerada com perda do horizonte A. Essas terras apresentam, na sua maioria, grau de limitação forte, resultado de susceptibilidade à erosão. O desmatamento, a inclinação, o tipo de solo e o regime de chuvas explicam os maiores cuidados e preocupações com essa unidade, uma vez que a ampliação dos riscos que aí ocorrem estão na dependência direta do uso, manejo e das práticas agrícolas adotadas. Não se recomenda o uso com culturas que exponham ou revolvam muito a camada superficial dos solos, devendo ser prioritariamente exploradas com lavouras climaticamente adaptadas. O cultivo de lavouras perenes deve seguir técnicas de conservação de solos para controle da erosão.

4) *Áreas aptas para lavoura de ciclo curto*: são representadas por três tipos, a saber:

4.1) *Áreas propícias à produção agrícola (PALCC)*: correspondem a unidade ambiental *declives suaves*. São áreas agricultáveis com declive entre 8% a 20%, em sua grande maioria sem restrições quanto à legislação ambiental. Incluem encostas coluviais de relevo ondulado com trechos suave ondulados, com ocorrência marcante de material deposicional. Compõem-se, predominantemente, de solos que somam boas condições de uso agrícola, apresentando boa profundidade e boas condições de permeabilidade, não apresentando camadas impeditivas em profundidade que impeçam ou dificultem o desenvolvimento das raízes, como os Cambissolos Háplicos e Húmicos, seguidos de Latossolos Vermelhos-Amarelos típicos e húmicos. Ocasionalmente ocorrem, em posição de meia encosta, solos com drenagem imperfeita, fase rochosa e solos intermediários da classe dos Latossolos, profundos e pouco profundos de textura variada. Também ocorrem, inclusas, áreas de menor potencial com vertentes curtas como as calhas e cabeceiras de drenos, que devem ser preservadas ou reflorestadas. A posição na paisagem, relevo, textura e erodibilidade dos solos, bem como a ocorrência da falta de água disponível durante certo período do ano, a limitação ao uso de implementos agrícolas, que permitem apenas o uso de implementos de tração animal ou máquinas especiais de pequeno porte e o risco de contaminação de aquíferos e fontes localizadas no sopé da serra, são todos os principais fatores limitantes da unidade. Exigem um manejo que minimize as perdas da matéria orgânica

do solo, com cuidados especiais no uso de água de irrigação e no tráfego de máquinas. Nas encostas usadas com agricultura, as medidas antierosão são uma obrigação e entradas de fertilizantes orgânicos e inorgânicos, para suprir as deficiências de fertilidade dos solos, são exigidas. Embora ocorram pequenas áreas no sopé das encostas abruptas com condições de solo e de declive favoráveis ao uso agrícola, essas atividades não devem ser incentivadas; ao contrário, deve-se estimular o reflorestamento. Essas áreas têm grande importância na manutenção de algumas nascentes e no reabastecimento das águas subterrâneas da bacia adjacente.

4.2) *Áreas propícias à produção de lavouras de ciclo curto (PALCC)*: áreas agricultáveis com declive de 3% a 8%, sem restrições quanto à legislação ambiental. Correspondem a unidade *alvéolos intermontanos* e incluem áreas baixas de relevo suave ondulado, entulhadas com depósitos sedimentares de material argiloarenosos, com maior umidade e sujeitas a menores riscos de inundações, onde se desenvolvem solos com profundidade variada e drenagem imperfeita, como os Cambissolos Háplicos, seguidos de Gleissolos Háplicos associados a Neossolos Flúvicos desenvolvidos de material diverso, mas com melhores condições de fertilidade natural e indicados para o uso com culturas de ciclo rápido ou adaptadas ao excesso de umidade. As características dos solos variam muito, principalmente em função da natureza do material originário, e apresentam permeabilidade muito condicionada pela natureza e sequência dos estratos, sendo o fator limitante a presença de lençol freático relativamente pouco profundo. Os riscos de salinização, contaminação e de inundação são as principais limitações. No manejo das águas de irrigação será fundamental o controle ou prevenção da salinização. Apresentam limitações ao uso de máquinas e implementos em decorrência do lençol freático, o que exigirá, também, seleção de culturas adaptadas ao excesso de água.

4.3) *Áreas de produção de hortaliças e preservação (PHP)*: áreas agricultáveis com declive de 0% a 3%, prioritárias à produção de culturas de ciclo curto, mas sujeitas à legislação específica. Correspondem à unidade ambiental *baixo vale entulhado*. Incluem terras planas de baixada com maior umidade e risco de inundação, são superfícies encaixadas no fundo achatado do vale, normalmente margeando o canal do rio, com depósitos sedimentares de material argiloarenoso, onde predominam Gleissolos Melânicos e Háplicos, que ocorrem associados a Neossolos Flúvicos, com boas condições de fertilidade

natural. Compõem-se, predominantemente, de terras sujeitas a inundações periódicas e prejudiciais à maioria das culturas, com sérias limitações por excesso de água e deficiência de aeração, as quais só permitem o desenvolvimento de culturas não adaptadas mediante trabalho de drenagem artificial. As terras que compõem essa unidade permitem apenas o uso de implementos de tração animal ou máquinas especiais; mesmo assim, somente após drenagem adequada. Em termos de recomendações, limitações e potencialidades, possuem características bem semelhantes às da unidade anterior, mas segundo a legislação ambiental em vigor, deve-se manter a floresta ao longo da calha do rio. Os riscos de salinização, contaminação e de inundação são as principais limitações. No manejo desse compartimento, deve-se tomar cuidados no que diz respeito ao encharcamento do solo, durante as chuvas, devido à pequena inclinação do terreno e com relação aos riscos de salinização e contaminação de corpos d'água, por agrotóxicos ou por dejetos humanos e de animais.

## CONCLUSÕES

Por meio de uma metodologia que combinou técnicas de campo, laboratório e geoprocessamento, foi possível diagnosticar e classificar unidades ambientais, em áreas de paisagens montanhosas da Serra do Mar, com o objetivo de ser possível indicar diferentes usos da terra, para que não aconteçam danos ambientais tão comuns nesse trecho do Estado do Rio de Janeiro. Além dos aspectos relacionados ao meio físico e socioeconômico, foi levada em conta a legislação ambiental, que, se fosse seguida, boa parte dos danos ambientais e das catástrofes tão comuns no Estado do Rio de Janeiro não aconteceriam.

Esse modelo permitiu separar diferentes compartimentos em distintos ambientes. Para cada unidade delimitada, foi possível elencar suas reais potencialidades e limitações, bem como sugerir suas principais vocações. Assim, o modelo de aptidão agroecológica considerado envolve a indicação de uso, manejo e sugestão de alternativas sustentáveis de utilização com menor índice de danos, visando reduzir os efeitos negativos sobre o meio ambiente, incrementar a qualidade ambiental e alcançar objetivos ambientais.

Os resultados mostraram-se coerentes com as condições edafocológicas do ambiente para o uso agrícola sustentado.

Esse esquema de avaliação pode ser utilizado para elaborar planejamento de uso da terra em pequenas propriedades rurais; basta que se façam ajustes para as condições locais, permitindo a inclusão de tantos fatores limitantes quantos forem identificados, incorporando à interpretação um maior número de atributos diagnósticos. Assim, estabelece-se um diagnóstico mais coerente com a realidade do local de estudo e compatível com o detalhamento exigido.

Nesse sentido, a aptidão agroecológica procura estimular o aproveitamento racional e sustentado das terras, definir áreas de preservação e/ou recuperação das qualidades ecológicas de terras degradadas, bem como sugerir atividades de recuperação para fortalecer ecossistemas frágeis.

## REFERÊNCIAS

- BATJES, N. H.; BRIDGES, E. M. Implementation of a Soil Degradation and Vulnerability Database for Central and Eastern Europe. In: INTERNATIONAL WORKSHOP, 1-3 October 1997, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: ISRIC, 1997. p. iv + 81.
- BEEK, K. J.; DE BIE, C. A.; DRIESSEN, P. M. Land Evaluation for Sustainable Land Management. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro: **Anais...** SBCS, 1997. p. 23-26.
- BENNEMA, J.; BEEK, K. J.; CAMARGO, M. N. **Interpretação de levantamento de solos no Brasil**: um sistema de classificação de capacidade de uso da terra para levantamentos de reconhecimento de solos. Rio de Janeiro: FAO Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1964. 50 p. Original datilografado.
- CALDERANO FILHO, B. **Visão Sistêmica como Subsídios para o Planejamento Agroambiental da microbacia do Córrego Fonseca**. 2003. 240 f. Tese (Mestrado em Geografia) – Departamento de pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- CALDERANO FILHO, B.; PALMIERI, F.; GUERRA, A. J. T.; ARGENTO, M. S. F.; CORREIA, J. R. Avaliação da Aptidão Agroecológica das Terras da Microbacia do Córrego Fonseca, Rj. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., Aracaju. [**Anais...**] Aracaju: SBCS, 2006.
- CALDERANO FILHO, B.; PALMIERI, F.; GUERRA, A. J. T.; CALDERANO, S. B.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; SILVA, E. F.; CAPECHE, C. L.; FONSECA, O. O. M. **Levantamento de Solos e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras da Microbacia Janela das Andorinhas no Município de Nova Friburgo, RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 51 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 27).

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. **Representações computacionais do espaço: um diálogo entre a Geografia e a Ciência da Geoinformação.** [São José dos Campos]: Divisão de Processamento de Imagens– Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DPI/INPE), 2000.

DUMANSKI, J. Sustainable land management for the 21st century: workshop summary compiled on behalf of the organizing committee. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT FOR THE 21ST CENTURY, 1993, Lethbridge. **Proceedings...** [Lethbridge]: University of Lethbridge, 1993. v. 1. 50 p.

EMATER (RJ). Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro, RJ. Programa Estadual de Microbacias. **Microbacia Janela das Andorinhas, Município de Nova Friburgo.** Rio de Janeiro, 1994. 13 p. Relatório Emater.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Delineamento macro-agroecológico do Brasil.** Rio de Janeiro, 1992b. 114 p. Acompanha 1 mapa, escala 1:5.000.000.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Levantamento semi-detalhado e aptidão agrícola dos Solos do Município do Rio de Janeiro, RJ.** Rio de Janeiro, 1980. 389 p. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 66). Acompanha 2 mapas escala 1:50.000.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Zoneamento Agroecológico do Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 1992a. Acompanha mapas, escala 1:250.000. Relatório técnico do Convênio Semam: SNLCS.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Zoneamento Agroecológico dos Municípios que Compõem os Vales dos Rios Una, Macaé e São João, a Leste do Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 1990. 81 p. 1 mapa, escala 1:250.000. Relatório técnico do Convênio Semam-RJ/Embrapa-SNLCS.

ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Arc Info:** versão 7.2.1. Redlands, 1994.

ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcView GIS:** versão 3.1. Redlands, 1998.

FAO. **A Framework for Land Evaluation.** Rome, 1976. 72 p. (FAO. Soils Bulletin, 3).

FAO. **Report on the Agro-Ecological Zones Project:** methodology and results for South and Central America. Rome, 1981. (FAO. World Soil Resources Report, 48/3).

FOOTE, K. E.; HUEBNER; D. J. **Error, Accuracy and Precision.** Austin: Department of Geography-University of Texas at Austin, 1995

ISRIC; FAO. **Mapping of Soil and Terrain Vulnerability in Central and Eastern Europe.** [Netherlands]: FAO, 2000. 1 CD-ROM, versão 1.0. It was technically coordinated by the International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) assisted by the Land and Water Development Division (AGL) of FAO.

LEPSCH, I. F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso:** 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175 p.

- MARQUES, J. Q. de A. **Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra: 3ª aproximação**. Rio de Janeiro: Escritório Técnico Brasil-EUA, 1971. 433 p.
- NIMER, E. Clima. In: IBGE. Departamento de Geografia. **Geografia do Brasil: Região Sudeste**. Rio de Janeiro, 1977. v. 3, p. 51-89.
- OLIVEIRA, J. B. de.; BERG, M. **Aptidão agrícola das terras do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras: II. Memorial descritivo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1985. 60 p. (IAC. Boletim Técnico, 102).
- PEREIRA, L. C.; LOMBARDI NETO, F. **Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 43).
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1993. 70 p.
- RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Turismo. Departamento de Recursos Minerais. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 1982. Folha Duas Barras, Escala 1:50.000.
- ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 291-336.
- SILVA, F. R. R. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina: Embrapa-CPATSA; Recife: Embrapa- CNPS, 1983. v. 1, 89 p.
- TAGLIANI, C. R. A. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações**. Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br/artigos.asp>>. Acesso em: 20 ago. 2003.
- UBERTI, A. A. A.; BACIC, I. L. Z.; PANICHI, J. A. V.; LAUS NETO, J. A.; MOSER, J. M.; PUNDEK, M.; CARRIÃO, S. L. **Metodologia para classificação da aptidão de uso das terras do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Empasc: Emater (SC), 1991. 19 p.
- WITTER, K. P. Solos, o mapa da mina. **Revista Globo Rural**, São Paulo, v. 8, p. 30-33, 1993b.
- WITTER, K. P.; CALDERANO FILHO, B.; FONSECA, O. O. M.; FAGUNDES, S. R. F.; TAVARES, N. P.; VASCONCELOS, J. B.; MUELER, K. E.; ARANOVIK, S.; TAVARES, A. M. S.; DAMAZIO, H. N. Zoneamento Agroecológico do Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: SBCS, 1993a. p. 413- 414. 1 mapa, escala 1:250.000.
- WITTER; K. P.; CALDERANO FILHO, B.; AMARAL, F. C. S.; TAVARES, N. P.; CONCEIÇÃO, M. Zoneamento Agroecológico dos Municípios que compõem os Vales dos Rios Una, Macaé e São João, a Leste do Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: SBCS, 1991. p. 265.