

# Diagnóstico geoambiental da microbacia do Córrego Fonseca, para fins de planejamento em paisagens rurais montanhosas

*Geo-environmental diagnosis of the Fonseca Stream for planning in mountainous agricultural landscapes*

Braz Calderano Filho<sup>1</sup>  
Antonio José Teixeira Guerra<sup>2</sup>  
Sebastião Barreiros Calderano<sup>3</sup>

**RESUMO:** o estudo teve o objetivo de produzir informações físico-bióticas dos elementos componentes da paisagem, visando fornecer subsídios para o planejamento geoambiental de paisagens rurais montanhosas na serra dos Órgãos, ocupadas com agricultura familiar. Os procedimentos adotados envolveram a geração de dados básicos, através de mapeamentos temáticos do meio físico, conversão de mapas analógicos para meio digital, com posterior cruzamento em SIG, uso de atributos do terreno derivados de um modelo digital de elevação (MDE), produtos de sensoriamento remoto e construção de banco de dados digital no SIG, como suporte a geração de mapas temáticos na escala 1:10.000. Associou-se ao banco de dados informações socioeconômicas, de pluviosidade e áreas protegidas por legislação específica ou reservas existentes, constituindo assim, um conjunto de informações agro-socioambientais em meio digital, necessárias ao SIG para a geração de novos mapas interpretativos úteis ao planejamento da área. Os resultados produzidos permitiram a melhor compreensão dos recursos ambientais com suas potencialidades e limitações, além de contribuir para planejamento geoambiental e elaboração do plano de manejo conservacionista da área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Planejamento ambiental. Modelo digital de elevação. Geoprocessamento e sistema de informação geográfica (SIG).

**ABSTRACT:** *the study aimed to produce information biophysical elements of landscape components, to provide data for the planning of geo-environmental mountainous countryside in the hills of Organs, busy with family farming. The procedures used involved the generation of basic data in the field, through thematic mapping of the physical environment, conversion of analog maps to digital media, with subsequent crossover in GIS, using terrain attributes derived from a digital elevation model (DEM) products remote sensing and constructing of digital database in GIS, to support the generation of thematic maps at 1:10.000 scale. Were associated the database 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, necessary for the GIS to generate new interpretative maps useful for planning area. The results produced have allowed a better understanding of the environment with its potential and limitations, as well as contributing to geo-environmental planning and preparation of a conservation management plan for the area.*

**KEYWORDS:** *Environmental planning. Digital elevation model. Geoprocessing and GIS.*

---

<sup>1</sup> Geógrafo. Doutor em Geologia (UFRJ). Geógrafo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

<sup>2</sup> Geógrafo. Doutor em Geografia. (UFRJ). Professor adjunto do departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

<sup>3</sup> Geólogo. Mestre em Geologia (UFRJ). Geólogo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

## INTRODUÇÃO

As paisagens montanhosas da serra dos Órgãos são consideradas de elevada vulnerabilidade natural, tanto a processos erosivos, como a movimento de massas e escorregamentos, em virtude de suas características geoambientais locais como características topográficas do relevo montanhoso, solos com textura variável, vertentes íngremes ou com pendentes longas e os altos índices de precipitação local. Fatores que aliados à falta de informações adequadas para o planejamento de uso das terras e atividades antrópicas não planejadas, contribuem para o avanço no estágio de degradação dos recursos solo-água-biodiversidade (CALDERANO FILHO, 2003).

Nestas áreas, assim como em toda a região serrana do Estado do Rio de Janeiro a agricultura é praticada nas encostas dos vales, até as cabeceiras de drenagem. As características do relevo montanhoso e o intenso regime pluviométrico potencializam os processos erosivos, intensificando as perdas de solo e carreamento de sedimentos para os rios (MENDES, 2006). A ocupação destas paisagens sem preocupação com o planejamento compromete a capacidade de suporte dos sistemas naturais e expõem os recursos solo e água a maiores taxas de degradação.

O planejamento ambiental envolve uma complexidade de parâmetros, incluindo variáveis ecológicas, econômicas, sociais e políticas, e tem como propósito garantir o uso adequado e racional dos recursos naturais e de suas condições ecológicas, mantendo a capacidade de sustentação dos ecossistemas e a proteção ambiental (MATEO, 1994; MATEO et al., 1997). Por sua vez, o diagnóstico ambiental possibilita a observação do meio, considerando sua composição, estrutura, processo e função no espaço, através do levantamento de dados interligados de forma multidisciplinar (SANTOS, 2004).

Em um processo de planejamento, o estudo da distribuição espacial dos elementos físicos-bióticos componentes da paisagem, em escala compatível com os requisitos do planejamento local, torna-se uma ferramenta útil para auxiliar o gerenciamento de uso e manejo sustentável dos recursos naturais, principalmente do solo e da água. Os resultados desses estudos nos permite conhecer as propriedades, atributos, ofertas e restrições ecológicas dos componentes ambientais, inferir a capacidade de resposta desses componentes ante aos impactos das interferências antrópicas, bem como sugerir formas de usos alternativos mais condizentes com o equilíbrio ambiental (CALDERANO FILHO, 2012).

A busca da sustentabilidade ambiental passa pelo conhecimento das variáveis ambientais no seu conjunto, no planejamento das atividades produtivas e na avaliação dos

riscos ambientais, exigindo informações detalhadas para subsidiar o gerenciamento dos recursos naturais (CALDERANO FILHO, 2003). Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos para fornecer as bases para o planejamento e esclarecer problemas que afetam a sustentabilidade ambiental, só assim é possível implantar planos de manejo adequados às condições de solo e relevo destas áreas, a fim de possibilitar o uso sustentável das terras.

Nesse sentido, realizou-se o diagnóstico geoambiental da microbacia do Córrego Fonseca, inserida na região serrana do estado do Rio de Janeiro, com o objetivo de estudar os elementos componentes da paisagem, incluindo solos, relevo, clima, vegetação, uso e cobertura das terras e geração de um modelo digital de elevação (MDE), todos na escala 1:10.000, além de levantar informações socioeconômicas, de pluviosidade, da estrutura geológica e perfil tecnológico dos agricultores locais, buscando explicar a natureza física do ambiente por intermédio da caracterização, mapeamento e análise de seus componentes, fornecendo assim, informações básicas para o planejamento de paisagens rurais montanhosas na serra dos Órgãos, ocupadas com agricultura familiar.

O trabalho consistiu também, na construção de um Banco de dados espaciais, em ambiente SIG, composto de mapas temáticos na escala 1:10.000 e produtos de sensoriamento remoto. O uso de sistemas de informações geográficas em estudos ambientais, constituem atualmente tecnologia adequada para auxiliar na elaboração de propostas de manejo ambiental (CÂMARA; MONTEIRO; MEDEIROS, 2000). Dessa forma, os elementos físicos-bióticos componentes da paisagem foram mapeados, caracterizados, analisados e associados com informações das ações humanas que se manifestam nesses ecossistemas, possibilitando o conhecimento dos recursos da terra, a distinção de áreas potencialmente agricultáveis daquelas destinadas à preservação e recuperação ambiental, subsidiando a indicação de formas viáveis de exploração racional das terras.

Estudos nessa linha têm sido feitos de forma bastante variada e diferenciada, em função de aspectos relacionados à metodologia utilizada e aos objetivos da aplicação, exemplos são encontrados em Tricart e Kiewitdejonge (1992); Dantas et al. (2001); Calderano (2005), Reckziegel e Robaina (2008) e outros.

Os resultados aqui apresentados correspondem parte dos documentos cartográficos produzidos com o diagnóstico geoambiental para a área de estudo, como os mapas de solos, MDE, declividade, geomorfologia e uso e cobertura das terras, incluindo a metodologia de trabalho e a descrição sucinta referente a cada tema. O estudo justifica-se como uma contribuição para o conhecimento e caracterização de áreas de ecossistemas fragilizados na serra dos Órgãos, ocupadas com agricultura familiar. Os resultados

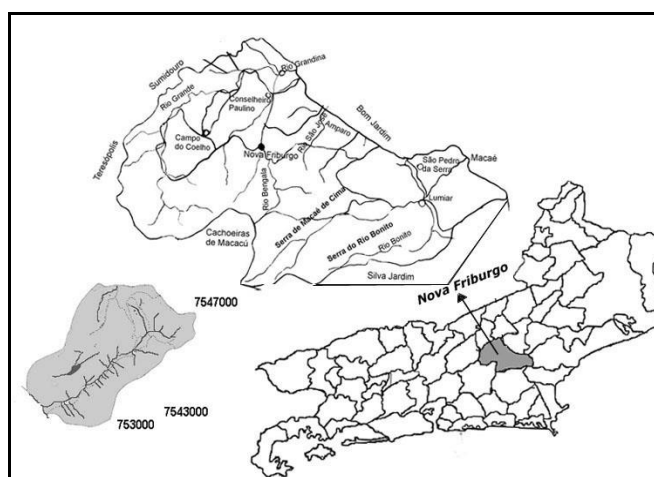
produzidos contribuem para a melhor compreensão dos recursos ambientais com suas potencialidades e limitações, além de gerar subsídios para o planejamento agroambiental e elaboração de um plano de manejo conservacionista da área.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

A área de estudo localiza-se na divisa dos municípios de Nova Friburgo e Sumidouro, região serrana do estado do Rio de Janeiro, entre o conjunto de coordenadas UTMs 749000 a 753000 e 7543000 a 7547000 (Figura 1). Insere-se no domínio das escarpas de blocos falhados, com segmentos da serra do mar localmente conhecidos como serra dos Órgãos, onde, predomina rochas intrusivas granitóides arqueanas do Batólito serra dos Órgãos e rochas extensamente migmatizadas proterozóicas da unidade Rio Negro, ambas atribuídas ao pré-cambriano (Rio de Janeiro 1982).

**Figura 1.** Área de estudo



**Fonte:** Calderano Filho (2003).

Compreende toda a bacia e curso do córrego Fonseca, um dos afluentes nas cabeceiras do rio Grande, principal coletor de águas na região. O tipo climático predominante na área é o tropical mesotérmico brando super úmido (NIMER,1977). A temperatura média anual é de 18°C, com total pluviométrico de 1947 mm em média, sendo dezembro o mês de maior índice e julho o mês mais seco ANA (2007). A vegetação natural é representada pela floresta tropical perenifólia nas partes altas e a floresta tropical perenifólia de várzea nas partes baixas.

## METODOLOGIA

A metodologia adotada envolveu a geração de mapas temáticos por meio de prospecções de campo e seu armazenamento em meio digital, aquisição de informações analógicas, e posterior conversão para o meio digital, utilização de produtos de sensores remotos orbitais, atributos do terreno derivados de um modelo digital de elevação (MDE) e apoio de SIG, como suporte a geração de mapas temáticos dos elementos componentes da paisagem. No campo foram gerados mapas temáticos de solos, geomorfologia, uso da terra, incluindo vegetação, rede de drenagem e estrutura geológica. Os dados de relevo foram obtidos do *Shuttle Radar Topography Mission* - DEM/SRTM, do ASTER GDEM e, confeccionado com as curvas de nível, testando dessa forma três modelos digitais de elevação para a área de estudo.

Como material cartográfico básico, utilizou-se restituição planialtimétrica na escala 1:10.000, com curvas de níveis eqüidistantes de 10m, fotografias aéreas verticais escala 1:20.000, aparelho de GPS e imagens digitais CBERS 2B, canais CCD e HRC, órbita/ponto 151/125 de julho de 2004 e setembro de 2007.

Todas as informações cartográficas necessárias foram preparadas em ambiente de geoprocessamento, gerando um banco de dados digitais no ArcGIS Desktop 9.3, na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 23S e *Datum* SAD 69, com implementação de produtos de sensoriamento remoto e mapas temáticos produzidos. As fotografias aéreas em formato TIF foram georreferenciadas, com auxílio do ArcGIS Desktop 9.2, padronizando 10 pontos por foto e erro máximo aceitável de 4m. As imagens CBERS foram registradas por bandas isoladamente, efetuando uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência geográfica, padronizando 20 pontos de controle e um erro médio quadrado (RMS) de 10, a seguir foram transformadas para o *Datum* SAD 69. A restituição planialtimétrica em formato DWG, foi editada no SIG, extraído em formato *shape* para a área de interesse os *layers* de drenagem, limites, estradas, edificações, pontos cotados e curvas de nível. Numa etapa posterior colocou-se a topologia nas curvas de nível, efetuou-se os ajustes e eliminou as informações inconsistentes, obtendo-se dessa forma, a base cartográfica digital na escala 1:10.000.

Utilizou-se neste estudo três tipos distintos de MDEs. O primeiro gerado a partir de curvas de nível, o segundo obtido com os dados do ASTER-GDEM e o terceiro, obtido com os dados do DEM/SRTM. Os MDEs do SRTM e do ASTER, são disponibilizados gratuitamente nos sites <http://srtm.csi.cgiar.org> e <http://imsweb.aster.erdasc.org.jp.>, as

imagens do CBERS no site do INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais). Para compor a área de estudo, os modelos do SRTM 30 e ASTER-GDEM, fornecidos no formato Geotif, coordenadas WGS84, foram baixados e cortados para a área de interesse deste estudo, com auxílio de uma máscara e transformados para a projeção UTM, fuso 23S, *Datum* SAD 69.

A partir das curvas de níveis, pontos cotados e limites foi elaborado o modelo digital de elevação (MDE) da área, com resolução espacial de 10m, utilizando-se a ferramenta *Topo to Raster* do programa ArcGIS Desktop (ESRI, 2006; HUTCHINSON, 1989), que emprega um método de interpolação especificamente projetado para criar modelos digitais do terreno hidrológicamente corretos. Para a geração do MDE efetuou-se ajustes topológicos e direcionais da hidrografia, das curvas de nível e dos pontos cotados. Com auxílio do *software* a rede hidrográfica foi editada, obtendo-se uma rede de arcos simples, conectados e orientados na direção do escoamento. Da mesma forma as curvas de nível foram ajustadas à hidrografia para assegurar sua coerência. Numa etapa de pós-processamento procedeu-se a limpeza das depressões espúrias contidas no MDE.

Foi realizada uma avaliação da qualidade do MDE em termos da representação dos aspectos da superfície, conforme sugerido por Hutchinson e Gallant (2000) e Wise (2000), que são: a) análise do número e extensão das depressões espúrias; b) comparação entre a drenagem mapeada e a drenagem derivada pelos diferentes MDEs; c) comparação entre as curvas de nível derivadas e as curvas de nível originais; e d) análise das bacias de contribuição derivadas. De acordo com Hutchinson e Gallant (2000), as curvas de nível derivadas de um MDE fornecem uma avaliação sensível sobre a estrutura do terreno e é bastante útil devido a sua sensibilidade aos erros de elevação na fonte de dados. Deste modo, foi realizada uma comparação visual entre as curvas de nível derivadas a partir dos MDEs com as curvas de nível originais. Neste procedimento também foi utilizado o módulo *Spatial Analyst* do ArcGIS Desktop 9.3.

A partir do MDE corrigido e isento de depressões espúrias, elaborou-se o mapa de declividade da área e extraiu-se outras variáveis topográficas de interesse, como direção do fluxo, fluxo acumulado, orientação das vertentes, perfil de curvatura, plano de curvatura e imagem de sombreamento do relevo, utilizando-se o módulo *3D Analyst* do ArcGIS Desktop 9.3.

## Mapas temáticos

O esboço geomorfológico foi realizado no campo usando fotografias aéreas, equipamento de GPS e informações de solos, da estrutura geológica e do modelo digital de elevação (MDE), onde foram identificados os ambientes de acumulação e transporte,



complementando assim, as informações do relevo com o mapa de feições geomorfológicas.

O mapa pedológico da área de Calderano Filho et al. (2004) na escala 1:10.000, foi ajustado no SIG e convertido ao sistema brasileiro de classificação de solos, de acordo com Embrapa (1999). As determinações analíticas seguiram o manual de métodos de análise de solo (EMBRAPA, 1979).

O mapa de uso atual e cobertura das terras foi realizado a partir da fotointerpretação de fotos aéreas e trabalho de campo, com apoio na classificação visual de imagem CBERS2, canal HRC e equipamento de GPS, onde foram coletadas informações sobre as diferentes classes de uso e cobertura da terra. A carta de vegetação natural foi atualizada com informações de campo e auxílio de fotointerpretação e, delimitada junto com o mapa de uso e cobertura. Os pontos checados no campo foram transferidos e sobrepostos às ortofotos, auxiliando na interpretação das diferentes classes de uso da terra.

As informações geológicas foram extraídas das folhas Quartéis, Duas Barras e Nova Friburgo, do projeto cartas geológicas do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO - ESTADO, 1982). As folhas adquiridas em meio digital no formato Tiff foram georreferenciadas e cortadas com auxílio de uma máscara, extraindo a área de interesse. A seguir foram editados, no SIG, os *shapes* referentes aos polígonos das unidades dominantes.

A avaliação da aptidão agrícola das terras método de Ramalho Filho e Beek (1978) foi efetuada com base na fisiografia da área, nas observações de campo, nos resultados analíticos das amostras de solo coletadas e nas informações extraídas do levantamento de solos.

### **Aspectos Socioeconômicos**

Visando complementar as informações, coletaram-se informações sobre as áreas de proteção legal e levantou dados sobre a pluviosidade. O comportamento tecnológico e organizacional dos produtores rurais baseou-se nos dados e informações da Emater (1994).

### **Base de Dados Espaciais e SIGs**

A base cartográfica digital, contendo as curvas de nível, limites, drenagem, pontos cotados e infraestrutura viária, foi usada primeiramente para gerar o modelo digital de elevação (MDE), após isso se gerou o mapa de declividade e outras variáveis de

interesse como direção do fluxo, fluxo acumulado, orientação das vertentes, perfil de curvatura, plano de curvatura e imagem de sombreamento do relevo. A seguir, foi incorporada a essa base os mapas de solos, geologia, geomorfologia, vegetação, uso e cobertura das terras e vegetação. Complementou-se a base de dados com as informações socioeconômicas, de pluviosidade e de áreas protegidas por legislação específica ou reservas existentes, constituindo assim, um conjunto de informações em meio digital, padronizadas na projeção UTM, necessárias ao SIG, para análises, cruzamentos e geração de novos mapas interpretativos úteis ao planejamento da área.

A forma de entrada de dados foi feita via digitalização e escanerização, mediante a importação de arquivos. Utilizou-se os programas ArcGIS Desktop 9.3 e Spring 5.02, tanto para análises, cruzamentos e geração de mapas, como para armazenamento e manipulação de dados geocodificados e informações contidas na BDE.

## **RESULTADOS**

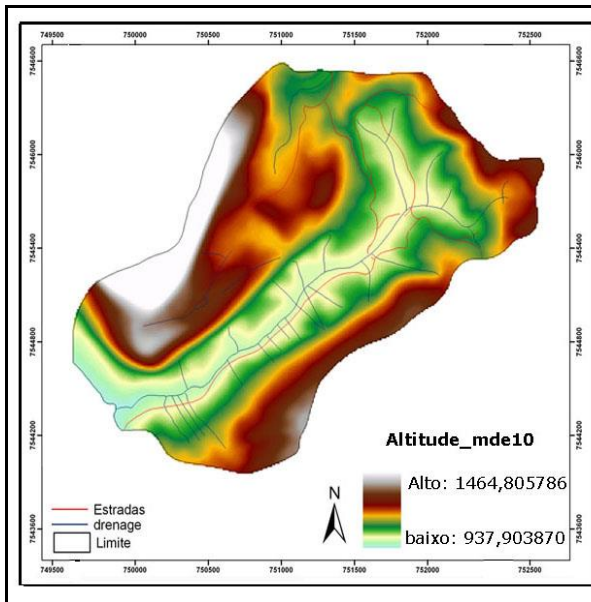
O primeiro resultado alcançado foi a base de dados georreferenciada contendo o modelo digital de elevação, sombreamento do relevo, mapas de declividade, solos, feições geomorfológicas, litoestrutura, uso e cobertura das terras, interpretações úteis ao planejamento, produtos de sensoriamento remoto (fotografias aéreas e imagens de satélite), em que os mapas estão associados as suas respectivas tabelas com as características de seus atributos.

### **Relevo e mde**

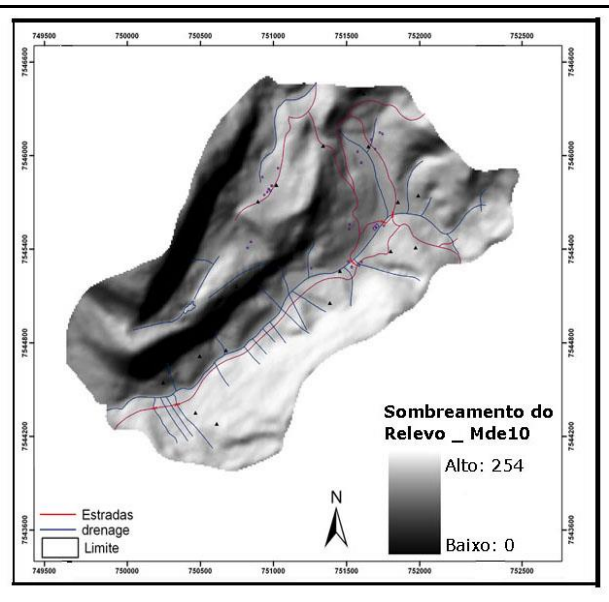
O relevo da área foi estudado mediante os componentes do modelo digital de elevação, sombreamento do relevo e declividade, complementados com as feições geomorfológicas. Tomando por base as curvas de nível de 10 em 10m foi gerado um modelo digital de elevação (MDE), com resolução espacial de 10m, utilizando para a elaboração, as operações efetuadas via SIG ArcGis. A partir do Modelo Digital de Elevação, foi gerado o mapa de sombreamento do relevo e de declividade da área. As figuras 2, 3, 4 e 5 mostram o modelo digital de elevação, o sombreamento do relevo e o mapa de declive da área, em graus e em percentagem.



**Figura 2.** Modelo Digital de Elevação.



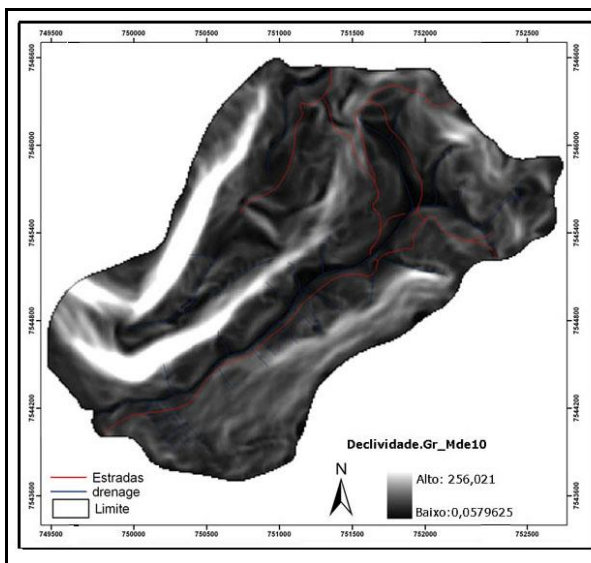
**Figura 3.** Sombreamo do relevo



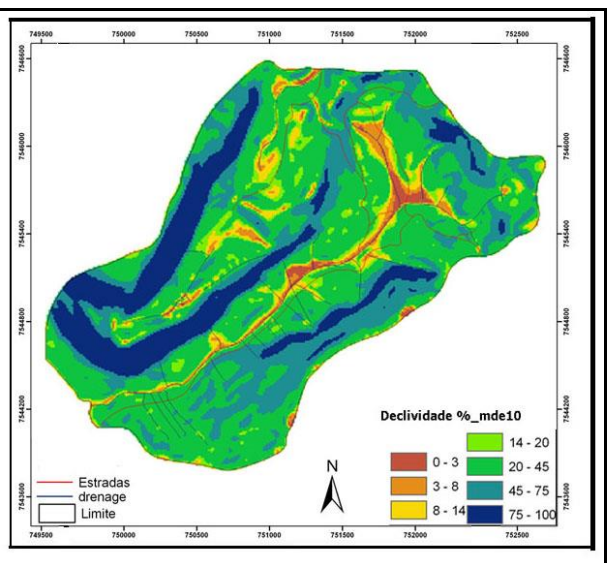
**Fonte:** Confeccionado pelo autor.

Com relação aos MDEs testados para a área de estudo, o modelo produzido pelo *Topo to Raster* foi o que se mostrou mais coerente com a realidade do campo e melhor atendeu as expectativas do trabalho, na escala 1:10.000. Os modelos extraídos do SRTM e do ASTER GDM não se mostraram adequados na escala de detalhe. O modelo SRTM alcança precisão cartográfica até a escala 1:100.000 (SANTOS; GABOARD; OLIVEIRA, 2005). Em escala detalhadas, os dados degradam a precisão.

**Figura 4.** Declividade em graus.



**Figura 5.** Classes de declividade



**Fonte:** Confeccionado pelo autor.

A definição de intervalos de classes de declives utilizadas está de acordo com as

características morfoestruturais da área, a escala de trabalho, ao interesse de precisão e os objetivos propostos. A definição dos intervalos entre as classes de declividade esta de acordo com o proposto em Wittern et al. (1990) e Calderano Filho, Silva e Fonseca (1992), que subdivide as seis classes de relevo apresentadas em Embrapa (1988) em sete classes de declive, ou seja, **A** (0-3%) relevo plano, **B** (3-8%) relevo suave ondulado, **C** (8-14%) relevo moderadamente ondulado, **D** (14-20%) relevo ondulado, **E** (20-45%) relevo forte ondulado, **F** (45-75%) relevo montanhoso e **G** (> 75%) relevo escarpado.

O mapa de declividade facilita a visualização do grau de inclinação do relevo em intervalos de classes, possibilitando, através de uma análise integrada a outros mapas, obter resultados da interferência antrópica. As classes de declividade utilizadas buscam revelar a influência da água e os impactos resultantes sobre a superfície, mas a análise final deve considerar variáveis, como a cobertura vegetal, o uso e ocupação do solo, ocorrência de blocos e/ou matacões e a incidência de processos erosivos, dentre outras (CALDERANO FILHO, et al. 1999).

O mapa de declividade, junto com as feições identificadas na fotointerpretação, serviu entre outros fins, para apoiar a cartografia dos solos no campo e o mapeamento da geomorfologia. Desta forma, o delineamento das unidades de mapeamento superpõe-se às classes de declives especificadas no mapa. Como os objetivos visam também a agricultura e conservação do solo, os limites estão de acordo com os definidos para construção de terraços, conforme Bertoni e Lombard Neto (1999).

### **Feições geomorfológicas**

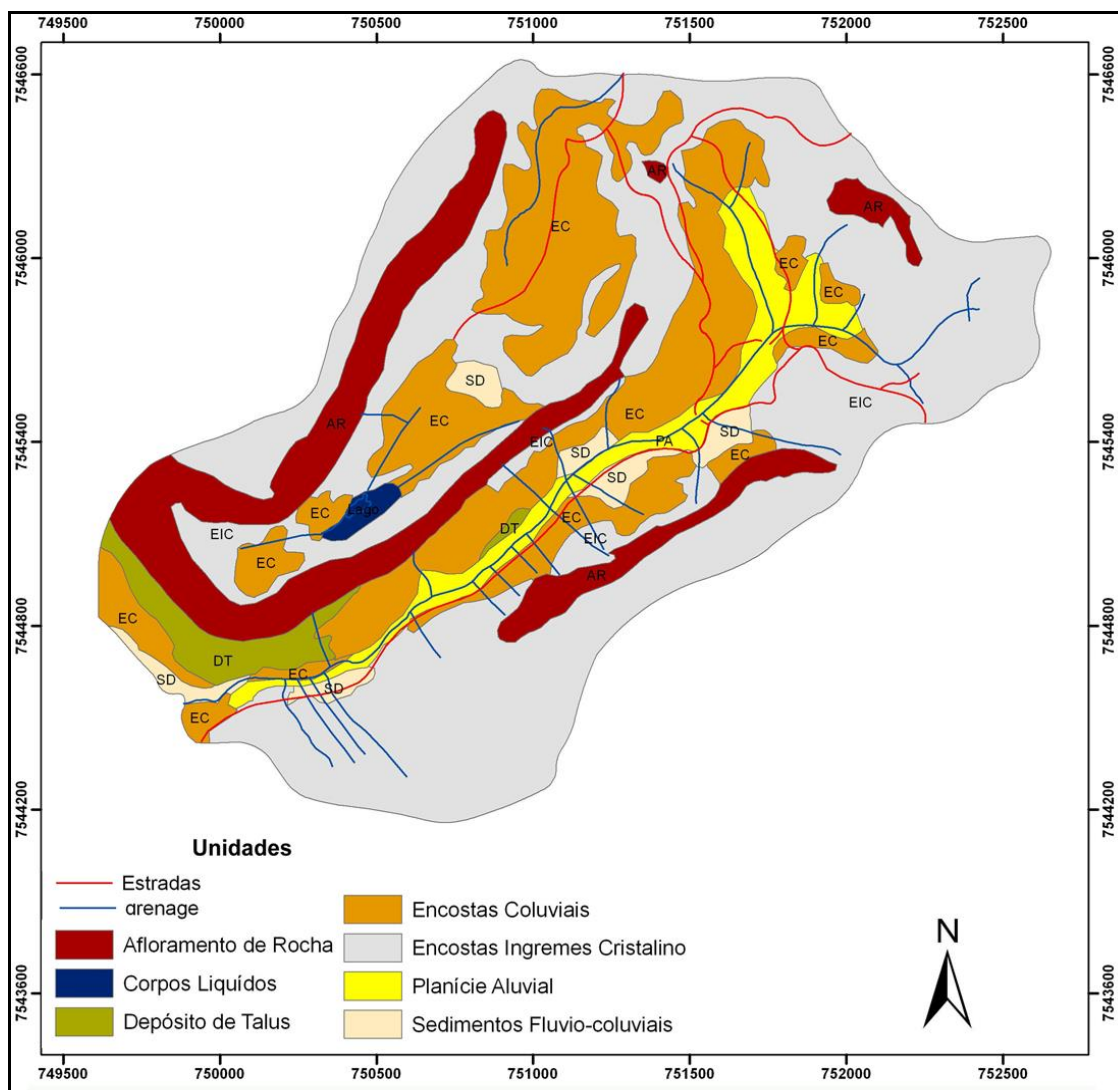
Visando representar melhor a fisionomia da paisagem, identificando os ambientes de acumulação e transporte, elaborou-se o esboço geomorfológico da área, complementando, assim, as informações do relevo com o mapa de feições. A legenda deste mapa foi delineada considerando as limitações impostas pela ocupação e uso agrícola intenso, caracterizando sempre que possível, os processos morfogenéticos e a interferência antrópica, conforme sugerido por Argento e Cruz (1996), para mapeamentos geomorfológicos na escala 1:50.000, com adaptações compatíveis com a escala de 1:10.000 (Figura 6).

Três unidades fisionômicas distintas caracterizam o relevo da área: a várzea do córrego Fonseca, uma seqüência de encostas e colinas circundadas por exposição rochosa e blocos rochosos salientes. A várzea apresenta relevo plano, com 0 a 3% de declive em quase toda a sua extensão. Em alguns locais o relevo é suave ondulado, com 3 a 8% de declive, observando-se variações de altitude e natureza dos sedimentos, e o aporte recente

de material carregado das encostas. A drenagem é impedida, com solos imperfeitamente drenados. As encostas do vale são íngremes ou discretamente abauladas, devido à natureza dos solos muito porosos e declive favorável, a drenagem interna é boa. Observa-se, no entanto, em pequenas porções de anfiteatro, solos imperfeitamente drenados.

Os blocos rochosos e salientes apresentam-se como enormes blocos que se destacam nos pontos mais proeminentes da topografia (1.000 a 1.300 m), a dezenas de metros acima do vale regional, com aspecto de montanha desnuda sujeita à esfoliação, apresentando caneluras e sulcos, onde fixa-se vegetação rasteira de líquens, musgos e bromélias. Na zona que marca o sopé dos paredões e o início das encostas mais suaves, nota-se rica camada escura e humosa. O paredão descoberto, muito raramente tem continuidade até o fundo do vale. A Figura 6 mostra o esboço geomorfológico da área.

O esboço geomorfológico realizado mostra que os afloramentos de rocha ocupam 12,98 % da área da microbacia, os depósitos de tálus com 2,18 % ocupam as áreas de sopé, as encostas do cristalino ocupam 39,32 % da área, as encostas colúviais 36,21 %, os terraços 2,85 %, a planície fluvial 6,25 % e o lago ocupa 0,18 %.

**Figura 6.** Mapa de feições geomorfológicas da área

**Fonte:** Modificado de Calderano Filho (2003).

## Solos

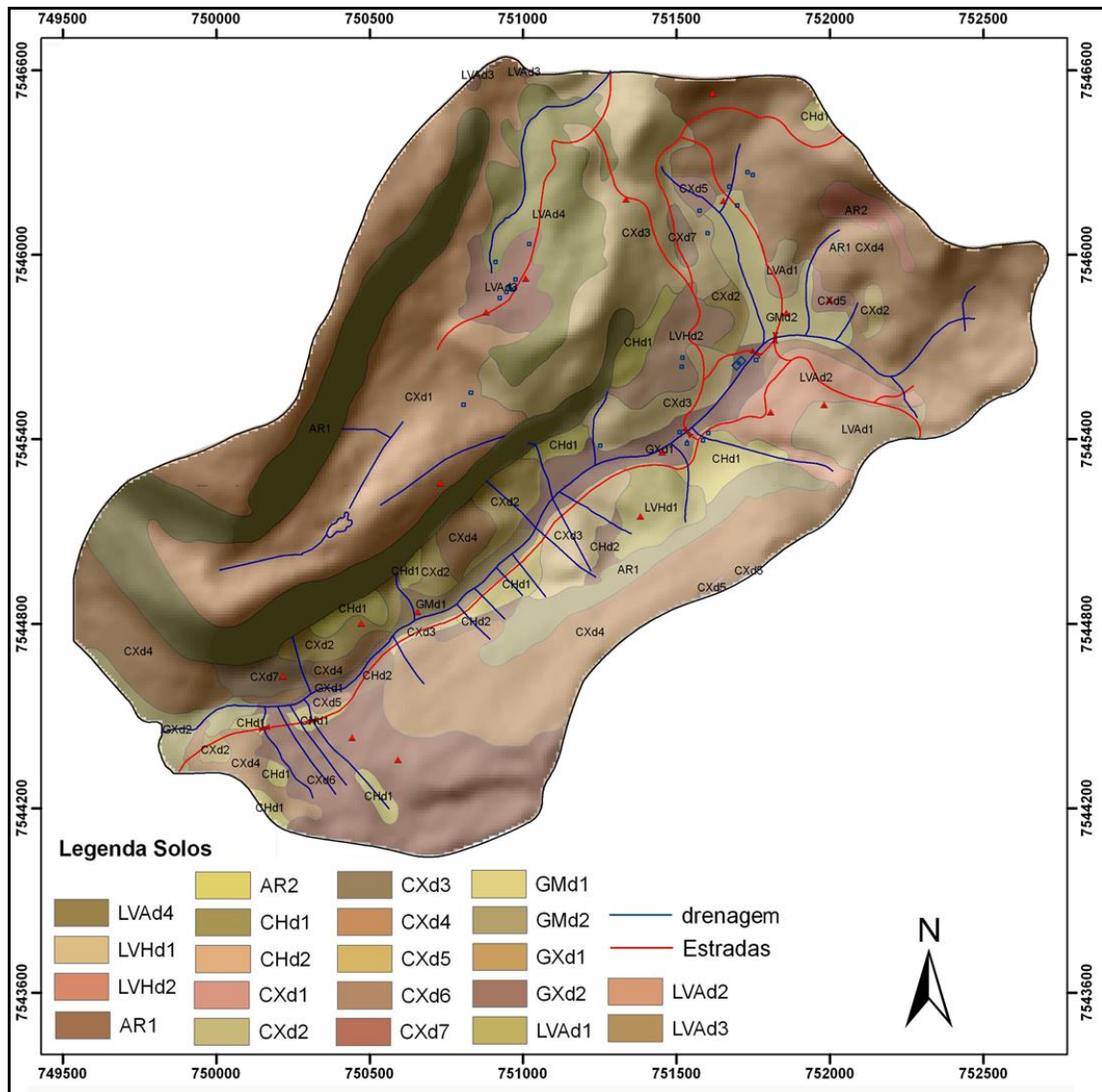
Os solos identificados manifestam variações em suas características morfológicas, físicas e químicas, condicionadas pelo clima, relevo, material de origem e posição que ocupam na paisagem. Três unidades fisionômicas distintas caracterizam o relevo da área: a várzea do córrego Fonseca, uma seqüência de encostas e colinas circundadas por exposição rochosa e os blocos rochosos salientes. A Figura 7, mostra o mapa de solos da área e a Tabela 1, mostra a legenda sinótica de solos e a aptidão agrícola das Terras, com a quantificação das áreas por eles ocupadas.

Os solos da microbacia distribuem-se na paisagem em estreita correlação com as formas de relevo e o substrato geológico. Nas áreas de várzeas, importante para a recarga de aquíferos, predominam Gleissolos Hápicos e Melânicos Tb Distróficos e



Neossolos Flúvicos Tb Distróficos. Na seqüência de encostas e colinas circundadas por exposição rochosa, caracterizando as terras altas, constituídas por morros de relevo forte ondulado a montanhoso, relacionadas com as litologias da unidade Rio Negro e Batólito Serra dos Órgãos, predominam Latossolo Vermelho- Amarelo Distrófico típico, Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico típico e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Húmico, que gradativamente dão lugar a Cambissolos Háplicos e Húmicos Distróficos típicos e Neossolo Litólico Distrófico típico, à medida que a vertente fica mais íngreme.

**Figura 7.** Mapa de solos da área



**Fonte:** Modificado de Calderano Filho et al. (2004).

Os blocos rochosos salientes, em alguns locais, elevam-se a dezenas de metros acima do nível do terreno, onde predomina afloramentos de rocha associados a Neossolo Litólico Distrófico e Cambissolo Háplico Distrófico, recobertos por vegetação rupestre.

**Tabela 1** - Legenda sinótica de solos e avaliação da aptidão agrícola das Terras

Símbolo	ha	%	Aptidão	Uso Atual	Símbolo	ha	%	Aptidão	Uso Atual
LVAw1	7,29	1,74	2(a)bc 2(a)b 3(ab)	Reflorestamento de Eucalipto, pomar de lima abacate.	CXbd6	28,27	6,72	2ab 3 (ab) 4p	Reflorestamento de pinuse Pastagem
LVAw2	6,47	1,54	2_abc	Cultivo de louro e pomar de lima.	CXbd7	3,99	0,95	5n 6	Pastagem.
LVAAd1	9,56	2,27	3_(ab)	Capim brachiaria, caqui e feijão.	CHd1	16,04	3,81	2 (a)b(c) 2 (a)bc 3 (ab)	Pomar de caqui.
LVAAd2	20,18	4,80	2ab(c)	Eucaliptos, feijão e pasto.	CHd2	2,92	0,69	6	Pasto e floresta.
LVAAdh1	5,66	1,35	2(a)b(c) 3(ab)	Pomar de caqui.	GMd1	4,17	0,99	2_(a)bc_*	Olerícolas
LVAAdh2	6,01	1,43	2ab(c)	Fruticultura (lima, abacate e caqui).	GMd2	8,88	2,11	2_(a)bc_*	Olerícolas.
CXbd1	68,70	16,34	3 (ab) 3 (b) 4P	Floresta natural e caqui	GXbd1	10,76	2,56	2_(a)bc	Olerícolas e feijão.
CXbd2	11,42	2,72	2ab 3(ab) 4p	Olerícolas e caqui.	GXbd2	4,04	0,96	2_abc_*	Pomar de pêra e olerícolas.
CXbd3	40,80	9,71	3(ab) 4P 4p	Reflorestamento de eucaliptos	AR1	54,50	12,97	6	Floresta rala e Vegetação rupestre
CXbd4	104,46	24,85	2 (a)b 3 (ab) 4p	Caqui e eucaliptos	AR2	2,88	0,68	6	Floresta rala e Vegetação rupestre.
CXbd5	2,85	0,68	3 (ab) 2ab	Pomar de caqui.					Floresta rala e Vegetação rupestre
<b>Total Geral</b>				<b>420,37ha</b>					<b>100,00%</b>

### Uso e Cobertura das Terras

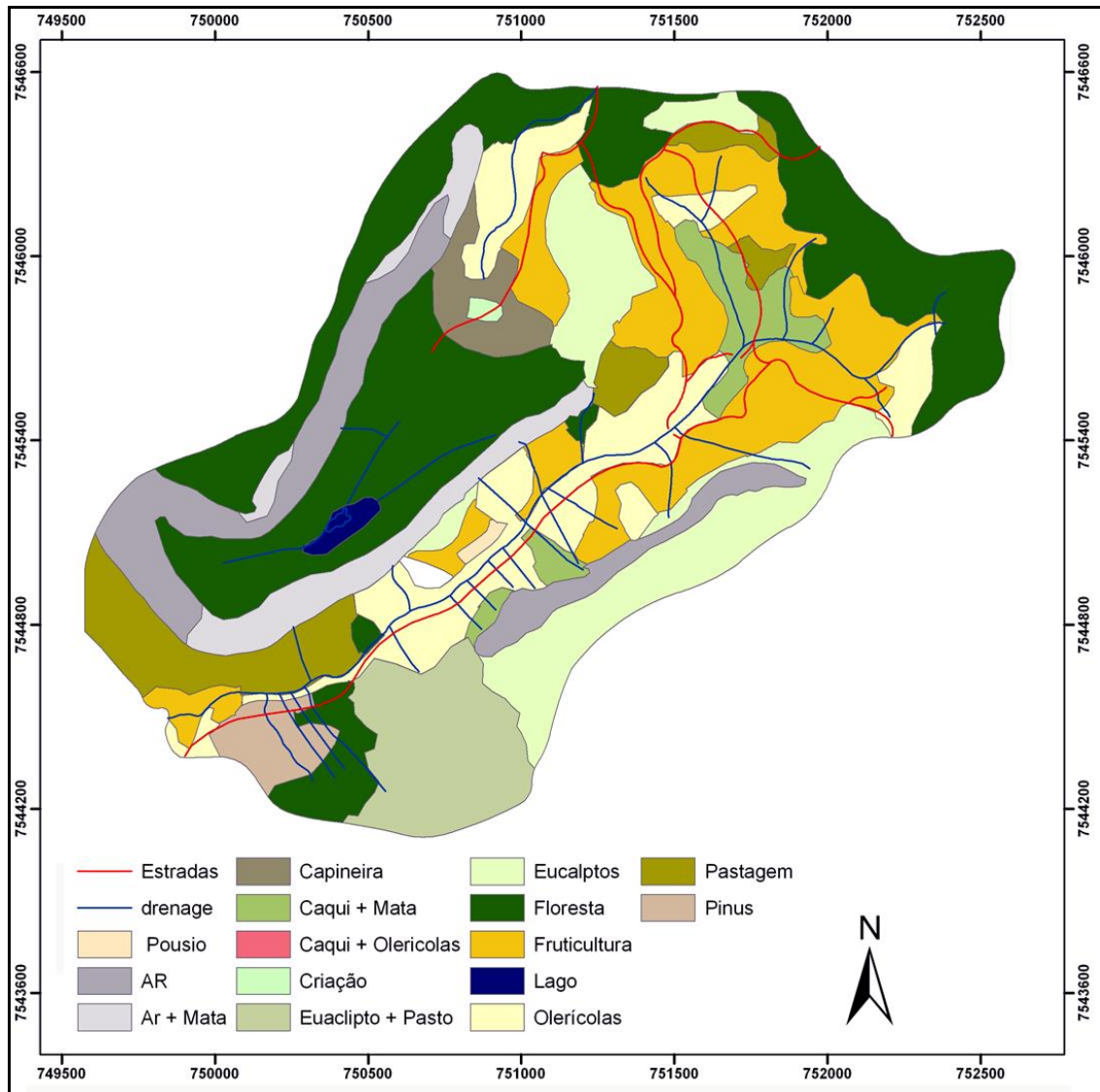
A vegetação natural é representada pela floresta tropical perenifólia e subperenifólia, domínios florísticos correlacionáveis com a Floresta Ombrófila densa e mista, que predomina em praticamente toda a área de estudo. Além destas formações, em ambientes de acumulação dos cursos d'água, sujeitos ou não a inundações periódicas, encontra-se vegetação apresentando originalmente fisionomia arbustiva ou herbácea, variável de acordo com a intensidade e duração da inundação, com ocorrência de floresta tropical subperenifólia de várzea. São encontrados também, campos antrópicos com pastagens, culturas anuais, fruticultura e culturas de ciclo curto.

As transformações na paisagem deixou a vegetação original restrita às áreas de maiores altitudes. Nos trechos onde a floresta ocupava encostas e vales mais suaves, a vegetação encontra-se bastante alterada, como é o caso da mata ciliar. 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 mapeamento de uso atual e cobertura das terras (Figura 8) procurou contemplar todas as transformações em que o uso da terra alterou a vegetação original, de modo a fornecer um quadro geral da situação atual da área amostrada e o grau de conservação de seus habitats.

**Figura 8.** Mapa de uso e cobertura das terras



**Fonte:** Modificado de Calderano Filho (2003).

Neste mapeamento foi possível identificar e discriminar as seguintes classes e categorias de uso e cobertura:

Vegetação rasteira: engloba afloramentos recobertos por líquens, musgos e bromélias.

Vegetação rala: engloba vegetação de porte arbóreo arbustivo sobre afloramentos.



Floresta: representa as áreas que possuem cobertura vegetal arbórea densa, onde as copas se tocam. Trata-se de vegetação secundária, evidenciado por um grau maior ou menor de alterações de sua composição original.

Capineira: representa as áreas onde há plantios de capim, cana e leguminosas utilizadas para alimentar a criação de ovelhas e outros pequenos animais.

Silvicultura: representa áreas de reflorestamento de cunho comercial, com plantio de eucalipto com idades variadas e pinus. Estes eucaliptais são comercializados pelos proprietários rurais e também como lenha e em pequenas obras (cercas, galpões, etc.). No mapa estão separados em eucaliptos e pinus.

Pastagem: representa áreas onde o pasto predomina.

Olerícolas: englobando várias culturas com destaque para tomate, pimentão, abobrinha e vagem. Ocorrem ainda nessa classe couve, repolho, mandioca, etc.

fruticultura: constituído pelo plantio comercial de frutíferas como o caqui e a lima da pérsia, plantados em maior escala e de árvores frutíferas como abacate, atemóia, figo.

Pousio: Estão inseridas nessa classe as áreas de terraplanagem, aterros e solo desnudo.

Afloramento de Rocha: representa os afloramentos possíveis de separar na escala de trabalho. Outros afloramentos de rocha não foram detectados, seja pelo tamanho do afloramento, ou por estarem cobertos por vegetação rasteira, rala e matas, nesses casos houve necessidade de combinação de classes.

Criação: corresponde as áreas de criação de ovelhas e outros pequenos animais.

Lago: corresponde a água do lago e de outras superfícies líquidas, como rios e córregos.

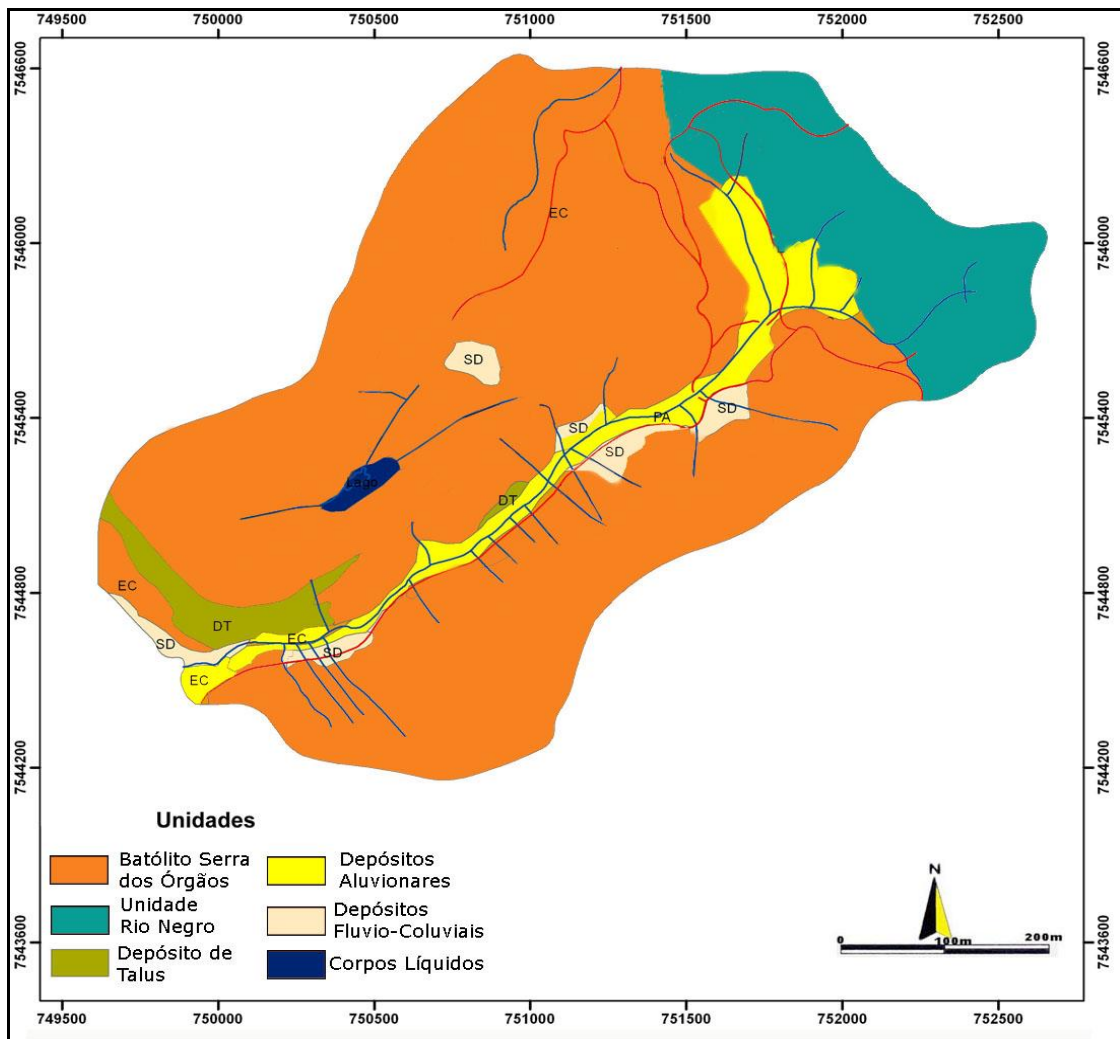
Associação de classes de uso: houve necessidade de combinação de classes, onde as culturas ocupavam áreas muito pequenas para serem mapeadas individualmente, mas estavam agrupadas e eram numerosas demais para serem ignoradas. As classes de uso misto representadas no mapa foram: Ar + Mata; Caqui + Mata; Caqui + Olerícolas e Eucalipto + Pasto.

Alguns fragmentos de vegetação foram desconsiderados quando da elaboração da carta de uso atual da terra, entre eles aqueles muito pequenos que recobriam parte das calhas.

## Aspectos geológicos

Estudos geológicos de Rio de Janeiro (1982) e Matos, Ferrari e Cavalcanti (1980), assinalam para a área e adjacências a predominância de unidades Neoproterozóicas pertencentes ao Segmento Central da Faixa Móvel Ribeira (Ciclo Brasileiro/Pan-Africano), constituídas preferencialmente de rochas ortoderivadas pertencentes ao Complexo Rio Negro (conjunto de ortognaisses e migmatitos), associados a rochas do Batólito Serra dos Órgãos (ortognaisses granodioríticos), intercaladas a faixas de gnaisses paraderivados do Grupo Paraíba do Sul (leucognaisses e rochas metassedimentares). Em menor extensão ocorrem terrenos do Quaternário representados pelos depósitos aluviais inconsolidados de consistência areno-argilosas, argilosa e silto-argilosa, como mostra a Figura 9.

**Figura 9.** Mapa de litologia (extraído e modificado de DRM, 1982; MATOS; FERRARI; CAVALCANTI et al., 1980)



**Fonte:** Extraído e modificado de DRM, 1982; MATOS; FERRARI; CAVALCANTI et al., 1980

A várzea apresenta relevo plano com 0 a 3% de declive, em certos locais o relevo é suave ondulado, com 3 a 8% de declive e a várzea é entulhada observando-se variações de altitude e natureza dos sedimentos. A drenagem no ambiente de várzea é impedida, com solos imperfeitamente drenados. Nesse ambiente o material é constituído de sedimentos argilo-arenosos, compreendendo aluviões fluviais recentes e formações aluviais e coluviais mais antigas, proveniente de material carreado das encostas e depositado nas calhas dos rios e córregos. Em certos locais, nota-se o aporte recente de material coluvial. Observa-se em pequenas porções de anfiteatro e áreas de depósitos de Tálus, solos imperfeitamente drenados.

A unidade Batólito Serra dos Órgãos ocupa 72% da área, a unidade Rio Negro ocupa 16,51%, a planície fluvial ocupa 6,25%, os terraços, onde ocorrem os sedimentos do Quaternário ocupam 2,85%. Com apenas 2,18 %, nas áreas de sopé, ocorrem os depósitos de tálus e o lago ocupa 0,18 %.

### **Aspectos Socioeconômicos**

O comportamento tecnológico e organizacional dos produtores rurais baseou-se nos dados e informações da Emater (1994) A estrutura fundiária de Nova Friburgo caracteriza-se, sobretudo pela presença significativa de pequenas propriedades rurais, com destaque na proporção das propriedades com dimensões menores de 10 ha, que representam 63,5% do número total de estabelecimentos rurais do município (IBGE, 1995).

A economia agrícola da área se baseia no plantio e comercialização de olerícolas, frutíferas e reflorestamento comercial. As criações de suínos, aves e abelhas são basicamente de subsistência. Alguns pequenos agricultores têm animais para produção de leite, com o objetivo de atender somente ao consumo familiar. Os principais produtos comercializados são caqui, lima da pérsia e olerícolas diversas. A produção dessas culturas varia em função de situações momentâneas como o preço. A comercialização dos produtos é feita via associação de produtores ou no mercado do produtor de Nova Friburgo (EMATER, 1994).

A produção é realizada, predominantemente, por pequenos agricultores, com mão-de-obra tipicamente familiar que representa 90%, a mão-de-obra temporária 05% e a permanente 05%. O trabalho familiar e de parceiros também emprega trabalhadores assalariados, além de combinar outras formas de remuneração da força de trabalho.

A produção agrícola de olerícolas possui em comum o alto rendimento por unidade de área, o caráter altamente perecível e a grande quantidade de defensivos e

fertilizantes que requerem durante o ciclo vegetativo (EMATER, 1994), além de envolver em grande medida o trabalho manual, demandando força de trabalho durante todo o ano.

No cultivo das hortaliças, o manejo dos solos e das culturas envolve o uso de quantidades razoáveis de fertilizantes orgânicos e químicos. Todas essas práticas são conduzidas mediante a utilização de um sistema de manejo de médio nível tecnológico (EMATER, 1994). As práticas empregadas, de modo geral, são as mesmas para todas as espécies, variando apenas os detalhes de tratos que são característicos de algumas delas, como preparo cuidadoso do solo, uso de semente adquirida no comércio especializado, emprego de calcário e adubação química e orgânica, nem sempre precedida de análise de solo, controle químico de pragas e doenças, seleção e classificação, de acordo com as exigências do mercado. Na fruticultura, usa-se calagem e adubação química e orgânica do solo e tratos culturais, principalmente capina e poda.

Embora sem grandes problemas atuais de erosão, este é um fenômeno que ameaça constantemente toda a área de lavoura, práticas simples de conservação, como o plantio cortando as águas, são observados, ao lado de outros, feitos no sentido da declividade. Em alguns locais, a permanência do solo desnudo por longos períodos e a incipiente manutenção das estradas vicinais, ainda favorece a erosão.

Do total de produtores, 98% deles residem na área onde a atividade agrícola é desenvolvida através da exploração da propriedade rural pelo dono e morador da terra. Atualmente, os produtores estão conscientes de que cuidando bem de suas glebas, estarão protegendo o seu patrimônio e o sustento dos seus familiares. Outro fato interessante que se observa, embora o preço da terra seja elevado, não há tendência à especulação, a sub-utilização ou à conversão dessas áreas em uso urbano ou sítios de fins-de-semana.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A construção da base de dados georreferenciada contendo os modelos digitais de elevação, mapas temáticos produtos de sensoriamento remoto, possibilitou associar os mapas as suas respectivas tabelas com as características de seus atributos. O uso destes procedimentos, além de oferecer facilidades e rapidez na análise ambiental por integrarem dados numa mesma projeção e Datum armazenados em SIG, contribue para a melhor compreensão de aspectos físicos e ecológicos dos recursos ambientais com suas potencialidades e limitações.

Com relação aos MDEs testados para a área de estudo, o modelo produzido pelo Topo to Raster foi o que se mostrou mais coerente com a realidade do campo e melhor

atendeu as expectativas do trabalho, na escala 1:10.000. Os modelos extraídos do SRTM e do ASTER GDM, na escala 1:10.000, não são adequados na escala de detalhe, o que é concordante com os resultados do trabalho de Santos, Gaboard e Oliveira (2005).

A agricultura e pecuária são as atividades econômicas mais importantes na microbacia, pelo fato de existirem muito poucas áreas planas, a agricultura é comumente praticada em terrenos de declividades acentuadas, com a máxima ocupação de áreas íngremes que compõem a paisagem local. As principais restrições pedológicas observadas resumem-se à baixa fertilidade natural dos solos e a alta erodibilidade natural, em consequência da elevada precipitação e do relevo da área com pendentes longas, o que implica em práticas conservacionistas intensivas e limitações fortes quanto à possibilidade de utilização de máquinas e implementos agrícolas pesados. Grande parte das restrições para a produção agrícola pode ser superada com o melhor gerenciamento das terras, usando práticas adequadas, medidas contra a erosão, aumento do conteúdo de matéria orgânica, correção do solo, além, da irrigação.

A utilização correta do solo exige práticas conservacionistas intensivas, como terraceamento e cultivos em curvas de nível. O desmatamento da vegetação e as queimadas são os principais impactos, que acontece basicamente em toda a área. Verifica-se também, alguma degradação qualitativa em certas zonas onde a atividade antrópica (agricultura, deposição de lixo) põe em risco sistemas hidrogeológicos de interesse local. O desmatamento de algumas áreas pode causar diretamente deslizamentos de terra, erosão laminar e assoreamento dos cursos d'água. Por isso, há a necessidade de se preservar as áreas de topo e de declives abruptos evitando a retirada da cobertura florestal.

O estudo justifica-se como uma contribuição para o conhecimento e caracterização de áreas de ecossistemas fragilizados na serra dos Órgãos, ocupada com agricultura familiar. Os resultados produzidos contribuem para o desenvolvimento da cartografia ambiental, em escala de detalhe, da paisagem da serra do Mar.

## REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Superintendência de Informações Hidrológicas – SIH. **Hidro sistema de informações hidrológicas**. 2007. Disponível em: <[www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)>. Acesso em: 29 jul. 2014.

ARGENTO, M. S. F., CRUZ, C. B. M. Mapeamento geomorfológico. In: CUNHA, S. B., GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 265-282.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

CALDERANO FILHO, B. **Visão sistêmica como subsídios para o planejamento ambiental da microbacia do córrego Fonseca**. 2003. 240f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. **Análise geoambiental de paisagens rurais montanhosas da Serra do Mar do utilizando redes neurais artificiais. Subsídios a sustentabilidade ambiental de ecossistemas frágeis e fragmentados sob interferência antrópica**. 2012. 332f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CALDERANO FILHO, B.; SILVA, E. F.; 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, 1992. 93 p. (Relatório Técnico Convênio Secretária Estadual de Agricultura SEA-RJ/EmbrapaSNLCS).

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, 2004. 51 p. (EMBRAPA-SOLOS. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 27).

CALDERANO FILHO, B.; SANTOS, H. G.; MARQUES, F. O. O.; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. ; SANTOS, R. D. **Os solos da fazenda Canchim-Centro de pesquisa de pecuária do sudeste, São Carlos, SP**: levantamento semidetalhado - propriedades e potenciais. São Carlos-SP, 1999. 62 p. (Embrapa Pecuária Sudeste/Boletim de Pesquisa, 2).

CALDERANO, S. B. **Delineamento geoambiental do município de Santo Antônio de Pádua**. 2005. 148f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M. V. MEDEIROS, J. S. **Representações computacionais do espaço**: um diálogo entre a geografia e a ciência da geoinformação. 2000. Disponível em:

<[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/GEOGRAFIA/Artigos/geoinformacao.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/GEOGRAFIA/Artigos/geoinformacao.pdf)>. Acesso em: 29 jul. 2014.

DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A. I. M.; SILVA, C. R.; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J. F.; CALDERANO, S. B.; CARVALHO FILHO, A. Diagnóstico geoambiental do estado do Rio de Janeiro. In: SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Estudo geoambiental do estado do Rio de Janeiro**. Brasília, 2001. CD-ROM.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. **ArcMap 9.2**. Redlands, Califórnia, USA, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS, 1999. 412 p.

\_\_\_\_\_. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1979. 212 p.

\_\_\_\_\_. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1988. 54 p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 3).

EMATER. **Programa Estadual de Microbacias**. Microbacia Janela das Andorinhas, Município de Nova Friburgo. Rio de Janeiro, 1994. 13 p. Relatório Emater.

HUTCHINSON, M. F. A new method for gridding elevation and streamline data with automatic removal of pits. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 106, p. 211-232, 1989.

HUTCHINSON, M. F.; GALLANT, J. C. Digital elevation models and representation of terrain shape. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Ed.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, 2000. p. 29-50.



- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 1995-1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 1996.
- MENDES, C. A. R. **Erosão superficial em encosta íngreme sob cultivo perene e com pousio no Município de Bom Jardim**. 2006. 237f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MATEO, J. M. R. **Apuntes de Geografia de Los paisajes**. Univerdidad de la Habana Facultad de Geografia. Habana: Editorial ENPES, 1984. 324 p.
- MATEO, J. M. R. Planejamento ambiental: bases conceituais níveis e métodos In: CAVALCANTI, A. P. B. et al. (Org.). **Desenvolvimento sustentável e planejamento bases teóricas e conceituais**. Fortaleza: UFC - Imprensa Universitária, 1997. p. 97 - 105.
- MATOS, G.; FERRARI, P.; CAVALCANTI, J. **Projeto faixa calcária cordeiro-cantagalo**. Belo Horizonte: DNPM, 1980. 620 p.
- NIMER, E. Clima. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Geografia do Brasil Região Sudeste**. Rio de Janeiro, 1977.
- 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, Folha Nova Friburgo**. Rio de Janeiro: DRM, 1982. Escala 1:50.000.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1978. 65 p.
- RECKZIEGEL, E. W.; ROBAINA, L. E. S. Mapeamento geoambiental da área interfluvial dos rios Ibicuí e Jaguari - São Vicente do Sul, RS1. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 185-200, 2008.
- SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004. 184 p.
- SANTOS, P. R. A.; GABOARD, C.; OLIVEIRA, L. C. **Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM em diferentes escalas: um estudo de caso na Amazônia**. 2005. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- TRICART, J.; KIEWITDEJONGE, C. **Ecogeography and rural management**. Harlow: Longman Scintific, 1992.
- WISE, S. Assessing the quality for hydrological applications of digital elevation models derived from contours. **Hydrological processes**, Chichester, v. 14, p. 1909-1929, 2000.
- WITTERN, K. P.; MOTCHI, E. P.; CALDERANO FILHO, B.; LEMOS, A. L. **Levantamento detalhado de solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da usina Novo Horizonte no Município de Campos, RJ**. Rio de Janeiro, 1990. 86 p. Relatório Técnico Convênio Secretária Estadual de Agricultura SEA-RJ/Emater-Rio/EmbrapaSolos.

Recebido em 03/04/2013

Aceito em 05/08/2014