

CARTOGRAFIA GEOAMBIENTAL NO MÉDIO ALTO CURSO DO RIO GRANDE (RJ), SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO DE PAISAGENS RURAIS MONTANHOSAS DA SERRA DO MAR.

Braz CALDERANO FILHO¹; Helena POLIVANOV²; Emílio Velloso BARROSO²; Antônio José Teixeira GUERRA³; Cesar da Silva CHAGAS⁴; Sebastião Barreiros CALDERANO⁴ e Wadir de CARVALHO JÚNIOR⁴

(1) Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024. Gávea. CEP 22.460.000. Rio de Janeiro - RJ. Endereço eletrônico: bccalder@gmail.com.

(2) Professores - Departamento de Geologia - Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Geociências. Av. Athos da Silveira Ramos, 274, bloco G. Cidade Universitária. CEP 21.941-916. Rio de Janeiro - RJ. Endereços eletrônicos: hpolivanov@gmail.com; emilio@geologia.ufrj.br.

(3) Professor - Departamento de Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Instituto de Geociências. Av. Brig. Trompowski, 274, bloco G. Cidade Universitária. CEP 21.941.916. Rio de Janeiro – RJ. Endereço eletrônico: antoniotguerra@acd.ufrj.br

(4) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024. Gávea. CEP 22.460.000. Rio de Janeiro - RJ. Endereços eletrônicos: sebastiancalder@gmail.com; waldirrj@gmail.com.

- Introdução
- Área de Estudo
- Material e Métodos
 - Geoprocessamento
 - Laboratório
 - Trabalho de Campo
 - Solos
 - Geologia
 - Uso e Cobertura das Terras
 - Base de Dados Espaciais
- Resultados
 - Solos do Médio Alto curso do Rio Grande
 - Aspectos Geológicos
 - Relevo
 - Uso e Cobertura das Terras
- Conclusões
- Referências Bibliográficas

RESUMO - Os objetivos foram realizar o estudo geoambiental e produzir informações físico-bióticas dos elementos componentes da paisagem, na área de influência do Rio Grande, visando fornecer subsídios para mitigar os conflitos de uso do solo e auxiliar no planejamento geoambiental de paisagens rurais montanhosas na serra dos Órgãos. Com suporte de SIGs e práticas de geoprocessamento, montou-se um banco de dados digitais, com produtos de sensoriamento remoto, modelo digital de elevação (MDE) e mapas temáticos dos elementos físico-bióticos. Os procedimentos utilizados envolveram mapeamentos e prospecções de campo, classificação digital de imagens e geração de mapas interpretativos úteis ao planejamento da área, apoiados em interpretações de produtos de sensores remoto, pontos georreferenciados por GPS e coletas de dados no campo. Os resultados produzidos permitiram discriminar e caracterizar aspectos físicos e ecológicos dos elementos componentes da paisagem, a compreensão dos recursos ambientais com suas potencialidades e limitações, além de contribuir para a elaboração de um plano de manejo e desenvolvimento da cartografia geoambiental em escala média, da paisagem da serra do Mar.

Palavras Chaves: Planejamento ambiental, Cartografia geombiental, Planejamento de uso da terras e Sistema de Informação Geográfica (SIG).

ABSTRACT - The objectives of this paper are to carry out a geo-environmental study and to produce physical-biotic information of landscape components of the influence area of River Grande, aiming to supply information to understand the conflicts of land use and geo-environmental planning of the rural landscapes of Serra dos Órgãos. With the support of GIS and geoprocessing, a data base was set up, based on remote sensing, digital elevation model (DEM) and thematic maps of the physical-biotic elements. The methods used consisted of mapping and field support, digital classification of images and the generation of interpretative maps, which are useful to planning, with the support of photo-interpretation based on remote sensing, georeferenced points with GPS and soil sampling in the field. The results have allowed us to characterize the physical and ecological aspects of the elements fo the landscape, the understanding of the environmental resources, with their potentialities and restrictions, besides to contribute towards the geo-environmental planning, the elaboration of a managing plan and the development of a digital cartography in median scale, of Serra do Mar landscape.

Key words: Geo-environmental planning, Geo-environmental cartography, Land use planning, Geographic Information System (GIS).

INTRODUÇÃO

A área de estudo localizada na região serrana do estado do Rio de Janeiro, sob influência do médio alto curso do Rio Grande, sub-bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, além de abrigar diferentes paisagens, formas de uso e ocupação das terras, comporta áreas de equilíbrio delicado, devido as condições geoambientais peculiares da serra, com relevo acidentado, solos de textura variável, altos índices de precipitações local, concentração das chuvas em certos períodos do ano e elevada vulnerabilidade de suas terras aos processos erosivos. O uso sustentável destes ambientes exige o conhecimento das limitações e potencialidades dos elementos físico-bióticos componentes da paisagem e informações em escalas adequadas que subsidiem o gerenciamento dos recursos naturais.

Em um processo de planejamento, o estudo da distribuição espacial dos elementos geobiofísicos componentes da paisagem, em escala compatível com as necessidades municipais, torna-se uma importante ferramenta para o planejamento de uso e manejo dos recursos naturais, principalmente do solo e da água. Estes estudos têm sido feitos de forma diferenciada, em função dos objetivos da aplicação. Trabalhos nessa linha são encontrados em Witter et. al. (1991 e 1993), Dantas et. al. (2000), Calderano (2005) e outros. Para a área de interesse encontram-se disponíveis os trabalhos de Dantas (2000), Witter et. al. (1991 e 1993), em escala generalizada e Calderano Filho et al. (2009a; 2009b e 2010), com cobertura parcial da área.

Neste trabalho o termo geoambiental deve ser entendido como o estudo dos elementos físicos-bióticos componentes da paisagem, que resulta na caracterização de aspectos do meio (geologia, geomorfologia, pedologia, hidrologia, recursos naturais). Com base no exposto, realizou-se este trabalho com o objetivo de estudar as características geoambientais, identificar o uso e cobertura

das terras e produzir informações dos elementos físico-bióticos componentes da paisagem na área de influência do Rio Grande, visando fornecer subsídios para o planejamento geoambiental e a gestão sustentável das terras de paisagens rurais montanhosas na serra dos Órgãos. Para isso, a metodologia utilizada combinou práticas de geoprocessamento, produtos de sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica (SIG), modelo digital de elevação (MDE), classificação digital de imagens e trabalhos de campo.

Com suporte de SIGs, montou-se uma base de dados espaciais, composta de produtos de sensoriamento remoto, modelo digital de elevação (MDE) e mapas temáticos de solos, relevo, geologia, vegetação e uso da terra, todos na escala 1:50.000, produzidos por mapeamentos e prospecções de campo e classificação digital de imagens, incluindo interpretações úteis ao planejamento, buscando desta forma, explicar a natureza física do ambiente por intermédio da caracterização e mapeamento de seus componentes e suprir a falta de material cartográfico disponível para a área.

Os procedimentos utilizados permitiram o conhecimento dos recursos da terra e geração de mapas interpretativos úteis ao planejamento, subsidiando a indicação de formas viáveis de exploração racional das terras. O estudo justifica-se como uma contribuição para o conhecimento e caracterização de áreas de ecossistemas fragilizados na serra dos Órgãos, ocupados com agricultura familiar. Os resultados além de gerar subsídios para o planejamento geoambiental e elaboração de um plano de manejo conservacionista da área, contribuem para o desenvolvimento da cartografia geoambiental, em escala média, da paisagem da serra do Mar.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo sob influência do médio alto curso do Rio Grande, sub-bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, com aproximadamente 48.46km², encontra-se delimitada pelas coordenadas W42°12'/W42°35' e S22°05'/S22°20', abrange parte dos municípios de Nova Friburgo, Bom Jardim, Cordeiro, Casimiro de Abreu e Duas Barras.

Insere-se na unidade geomorfológica “reverso das colinas e maciços costeiros do Planalto da Serra dos Órgãos”, unidade definida por Dantas (2000), pelo domínio de morros elevados e domínio montanhoso, com ocorrência de alvéolos de relevo suave, subordinados ao domínio montanhoso. A Figura 1, ilustra a localização da área.

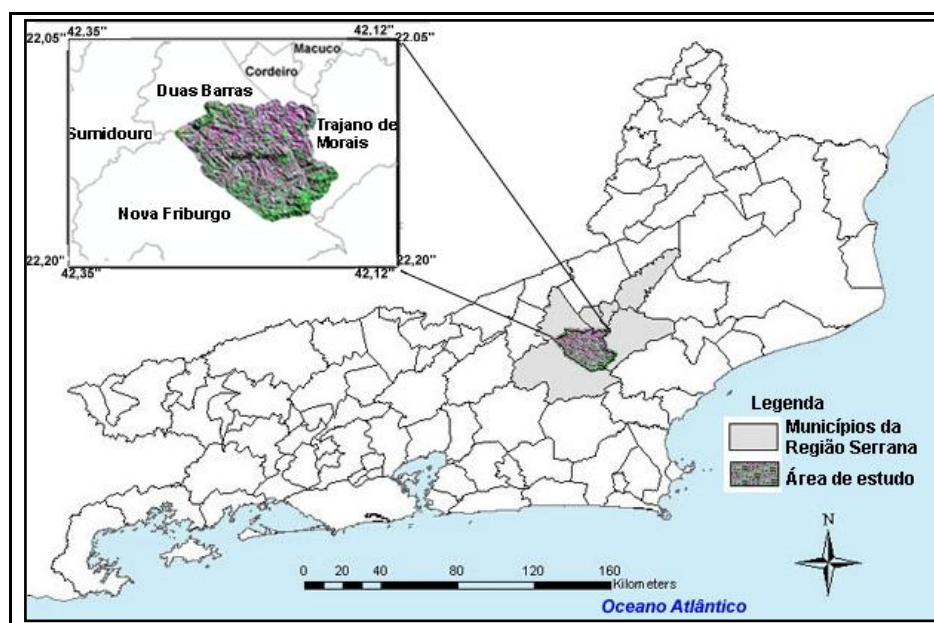


Figura 1. Área de estudo no contexto da região serrana do Estado do Rio de Janeiro.

O tipo climático predominante é o tropical mesotérmico úmido, com temperaturas elevadas bem distribuídas o ano todo e pouco ou nenhum déficit hídrico (Nimer, 1977). O verão é brando, com temperatura média anual de 17,8°C e mínimas de 13°C no inverno. A pluviosidade anual concentrada no verão é elevada, com precipitação média anual da série

1966-2007 de 1.327mm a 1.585mm, sendo dezembro o mês de maior índice (ANA, 2007). A vegetação natural é representada pela floresta tropical subperenifólia nas partes altas, com inclusões de campos rupestres e a floresta tropical subperenifólia de várzea nas partes baixas.

MATERIAL E MÉTODOS

Como material cartográfico básico utilizou-se cartas topográficas da FIBGE, na escala 1:50.000, com curvas equidistantes de 20m, folhas Quartéis, Cordeiro, Trajano de Moraes, Duas Barras e Casimiro de Abreu; imagens orbitais dos sensores Landsat5 TM, de outubro de 2005, cena 216/075, com resolução 30x30m, adquiridas no site do INPE, sensor ASTER (Advanced Spaceborne

Thermal Emission and Reflection Radiometer), ano de 2000, com resolução espacial de 15x15m, produto GEOCOVER ortorretificado, disponível gratuitamente na Internet (LANDSAT, 2006), fotografias aéreas na escala 1:20.000, ano de 1970 e 2000, cedidas pelo DRM/RJ, softwares ArcGIS 9.2, SPRING 4.3, ENVI 4.0 e aparelho de GPS.

digital de produtos de sensoriamento remoto e construção de uma base de dados espaciais em SIG; b) fase de campo, incluindo prospecções e mapeamentos temáticos do meio físico, na escala 1:50.000 e as atividades de coleta de amostras; c) fase de determinações analíticas e d) fase de pós-processamento, interpretações e confecção final da base de dados espaciais.

Geoprocessamento

Nesta fase utilizou-se os programas de SIG disponíveis nos laboratórios da UFRJ (Geologia de Engenharia e Ambiental no Departamento de Geologia e Lagessosolos no Departamento de Geografia), gerando um banco de dados no ArcGIS 9.2, na projeção UTM, fuso 23S, Datum Córrego Alegre, com implementação de produtos de sensoriamento remoto, fotografias aéreas e mapas temáticos produzidos. As imagens Landsat/TM e Aster adquiridas na projeção UTM, datum padrão WGS-84 sofreram conversões de formatos, projeções, registro e importações necessárias ao uso em programas específicos, sendo transformadas para o *datum* Córrego Alegre, zona 23S e submetidas às técnicas de PDI (processamento digital de imagens). As fotografias aéreas em formato TIF foram georreferenciadas, padronizando 10 pontos por foto e erro máximo aceitável de 10m.

As cartas topográficas foram unidas no SIG para compor a área de estudo e editadas, extraíndo para a área de interesse os layers de drenagem, limites, estradas, edificações, pontos cotados e curvas de nível. A seguir colocou-se a topologia nas curvas de nível e efetuou-se os ajustes necessários, obtendo-se a base cartográfica digital na escala 1:50.000. A partir das feições digitalizadas e armazenadas na base cartográfica, elaborou-se o modelo digital de elevação da área, com resolução espacial de 15m utilizando-se a ferramenta Topo to Raster do programa ArcGIS 9.2 (Hutchinson, 1989). Para a geração do MDE efetuou-se ajustes topológicos e direcionais da hidrografia, das curvas de nível e dos pontos cotados, como sugerido em ESRI (2006). 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. A partir do MDE corrigido e isento de depressões espúrias, gerou-se a grade com a declividade e outras feições de interesse, como direção do fluxo, fluxo acumulado, orientação das vertentes, perfil de curvatura, plano de curvatura e imagem de sombreado do relevo, utilizando-se o módulo 3D Analyst do ArcGIS 9.2.

As informações das Cartas Geológicas 1:50.000, de Cordeiro e Quartéis (Matos et al. 1980) e Duas Barras e Trajano de Moraes, (Rio de Janeiro 1982), foram digitalizadas e editadas no SIG, extraíndo os polígonos com as informações litológicas e pontos de ocorrências, conforme a legenda constante nas cartas fornecidas. Esse material, juntamente com os produtos de sensoriamento remoto, foi utilizado como suporte cartográfico básico nas etapas de prospecções e mapeamentos de campo e delimitação de bacias de captação e caracterização de unidades geombientais.

O processamento digital de imagens de satélites visou à classificação de uso e cobertura da terra, correspondente a data de obtenção das imagens, incluindo a vegetação e abrangeu procedimentos que visaram à obtenção de informações da superfície terrestre, contidas nas imagens de satélite da área de estudo.

No SPRING o processamento digital de imagens consta de vários procedimentos, descritos em INPE (2000), entre eles, a segmentação de imagens por crescimento de regiões, uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes espacialmente podem ser agrupadas (INPE, 2000). Foram testados os classificadores Isoseg e Battacharya (método por regiões), disponíveis no SPRING para realizar as classificações não-supervisionada e supervisionada de uma imagem segmentada. O método consiste em agrupar regiões a partir de uma medida de similaridade entre elas, é aplicado às imagens brutas como etapa antecedente à classificação e com o objetivo de diferenciar classes de uso e cobertura da terra.

No programa ENVI 4.0, com as três bandas SWIR do sensor ASTER, a classificação

supervisionada foi feita pelo método pixel a pixel com o algoritmo de probabilidade máxima.

Neste trabalho utilizaram-se os dois procedimentos de classificação (supervisionado e não supervisionado), apoiados em trabalhos de campo sistemáticos para obtenção de amostras georreferenciadas com auxílio de GPS das áreas de treinamento. Após os mapeamentos é possível editar e converter os mapas. Processos de classificação podem ser vistos em Moreira et. al (1996); Duarte et al. (1996) e Narvaes & Santos (2007).

Laboratório

Visando as caracterizações químicas, físicas e mineralógicas, as amostras dos perfis de solo coletados, foram enviadas aos laboratórios de solo da Embrapa e de mineralogia das argilas do Departamento de Geologia da UFRJ. As determinações, de rotina em levantamentos pedológicos, são feitas na terra fina seca ao ar, proveniente do fracionamento subsequente à preparação da amostra. Os resultados de análises são referidos à terra fina seca a 105°C. Esses dados permitiram classificar em conjunto com as análises de campo as classes de solos presentes na área de estudo. A descrição detalhada dos métodos utilizados em análises para caracterização dos solos está contida no manual de métodos de análise de Solo (Embrapa, 1979).

Trabalho de campo

Fase do estudo que compreendeu caracterizações e mapeamentos dos elementos componentes da paisagem, compondo o diagnóstico geoambiental, onde foram mapeados solos, uso e cobertura das terras, vegetação, delimitação preliminar de unidades geoambientais, ajustes na rede de drenagem, mapa de declividade e no mapa de litologia. A área foi percorrida através de transecções, onde foram feitas coleta de amostras de solos, com a finalidade de auxiliar a classificação pedológica, descrição morfológica e coleta de perfis trincheiras de solos para caracterizações analíticas, coletados pontos de campo com auxílio de GPS, observações “in loco” e registro fotográfico dos detalhes considerados de interesse. Foram realizadas coletas

específicas de dados referentes ao uso e cobertura da terra, para comprovação da verdade terrestre, após a classificação digital de imagens de satélites e ajuste finais nos mapas produzidos.

Solos

O mapeamento dos solos apoiou-se nos produtos de sensoriamento remoto, MDE, fotointerpretação de fotografias aéreas e observações “in loco” dos aspectos fisiográficos do terreno e suas relações com o meio. Foram coletados 40 perfis completos de solos, 27 amostras extras de horizontes A e B e checados 256 pontos de campo. Os perfis escolhidos e os pontos de amostragem encontram-se em locais distintos da paisagem e foram localizados de forma a representar as várias classes e tipos de solos que ocorrem na área. Os pontos checados foram marcados com o GPS e posteriormente transferidos para a base digital. Com os resultados das análises das amostras enviadas ao laboratório, foi elaborada a legenda de identificação dos solos. A classificação dos perfis de solo seguiu o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

Geologia

As informações da Carta Geológica preparada no SIG foram sobrepostas às informações de solos, rede de drenagem e de áreas urbanas atualizadas advindas da BDE e ajustadas no campo, resultando em um mapa geológico com informações atualizadas de áreas urbanas e corpos d’água.

Uso e cobertura das terras

Foram testadas três formas para produzir o mapa de uso e cobertura das terras, a partir da análise e interpretação de produtos de sensoriamento remoto (imagens de satélite e fotografias aéreas), com auxílio dos programas SPRING, ENVI e trabalho de campo com apoio de equipamento de GPS, onde foram coletadas informações para o treinamento dos classificadores e discriminadas as diferentes classes de uso e cobertura da terra. Com auxílio do SPRING, a partir da imagem Landsat 5 ano de 2005, bandas 2 a 7, excluindo a banda 6, gerou-se o mapa temático por classificação não supervisionada e

supervisionada (primeira e segunda forma). Os classificadores utilizados para a elaboração do mapa preliminar foram o Isepeg e Battacharya (método por regiões). Todo o processo seguiu as seguintes etapas, imagem / segmentação / contexto / extração de regiões e classificação. A segmentação consiste na extração de objetos relevantes para as aplicações desejadas. As classes consideradas foram floresta, pastagem, cultivos, solo exposto, água, área urbana, afloramento de rocha e mata com afloramento. No programa ENVI 4.0, com as três bandas SWIR do sensor ASTER, a classificação supervisionada foi feita pelo método pixel a pixel com o algoritmo de probabilidade máxima, o qual assume que as estatísticas para cada classe, em cada banda estão normalmente distribuídas e calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica. A menos que se selecione um limite de probabilidade, todos os pixels são tratados de forma igual. O ENVI implementa a classificação de probabilidade máxima calculando funções discriminantes para cada pixel na imagem, como descrito em Richards (1999). Tanto na geração quanto na edição final destes mapas é imprescindível a associação de atividades de campo prévias e de checagem, para ajustes e correções posteriores nos mapas gerados. A terceira de forma híbrida, através da aplicação conjunta da classificação supervisionada com suporte de fotografias aéreas 1:20.000 e, classificação visual, com auxílio de trabalho de campo e apoio de equipamento de GPS, onde foram coletadas informações sobre as diferentes classes de uso e cobertura da terra, como auxílio na

discriminação final. Os pontos checados no campo foram transferidos e sobrepostos às fotografias aéreas, auxiliando na interpretação das diferentes classes de uso e cobertura. Nesse mapa as classes discriminadas foram floresta, afloramentos de rocha, pastagem, cultivos, água, área urbana e mata com afloramentos. A carta de vegetação foi atualizada com informações de campo e auxílio de fotointerpretação tendo sido delimitada junto com o mapa de uso e cobertura.

Base de Dados Espaciais

Ainda envolvendo ações de geoprocessamento, aprontou-se a base de dados final, efetuando ajustes na base cartográfica digital, edições, inclusão de legendas e elaboração final dos mapas produzidos (solos, geologia, relevo e declividade, uso e cobertura das terras, incluindo a vegetação). As informações produzidas e armazenadas na (BDE), foram associadas com informações de pluviosidade, constituindo um conjunto de informações em meio digital, padronizadas na projeção UTM, necessárias ao SIG, para análises, cruzamentos e geração de mapas interpretativos úteis ao planejamento da área.

Na confecção da base de dados, a forma de entrada dos dados foi feita via digitalizações em tela e escanização, mediante a importação de arquivos, com o suporte dos programas acima citados, tanto para análises, cruzamentos e geração de mapas, como para armazenamento e manipulação de dados geocodificados e informações contidas na BDE.

RESULTADOS

Solos do Médio Alto Curso do Rio Grande

A conceituação das classes de solos foi elaborada segundo os critérios adotados no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006). As classes definidas no quarto nível categórico, de acordo com o mapa de solos, são apresentadas com base nas características morfológicas e análises físicas e químicas dos perfis representativos coletados na área de estudo. A subdivisão das classes foi

feita considerando-se o tipo de horizonte A, características taxonômicas de natureza intermediária, tipos de vegetação e classes de relevo.

As principais classes de solos que ocorrem na área são: Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd); Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (LVAd), Latossolo Amarelo distrófico típico e húmico (LAd), Latossolo Amarelo Ácrico típico e húmico

(LAW), Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico e latossólico (PVAd), Argissolo Amarelo distrófico úmbrico e típico (PAd); Argissolo Vermelho distrófico típico e latossólico (PVd), Argissolo Vermelho eutrófico típico (PVe); Cambissolo Háptico Tb distrófico típico e úmbrico (CXbd), Cambissolo Flúvico Tb distrófico típico (CYbd), Neossolo Litólico distrófico típico (RLd), Neossolo Flúvico Tb distrófico típico (RYbd) e Gleissolo Háptico Tb distrófico típico (GXbd), como tipo de terreno Afloramento de Rocha. (AR). As unidades LAw, CYbd, RLd e GXbd, não aparecem na

legenda sinótica do mapa de solos, por ocorrerem como segundo ou terceiro componente nas unidades de mapeamento.

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 (Calderano Filho et al. 2009a) com enorme variabilidade em seus atributos. A figura 2 apresenta o mapa de solos da área e a tabela 1 mostra a legenda sinótica de solos, com os percentuais de ocorrência por unidade de mapeamento.

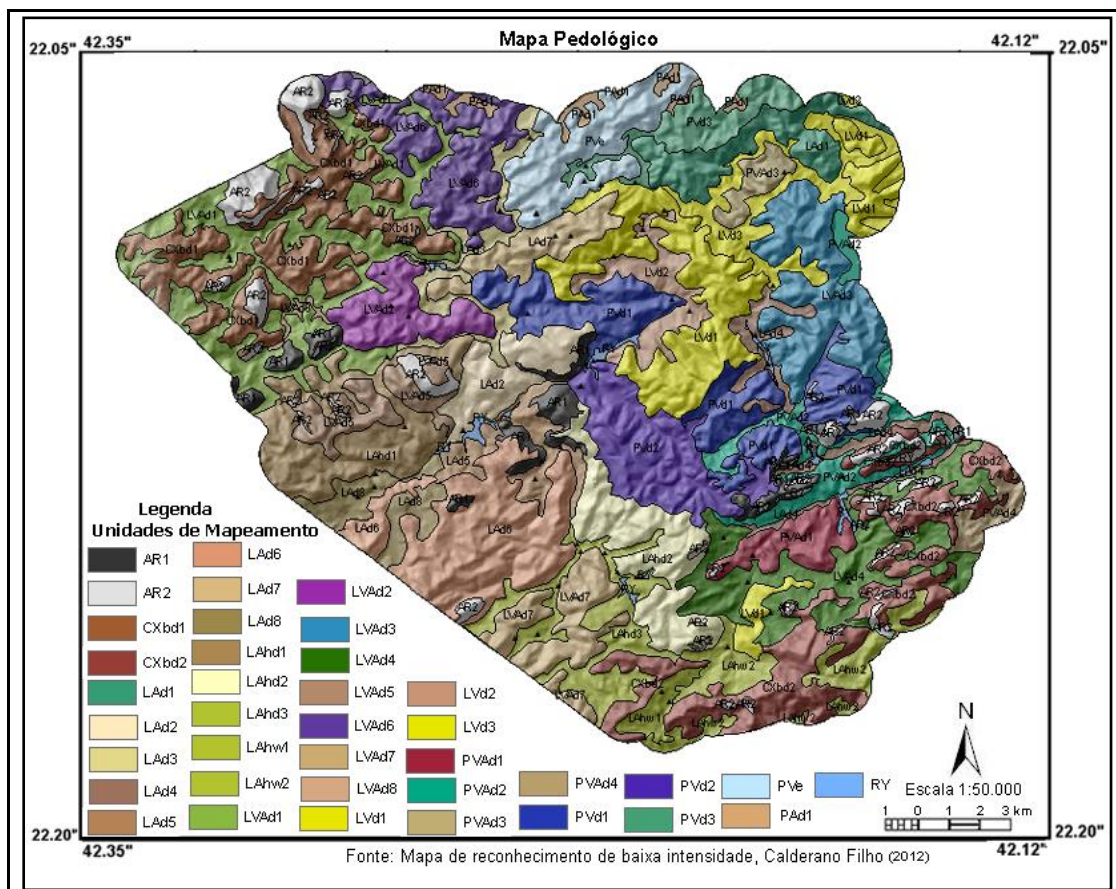


Figura 2. Mapa de solos da área de estudo.

As terras da área de estudo abrangem os dois principais domínios fisiográficos regionais, as baixadas e as terras altas. Face às diversas condicionantes do meio físico que integram a paisagem local, os vários ambientes que compõem essa paisagem foram separados em quatro feições geomorfológicas, inseridas nos domínios de relevo definidos por Dantas (2000) de morros elevados e domínio montanhoso, com ocorrência de alvéolos de

relevo suave, subordinados ao domínio montanhoso. As quatro feições geomorfológicas são as seguintes: (1) serras alinhadas; (2) colinas e morros com encostas forte onduladas e montanhosas; (3) colinas e morros com encostas onduladas, suave onduladas e inclusões de forte onduladas e (4) áreas de baixadas (planícies fluviais), e áreas suavizadas da paisagem de alvéolos intermontanos (Calderano Filho 2012). Essas

feições geomorfológicas correspondem a quatro domínios pedológicos relacionados às terras baixas e terras altas, para efeitos de distribuição dos solos na paisagem.

No domínio das terras altas, correspondendo às serras alinhadas, com áreas de topografia muito acidentada e relevo montanhoso e escarpado, há uma predominância de Cambissolo Háptico Tb distrófico típico e úmbrico e Neossolo Litólico distrófico típico que ocorrem associados à afloramentos de rochas, relacionadas a litologias diversas. Em alguns pontos, observam-se diques de reduzidas dimensões, de rocha ígnea muito alterada. Nesta unidade estão presentes dois tipos de vegetação, floresta tropical perenifólia e subperenifólia, com aspecto de muito pouco alterado, com ocorrência de vegetação rupestre, com pouca expressão cartográfica. Apesar da altitude elevada e microclima mais frio, não foram constatados espécimes com representatividade que justificassem encaixar a vegetação como altimontana.

Neste mesmo domínio, correspondendo às colinas e morros, com encostas forte onduladas e montanhosas, na qual predominam Argissolo Vermelho distrófico típico e latossólico, Argissolo Vermelho eutrófico típico, Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico e latossólico. Em menor proporção ocorrem Cambissolo Háptico Tb distrófico típico e úmbrico, Latossolo Vermelho distrófico típico, Latossolo Amarelo distrófico típico e húmico, e Latossolo Amarelo Ácrico típico e húmico. Os Latossolos Amarelos distróficos húmicos têm maior ocorrência nas áreas abaciadas, de alvéolos intermontanos que compõem o domínio montanhoso e colinoso. Nesta unidade a vegetação se distingue entre floresta tropical perenifólia e subperenifólia, capoeiras em avançado estágio de regeneração e pastagens naturais e plantadas. Nestes locais, a floresta é mais fechada, com espécies de porte intermediário e maior diâmetro, além de ser pouco explorada, provavelmente devido ao relevo acidentado que dificulta o uso do solo e a retirada de madeira.

Ainda no domínio das terras altas,

correspondendo às posições intermediárias de colinas e morros com encostas onduladas, suave onduladas e inclusões de forte onduladas. A vegetação se distingue entre capoeiras, pastagens degradados ou não, uso agrícola e pequenas áreas de floresta tropical subperenifólia. Os solos predominantes são Latossolos Vermelhos distróficos típicos, Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos típicos, Latossolos Amarelos distróficos típicos e húmicos, Argissolos Vermelhos distróficos típicos e latossólicos e Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos típicos e latossólicos, todos de baixa fertilidade natural. Em menor proporção ocorrem Argissolos Amarelos distróficos típicos e úmbricos nas encostas mais suavizadas. Apenas na classe do Argissolo Vermelho há ocorrência de solos eutróficos, relacionados a diques de rochas básicas. Nesse local os ambientes se distinguem entre uso agrícola, pastagens, construções civis, capoeiras em estágio de regeneração e pequenas manchas de floresta tropical subperenifólia.

Excluindo os solos representativos das áreas de várzea, o restante, assim como os afloramentos de rochas, ocorrem em toda a área de estudo em diferentes posições da paisagem, em alguns locais os blocos rochosos e salientes elevam-se a dezenas de metros acima do nível do terreno, na forma de montanha desnuda. Os perfis de solo apresentam cores entre o avermelhado e o amarelado, a depender da profundidade do “solum”, da posição que ocupam na paisagem e da drenagem interna. As cores amarelas dos solos são atribuídas à presença da goethita e as cores vermelhas à presença da hematita. Para Embrapa (2006) matizes mais avermelhados ou mais amarelados estariam associados à dominância de um mineral em relação ao outro. Resende et. al (1998) e Resende (1995), ao analisarem a ocorrência de hematita e goethita, em situações bioclimáticas distintas de várias regiões brasileiras, concluíram que a goethita é mais estável em ambientes úmidos e a hematita mais instável.

Nas baixadas, áreas de planícies fluviais e terraços, onde se incluem áreas de alvéolos, os solos predominantes são

Neossolos Flúvicos Tb distróficos e Cambissolos Flúvicos Tb distróficos que ocorrem nas várzeas do rio Grande e, em menor proporção, foram identificados

Gleissolos Háplicos Tb distróficos, ocupando junto com os Neossolos Flúvicos Tb distróficos, as partes mais baixas das várzeas.

Tabela 1. Legenda sinótica de solos.

Símbolo	ha	%	Símbolo	ha	%	Símbolo	ha	%
LAd1	1096,72	2,26	LVAd1	2942,30	6,07	LAdh1	1780,94	3,67
LAd2	945,95	1,95	LVAd2	973,96	2,00	LAdh2	1602,32	3,30
LAd3	714,65	1,47	LVAd3	1899,94	3,91	LAdh3	1240,87	2,56
LAd4	713,43	1,47	LVAd4	2063,74	4,25	LAW1	276,96	0,57
LAd5	689,53	1,42	LVAd5	772,82	1,59	LAW2	1081,41	2,23
LAd6	2615,03	5,40	LVAd6	1666,03	3,43	LVd1	3005,22	6,20
LAd7	742,76	1,53	LVAd7	1113,85	2,29	LVd2	727,14	1,50
LAd8	705,80	1,46	LVAd8	69,77	0,14	LVd3	1190,08	2,45
Total	8223,87	16,96	Total	11502,41	23,68	Total	10904,94	22,48
PVAd1	678,61	1,40	PVe	1533,74	3,16	CXbd1	2863,81	5,90
PVAd2	1021,91	2,10	PVd1	2484,23	5,12	CXbd2	2893,97	5,97
PVAd3	345,86	0,71	PVd2	1708,25	3,52	AR1	933,30	1,92
PVAd4	309,98	0,63	PVd3	843,81	1,74	AR2	1673,61	3,45
PAd	284,05	0,58	RY	247,38	0,56	Urbana	15,19	0,31
Total	2640,41	5,42	Total	6817,41	14,10	Total	8379,88	17,55
Total Geral				48.469,06 ha			100,00 %	

A legenda de identificação foi organizada em conformidade com o nível do mapeamento executado e, contém a relação das unidades de mapeamento identificadas e delineadas durante os trabalhos de campo. Foram associadas classes taxonômicas devido a ocorrência de variedade de solos com distribuição irregular pela área de estudo, o que impossibilitou sua delimitação cartográfica, em unidades simples.

Aspectos geológicos

Estudos geológicos de Mendes et al (2007), Matos et al. (1980), DRM (1982) e Mendes et al (2004), assinalam a predominância na área 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) e rochas ígneas de composição granodiorítica a granítica, mais

raramente gabróica, que intrudiram estas unidades. Em menor extensão, ocorrem terrenos do Quaternário representados pelos depósitos aluviais inconsolidados de consistência areno-argilosas, argilosa e silto-argilosa.

Foram utilizados neste trabalho apenas os dados referentes à litologia, já que os dados referentes às estruturas geológicas (dobras, falhas, fraturas, etc.) não estavam disponíveis. Matos et al. (1980) e DRM (1982) separam, nos domínios da área de estudo e adjacências os terrenos do pré-Cambriano em quatro complexos, distribuídos em várias unidades, além de rochas da Associação Paraíba do Sul, diques de gabro e diabásio que aparecem cortando praticamente todas as unidades do Pré-Cambriano, terrenos do quaternário holoceno e, várias ocorrências litológicas, sem expressão cartográfica, conforme tabela 2. Essas ocorrências são: pematito (pg), diorito (dr), charnockito (ck), diabásio (db), gabro (gb), calcossilicática (cs) e leptinito (ip).

A partir da superposição do mapa de geologia com o mapa de solos, atribui-se a classe sedimentos aluviais cada vez que uma classe litológica sobreponha-se as classes de solos Neossolo Flúvico, Cambissolo Flúvico e

Gleissolo Háplico, representado assim, a distribuição de depósitos quaternários sobrepostos às litologias do embasamento, ao longo das calhas dos rios e ribeirões. A figura

3 apresenta o mapa de geologia da área. A tabela 2 mostra a distribuição das unidades litológicas que ocorrem na área com os percentuais de ocorrência por unidade.

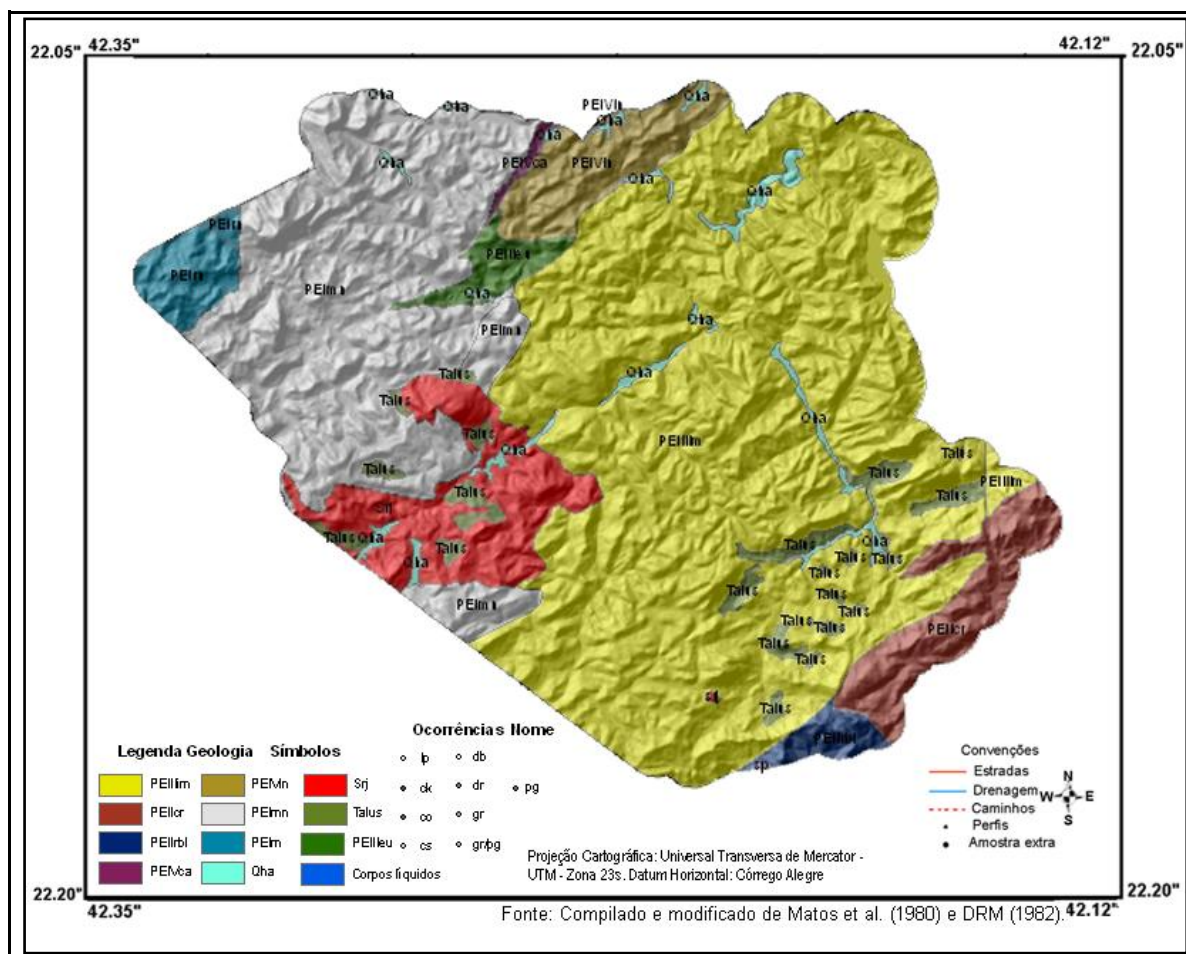


Figura 3. Mapa de geologia da área.

Os blocos rochosos se destacam nos pontos mais proeminentes da topografia, a dezenas de metros acima dos vales, com aspecto de montanhas desnudas sujeitas à esfoliação, apresentando sulcos, onde se fixa vegetação rasteira de líquens, musgos e bromélias. O paredão descoberto muito raramente tem continuidade até o fundo do vale, nesse setor destacam-se a Pedra de Santa Tereza e a Pedra Aguda. O material de origem dos solos é bastante diferenciado. Os solos das partes mais altas das encostas têm origem essencialmente em produtos de alterações das rochas acima citadas e em material de cobertura pseudo-autóctone, influenciando até o desenvolvimento do horizonte B. Ocorre na área, extensão

razoável de encostas coluviais de material transportado em fases diversas, em mistura com produtos da alteração das rochas. Na várzea, o material de origem dos solos é constituído de sedimentos argilo-arenosos, compreendendo aluviões fluviais recentes e formações aluviais e coluviais mais antigas referidas ao holoceno, 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. Esses sedimentos ocupam a planície fluvial e os terraços, onde ocorrem os sedimentos do quaternário. Nas áreas de sopé ocorrem os depósitos de Tálus. As áreas ocupadas por cada unidade geológica são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Distribuição das unidades litológicas que ocorrem na área.

Unidades	ha	%	Unidades	ha	%
PEImn (Monerá)	10917,25	22,52	PEIIIeu (Euclidilândia)	650,52	1,34
PEIVin (Complexo Indiviso)	1762,38	3,64	PEIIcr (Crubixais)	2078,72	4,29
PEIrn (Complexo Rio Negro)	972,78	2,01	Sjr (Granito S.JRibeirão)	3094,71	6,39
PEIVca (Capim Angola)	121,79	0,25	Sp (Granito SãoPedro)	6,30	0,01
PEIIIim (Imbé)	26323,74	54,31	Qha (Aluvião)	801,30	1,65
PEIIrbl (Rio Bonito- Lumiar)	523,36	1,08	Tálus (Tálus)	1216,21	2,52
Total				48469,06	100,00

A várzea apresenta relevo plano com 0 a 3% de declive, localmente está entulhada por sedimentos de natureza diversa, condição na qual apresenta relevo suave ondulado e declividades entre 3 e 8%. A drenagem no ambiente de várzea 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 e áreas de depósitos de Tálus, solos imperfeitamente drenados.

Relevo

O relevo da área foi estudado mediante as componentes de declividade e de hipsometria. A partir dos MDEs corrigidos e isentos de depressões espúrias, gerou-se a grade com a declividade, em graus e percentagem e outras feições de interesse, utilizando-se o módulo 3D Analyst do ArcGIS 9.2. A área de estudo apresenta um quadro fisionômico diversificado, com relevo vigoroso e um mosaico de feições que foram sendo alteradas ao longo dos anos, devidas à dissecação constante promovida pelo rio Grande no seu médio alto curso e pelas sucessivas e diversificadas intervenções antrópicas, em função de diferentes usos do solo.

O relevo de morfologia bastante acidentada e presença de pequenos alinhamentos serranos e paredões rochosos, apresenta localmente cotas entre 800 a 1.300m,

eventualmente registra picos com 1.600m de altitude. No setor menos expressivo, associado à dissecação promovida pelo rio Grande, as cotas variam entre 600 e 800m e os picos são bastante elevados. Em direção ao vale do Paraíba as cotas decrescem gradativamente de 800 para 400m (Dantas, 2000). As cotas mais baixas entre 480 e 550m, circundam o médio curso do rio Grande e a mais alta de 1620m, delimita os divisores d'água nas cabeceiras dos ribeirões Santo Antônio e Pito Aceso, próximo ao local denominado de Alto do Mundo Novo.

A área compreende parte da bacia do médio alto curso do rio Grande, um dos formadores do rio Dois Rios, principal coletor de águas na área de estudo, que aumenta o seu fluxo ao receber as águas do rio Bengala e tributários, e de vários outros córregos e ribeirões provenientes da localidade de Bom Jardim.

Estes são os principais receptores dos sedimentos carreados das encostas que são levados até o rio Grande que drena suas águas para o rio Paraíba do Sul. Na área de estudo o Rio Grande corre de leste a oeste, encaixado entre encostas íngremes, num percurso de aproximadamente 30 km, às vezes, entre encostas mais suaves, ou paredões e blocos rochosos, sendo poucos os compartimentos alargados de sua planície aluvial. A figura 4, apresenta a distribuição das classes de declive e a tabela 3 mostra a distribuição e percentual das classes de relevo que ocorrem na área.

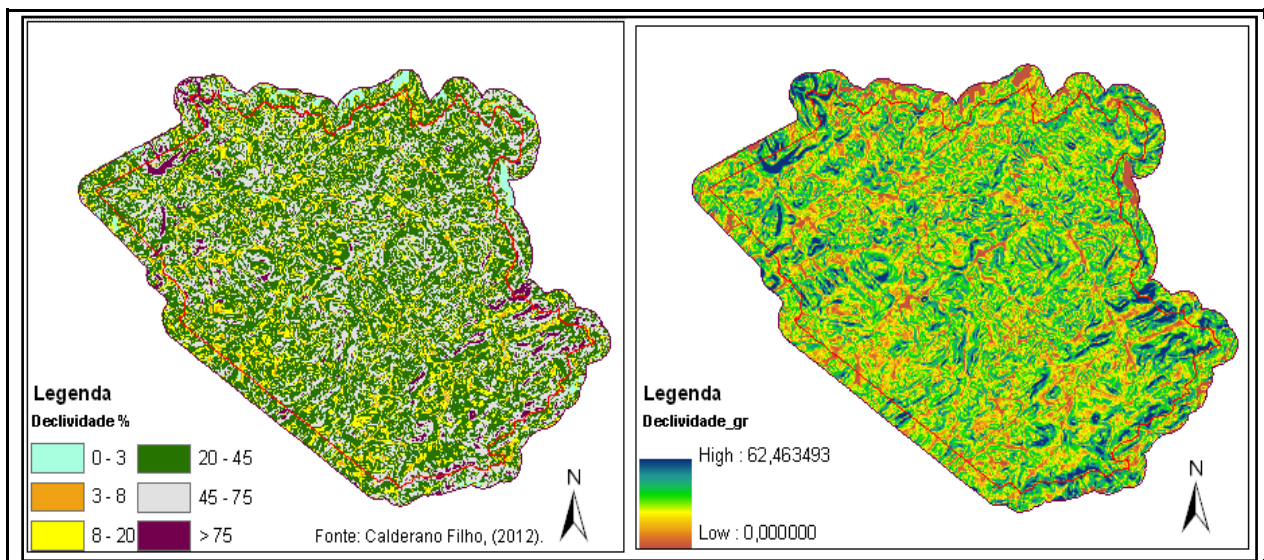


Figura 4. Distribuição das classes de declive em porcentagem e em graus.

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, sendo indispensável para o planejamento ambiental, principalmente em áreas de relevo acidentado.

Os menores declives estão associados às áreas cobertas pelos sedimentos do Quaternário, correspondendo as poucas áreas de várzea de relevo plano a suave ondulado, com 0 a 8% de declive.

O mapa de declividade foi confeccionado

com seis classes de relevo: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%), montanhoso (45-70%) e escarpado (> 70%). A definição de intervalos de classes de declives utilizadas está de acordo com Embrapa (2006). Pela tabela 2, verifica-se que 69,2% da área apresenta declividade superior a 20%, sendo que 43% em relevo forte ondulado (20-45%), 20,0% em relevo montanhoso (45-75%) e 6,2% apresenta relevo escarpado (> 75%). As áreas de relevo ondulado (8-20%) ocupam 20,8% e, as áreas de relevo plano (0-3%) e suave ondulado (3-8%) ocupam 9,9% das terras.

Tabela 3. Distribuição das classes de Relevo.

Classe de declive	área (ha)	%
Plano	862,74	1,78
suave ondulado	3.950,22	8,15
Ondulado	10.096,10	20,83
forte ondulado	20.841,69	43,00
Montanhoso	9.703,50	20,02
Escarpado	3.014,77	6,22
Total	48469,06	100,00

A elevação apresenta a distribuição das classes de altitudes ou patamares hipsométricos, em intervalos verticais equidistantes. A carta hipsométrica foi elaborada com base no modelo digital de elevação (MDE), utilizando para a

elaboração, as operações efetuadas via SIG-ArcGIS. As classes altimétricas foram estabelecidas com intervalos de 100m cada uma e diferenciadas por cores em degradê. Predominam na área morros e escarpas

aguçadas e amplitudes de elevação entre 480 a 1620m, com média de 1050m. A figura 5 mostra o modelo digital de elevação e a carta

hipsométrica da área. As classes representadas estão entre 400m e 1600m de altitude.

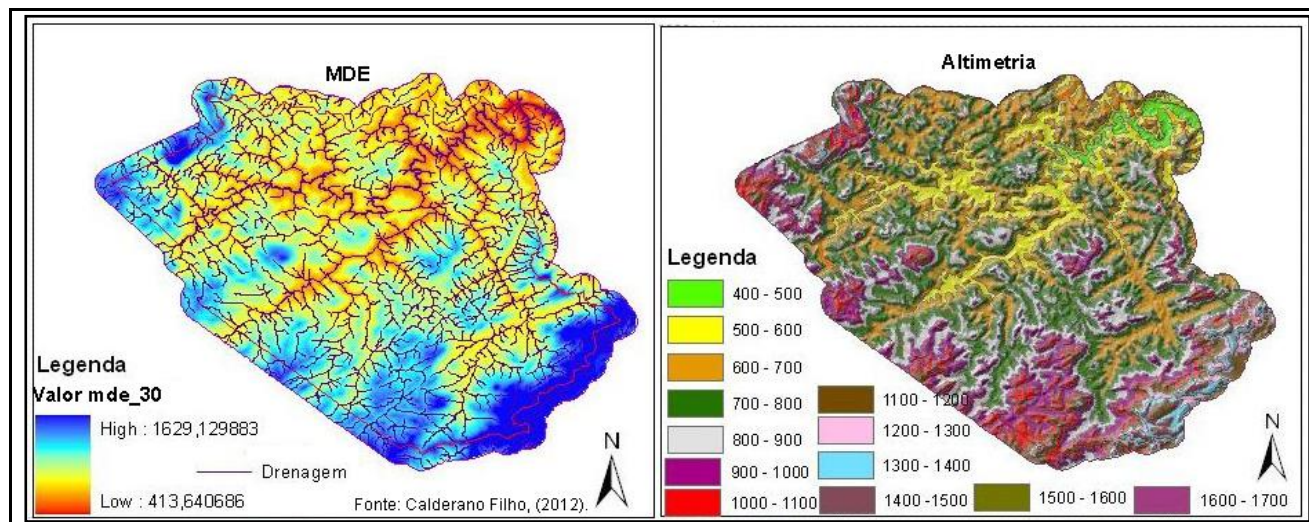


Figura 5. Representação dos temas MDE e Altimetria da área de estudo

A classe hipsométrica mais baixa 400-500m, engloba as áreas baixas ou os sopés das vertentes e circunda o vale do Rio Grande nos limites com o município de Cordeiro, e as classes hipsométricas mais elevadas (1500-1600m) e superior a 1600m (1600-1700m) encerram o domínio montanhoso e os topos aplainados, delimitando o município de Nova Friburgo, nas localidades de Campo do Coelho, Amparo e São Pedro da Serra, e o município de Casimiro de Abreu nas imediações da serra de Macaé de Cima.

Uso e Cobertura das Terras

Originalmente coberta por vegetação florestal de Mata Atlântica, atualmente a vegetação encontra-se reduzida a grupamentos florestais secundários, descaracterizados por sucessivas intervenções antrópicas, assim mesmo, restritos às áreas de maiores altitudes (Calderano Filho et. al. 2009b). A ocupação e uso do solo sem planejamento adequado substituiu por atividades agrícolas a vegetação de áreas consideradas vulneráveis, como

margens de córregos e rios, topos de morros e áreas suscetíveis à erosão. O mapa de uso e cobertura objetivou detectar todas as transformações em que o uso da terra alterou a vegetação original, discriminar as classes de uso dominantes com representação adequada na escala desejada e fornecer um quadro geral da situação atual da área. A classificação de forma híbrida foi o procedimento que apresentou resultados mais coerentes com as características edafoambientais dominantes na área e com a escala do trabalho, refletindo melhor a realidade (Figura 7).

As figuras 6A, 6B e 6C mostram os mapas de uso e cobertura das terras, confeccionados a partir da classificação digital utilizando imagens do sensor Landsat (figuras 6A e 6B), que permitiu separar na classificação supervisionada seis classes de uso e cobertura das terras, como mostra a figura 6A. Na classificação não supervisionada só foi possível separar com segurança três classes de uso, como mostra a figura 6B.

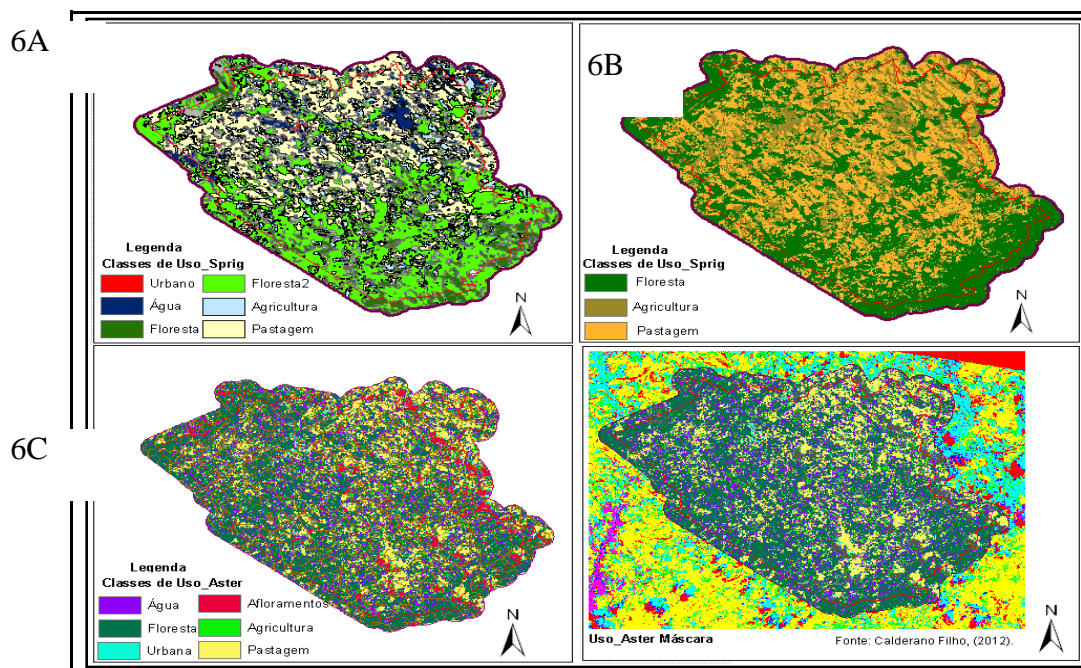


Figura 6. Mapa de uso e cobertura das terras da área de estudo, por classificação supervisionada e não supervisionada.

Na classificação digital supervisionada (método pixel a pixel), foi possível separar seis classes de uso e cobertura e houve melhor detalhamento das classes, o que é explicado pela melhor resolução espacial das imagens do Aster em relação ao Landsat. Os delineamentos resultantes das classificações digitais detectaram bem algumas classes de uso e cobertura, outras ficaram bastante fragmentadas, exigindo demorados procedimentos de correção para representar a realidade da área.

Nos dois métodos testados foi grande o grau de confusão entre as classes de solo exposto, área urbana, cultivos e pastagens, tanto nas imagens do Aster como do Landsat. Esse grau de confusão se explica pelo fato das subcategorias de uso solo exposto, área urbana e cultivos, ocuparem superfícies muito pequenas, mas encontram-se dispersas por toda a área de estudo. Nas áreas de pastagens encontram-se muitas áreas de pasto sujo, o que é facilmente confundido com certos tipos de cultivos. Outra razão para isso pode estar nas amostras de treinamento fornecidas, contendo conjunto de pixels mistos, com subcategorias de uso, com atributos diferentes do observado nos pontos de reconhecimento de campo. No caso das imagens do Landsat, confirma-se o

recomendado na literatura científica, cuja escala ideal para uso destas imagens é em escalas médias de até 1:100.000.

É comum o uso de métodos híbridos de classificação digital e visual com base em produtos de melhor resolução, que no caso foram as fotografias aéreas digitais na escala 1:20.000. Principalmente em áreas montanhosas onde as características geoambientais peculiares imprimem na paisagem local uma predominância da classe de relevo forte ondulado e montanhoso e a maioria das atividades agrícolas é praticada em pequenas áreas de alvéolos, inseridas nestas unidades de relevo. Fato que associado a escala de trabalho adotada 1:50.000, acaba dificultando a separação e representação cartográfica de pequenos polígonos.

A cobertura vegetal predominante em praticamente toda a área de estudo é de floresta tropical perenifólia e subperenifólia, domínios florísticos correlacionáveis com a Floresta Ombrófila densa e mista. Além destas formações em ambientes de acumulação dos cursos d'água, sujeitos ou não a inundações periódicas, encontra-se vegetação de floresta tropical subperenifólia de várzea. São encontrados também, campos antrópicos com pastagens que estão dispersos por toda a

região, culturas perenes, culturas anuais em menor escala e culturas de ciclo curto.

Visando eliminar as distorções da classificação, estabelecer um equilíbrio entre fragmentação da área, generalização e melhorar os resultados na elaboração da cartografia de uso e cobertura da terra, as classes de uso foram reinterpretadas e reclassificadas em categorias mais adequadas aos interesses do trabalho e à resolução espacial das fotografias aéreas. O mapa obtido mediante o processamento digital e classificação visual de fotografias aéreas, mostrando a distribuição final das classes, pode ser observado na figura 7. A legenda final de trabalho foi estabelecida em função

dos diferentes tipos de usos e cobertura das terras que ocorrem na área, possibilidade de representação cartográfica em função da escala adotada (1:50.000), área mínima mapeável, material básico utilizado e possibilidade de estabelecer manchas mais homogêneas das categorias de uso.

A agricultura é praticada nas encostas dos estreitos vales, até as cabeceiras de drenagem, em pequenos módulos rurais, típica de pequenos proprietários rurais, em regime de agricultura familiar. A distribuição das classes de uso e cobertura é mostrada na figura 7, a tabela 4 mostra os percentuais de ocorrência por classe.

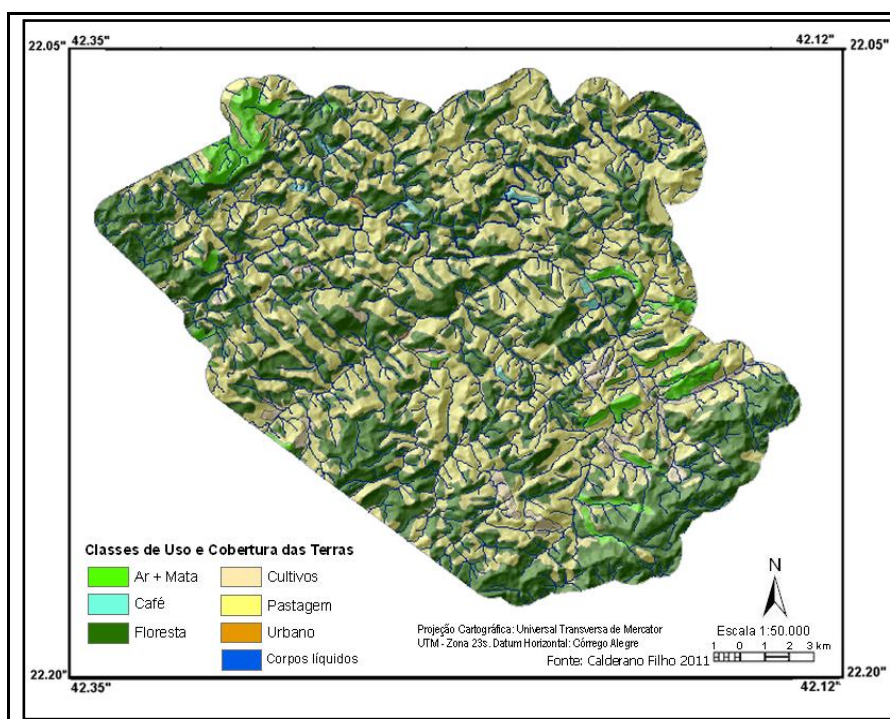


Figura 7. Mapa de uso e cobertura das terras da área de estudo.

As terras são utilizadas predominantemente com pastagens (49%), em geral de Braquiária, cultivos de olerícolas, plantios de café e de flores ornamentais, dentre as quais a principal é o plantio de rosas, reflorestamento de Eucaliptus, além da pecuária de leite e corte. Onde há exposição rochosa, nota-se uma camada de finíssima espessura, permitindo apenas a propagação de líquens, musgos e bromélias, e 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. Aproximadamente 44% da área ainda encontram-se preservados em matas, de maneira mais restrita algumas áreas são utilizadas com reflorestamento de eucaliptus.

Neste mapeamento foi possível delimitar e discriminar as seguintes categorias de uso e cobertura: Remanescentes florestais, separados em Floresta, a qual 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. Nessa escala, não foi possível fazer distinção cartográfica entre capoeiras e mata ciliar. A classe Pastagem engloba as áreas de pastagens plantadas e naturais, com diferentes níveis de manejo. A classe Afloramento + Mata Rala engloba vegetação de porte arbóreo arbustivo sobre afloramentos. Alguns pequenos fragmentos de vegetação rasteira que ocorrem nas partes altas, recobrimo os afloramentos com líquens, musgos e bromélias, estão aí incluídos. Os cultivos englobam várias culturas, com destaque para

olerícolas e plantio de flores ornamentais. Tais culturas ocupam áreas muito pequenas para serem mapeadas individualmente. A classe Café corresponde a plantios de café de idades variadas. A classe Água representa toda superfície líquida, rios e lagos. A Área Urbana representa as áreas edificadas. Áreas pontuais, como reflorestamento de eucaliptos e áreas de solo exposto, não foram possíveis de separar, considerando que estas, assim como as áreas de cultivo agrícola, ocorrem em pequenos módulos. A Tabela 4 mostra a distribuição das classes de uso e cobertura das terras, com base no mapa da figura 7.

Tabela 4. Percentuais das classes de uso e cobertura das Terras.

Categorias de Uso	ha	%	Categorias de Uso	ha	%
Floresta	21.275	44,0	Cultivos	1.002	2,1
Pastagem	23.754	49,0	Café	227	0,6
*AR + Mata	2.102	4,0	Água	52,0	0,1
Área Urbana	57,0	0,2			
Total				48469,06	100

* AR = Afloramento de rocha mais Mata

CONCLUSÕES

Os procedimentos utilizados permitiram a compreensão dos recursos ambientais com suas potencialidades e limitações, fornecendo subsídios para o plano de manejo da área. Por integrarem dados georreferenciados armazenados em SIG, numa mesma projeção e Datum, oferece facilidades e rapidez na análise ambiental e cruzamento dos temas.

A utilização de SIGs e técnicas digitais aplicadas neste trabalho possibilitaram a geração de variáveis morfométricas e ambientais de interesse, a

confecção de mapas interpretativos úteis ao planejamento da área, facilidade na distinção de áreas com potencial para agricultura, preservação ou recuperação ambiental.

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 e contribui para o desenvolvimento da cartografia geoambiental, em escala média, da paisagem da serra do Mar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA. Agência Nacional de Águas, 2007. **Hidro Sistema de Informações Hidrológicas**. Brasília: Superintendência de Informações Hidrológicas (SIH), 2007. Disponível em: www.ana.gov.br. Acesso em: 01 abr 2007.
2. CALDERANO, S. B. **Delineamento Geoambiental do Município de Santo Antônio de Pádua, RJ. Potencialidades e Limitações ao Uso da Terra**. 2005. 147p. Dissertação (Mestrado em Geologia de Engenharia e Ambiental). Programa de Pós- Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, RJ.
3. CALDERANO FILHO, B. **Análise geoambiental de Paisagens Rurais Montanhosas utilizando Redes Neurais Artificiais. Subsídios a sustentabilidade ambiental de ecossistemas frágeis e fragmentados sob interferência antrópica**. 2010. 132p. Exame de qualificação (Doutorado em Geologia de Engenharia e Ambiental). Programa de Pós- Graduação em Geologia, IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, RJ.
4. CALDERANO FILHO, B. **Análise geoambiental de paisagens rurais montanhosas da Serra do Mar utilizando redes neurais artificiais. Subsídios a sustentabilidade**

- ambiental de ecossistemas frágeis e fragmentados sob interferência antrópica.** Rio de Janeiro 2012. 332f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2012.
5. CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; CARVALHO JÚNIOR, W.; GUERRA, A. J. T.; CHAGAS, C.S.; CLADERANO, S.B. Diagnóstico físico-biótico do município de Bom Jardim-RJ, com auxílio de geotecnologias, para fins de planejamento de paisagens rurais montanhosas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., Fortaleza, CE. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009a, CD-ROM.
 6. CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; CARVALHO JÚNIOR, W.; GUERRA, A.J.T.; CHAGAS, C.S.; CLADERANO, S.B. Caracterização dos solos do município de Bom Jardim - RJ, com suporte de MDE e variáveis morfométricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., Fortaleza, CE. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, pt. 1060. 2009b, CD-ROM.
 7. CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; GUERRA, A. J. T.; CHAGAS, C.S.; CARVALHO JÚNIOR, W.; CALDERANO, S.B. Estudo geoambiental do município de Bom Jardim – RJ, com suporte de geotecnologias: Subsídios ao planejamento de paisagens rurais montanhosas. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 22 (1): 55-73, abr. 2010.
 8. DANTAS, M.E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro.** Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Minas e Metalurgia, CPRM – Serviço Geológico do Brasil. BRASÍLIA, Dezembro 2000. 1 CD-ROM.
 9. DRM. Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Turismo Departamento de Recursos Minerais. DRM, **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro.** Folhas: Duas Barras e Trajano de Morais. 1982.
 10. DUARTE, V. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico.** São José dos Campos. INPE. 1996.
 11. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1979. 1 v.
 12. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS; Brasília, DF: Embrapa SPI, 2006. 305 p.
 13. ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.). **ArcMap 9.2.** Redlands, California, USA, 2006.
 14. HUTCHINSON, M.F. **A new procedure for gridding elevation and stream data with automatic removal of apurious pits.** Journal of Hydrology, v. 106, p. 211-232, 1989.
 15. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. (2000). **Ajuda On-line do SPRING.**
 16. LANDSAT - Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). Disponível em Global Land Cover Facility: <<http://glcf.umiacs.umd.edu>>. Acesso em: 27 novembro 2007.
 17. MATOS, G.; FERRARI, P.; CAVALCANTI, J. **Projeto Faixa Calcaria Cordeiro-Cantagalo.** Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1980, 620 p.
 18. MENDES, J. C. ; TEIXEIRA, P. A. D. ; MATOS, G. C. ; LUDKA, I. P. ; MEDEIROS, F. F.; ÁVILA, C. A. Geoquímica e geocronologia do Granitóide Barra Alegre, Faixa Móvel Ribeira, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geociências.** v. 37, p. 101-113, 2007.
 19. MENDES, J. C.; JUNHO, M. C. B.; Ghizi, A. Diorites and hornblende enclaves at Sumidouro, RJ, central Ribeira Belt. **Revista Brasileira de Geociências,** v. 34, n. 1, p. 79-86, 2004.
 20. MOREIRA, M.A. et al. Modelo de mistura espectral para identificar e mapear áreas de soja e milho em quatro municípios do estado de Minas Gerais. IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais...**, Santos, SP, 1998. INPE, CD-ROM.
 21. NARVAES I. S. & SANTOS, J R. A utilização da segmentação de imagens-fração como técnica de classificação da cobertura vegetal na região central e entorno da Flona do Tapajós, utilizando imagem CCD/CBERS-2. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, Santa Catarina, Brasil, 2007. **Anais...**São José dos Campos, INPE, 993-1000.
 22. NIMER, E. Clima. In: IBGE/Departamento de Geografia, Rio de Janeiro. **Geografia do Brasil Região Sudeste.** Rio de Janeiro, IBGE, 1977. v.3., p.51- 89.
 23. RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. de; CORREA, G. F. **Pedologia: bases para distinção de ambientes.** Editora NEPUT, Viçosa 1995. 371p.
 24. RESENDE, M., SANTANA, D.P. Uso das relações Ki e Kr na estimativa da mineralogia para a classificação dos Latossolos. In: Reunião de classificação e correlação de solos, 3, 1988, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: 1988. Embrapa/Snlcs, SBCS, 1988. p. 225-232.
 25. RICHARDS, J. A. **Remote Sensing Digital Image Analysis,** Springer-Verlag, Berlim, 240p, 1999.
 26. 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, RGS. **Anais...** SBCS, 1991, p.265.
 27. WITTER K.P., CALDERANO FILHO B., FONSECA.O. M., FAGUNDES S.R.F., TAVARES N. P., MUELER.K.E., ARANOVIK S., TAVARES A.M.S., DAMAZIO H. N. Zoneamento Agroecológico do Estado do Rio de Janeiro Escala 1:250.000. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 24., 1993, Goiânia GO. **Anais...** SBCS, 1993a, p. 413- 414.

Manuscrito recebido em: 13 de Agosto de 2012

Revisado e Aceito em: 22 de Abril de 2013