

## Caracterização dos solos do município de Bom Jardim - RJ, com suporte de MDE e variáveis morfométricas, como subsídios ao planejamento de paisagens rurais montanhosas.

Braz Calderano Filho<sup>(1)</sup>, Helena Polivanov<sup>(2)</sup>, Waldir de Carvalho Júnior<sup>(3)</sup>, Antônio José Teixeira Guerra<sup>(2)</sup>, Cesar da Silva Chagas<sup>(3)</sup>, Sebastião Barreiros Calderano<sup>(3)</sup>.

**RESUMO:** Com o objetivo de realizar o mapa pedológico da área do município de Bom Jardim, o estudo combinou técnicas digitais, produtos de sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica (SIG) e modelo digital de elevação (MDE), buscando otimizar o mapeamento de solos no campo e facilitar a geração de mapas derivados úteis ao planejamento da área. Os procedimentos utilizados envolveram a geração de um banco de dados digital no ARCGIS 9.2, envolvendo a manipulação de imagens de satélites e a geração de dados básicos no campo, através de mapeamentos temáticos do meio físico. Os resultados preliminares demonstraram que na área de estudo a geração de MDE's hidrologicamente consistentes, além de facilitar a extração de variáveis morfométricas e ambientais úteis na otimização dos trabalhos de campo, possibilitaram delimitar rapidamente unidades fisiográficas, aumentando a qualidade e a precisão do mapa final. Os resultados produzidos irão contribuir para a elaboração do plano de manejo conservacionista da área.

**Palavras-chaves:** Solos, Modelos Digitais de Elevação (MDE), manejo do solo e água.

### INTRODUÇÃO

As informações de solo são fontes básicas para auxiliar a tomada de decisões, principalmente quando em escalas adequadas e compatíveis com os requisitos do planejamento municipal. Embora os levantamentos produzidos por métodos convencionais são ainda a principal fonte de informação espacial sobre solos para diferentes tipos de usos, a subjetividade do método utilizado, aliado a demora do processo de geração tem sido alvo de críticas [1];[2]. Apoiados no desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, surgiram vários métodos e ferramentas para estudar os padrões de distribuição espacial dos solos, aquisição e análise de dados espaciais, com aplicação em vários seguimentos científicos [3];[4], [5]. No pacote de inovações as técnicas da pedometria, a utilização de produtos de sensores multi e hiperespectrais e os modelos de distribuição merecem destaque. A utilização de modelos digitais de elevação (MDEs) em

estudos de atributos da paisagem são freqüentes na literatura [6];[7] e [8].

A partir do MDE pode-se extrair inúmeras variáveis morfométricas que auxiliam na caracterização e mapeamento de solos no campo. A medida que ocorrem mudanças no relevo, ocorrem variações nos atributos e propriedades do solo, as variáveis morfométricas passam a ter papel crítico na distribuição dos solos na paisagem.

Apoiando-se principalmente nos dados obtidos pela missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponibilizaram-se várias metodologias operacionais referentes à extração de variáveis morfométricas. [7]; [8], o trabalho de [6], compara a adequação de MDEs gerados a partir de imagens ASTER, RADARSAT-1 e SRTM aos padrões de exatidão (PEC). Os resultados à exatidão são sempre recomendados para uso na escala 1:100.000 [6] e [7].

O estudo pedológico na escala 1:50.000, em andamento no município de Bom Jardim, região serrana do estado do Rio de Janeiro, busca combinar técnicas de mapeamento digital de solos, utilizando dados de sensores remotos orbitais, atributos do terreno derivados de um modelo digital de elevação (MDE) e suporte de SIG, visando reduzir a densidade dos trabalhos de campo e o custo do levantamento e mapeamento tradicional de solos.

Neste trabalho as variáveis morfométricas foram extraídas de um MDE com grid de 20m, produzido utilizando-se o módulo TOPOGRID do software ARC/INFO (ESRI, 1997), obtendo-se dessa forma um modelo digital de elevação hidrologicamente consistente.

O estudo tem como finalidade a classificação, o mapeamento e a caracterização física, química e mineralógica dos solos, compreendendo a verificação da distribuição e delimitação cartográfica das áreas por eles ocupadas. Os resultados irão constituir subsídios básicos para a tomada de decisão e execução de práticas conservacionistas condizentes com a realidade do município.

### MATERIAL E MÉTODOS

Localizado na região serrana do estado do Rio de Janeiro, o município de Bom Jardim ocupa área aproximada de 394.000 ha, inseri-se na unidade geomorfológica

<sup>(1)</sup> Doutorando do curso de Pós-Graduação em Geologia - Geologia de Engenharia e Ambiental (Igeo), UFRJ, Ilha do Fundão, RJ, CEP 21941-909, [braz@cnps.embrapa.br](mailto:braz@cnps.embrapa.br).

<sup>(2)</sup> Professor Adjunto do Departamento de Geologia - Geologia de Engenharia e Ambiental (Igeo), UFRJ, Ilha do Fundão, RJ, CEP 21941-909, [polivanov@gmail.com](mailto:polivanov@gmail.com); e Professor Adjunto do Departamento de Geografia (Igeo), UFRJ, [antonio Guerra@gmail.com](mailto:antonio Guerra@gmail.com)

<sup>(3)</sup> Pesquisador Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22460-000, [Waldir@cnps.embrapa.br](mailto:Waldir@cnps.embrapa.br); [Cesar@cnps.embrapa.br](mailto:Cesar@cnps.embrapa.br); [sebast@cnps.embrapa.br](mailto:sebast@cnps.embrapa.br);

denominada “reverso das colinas e maciços costeiros do Planalto da Serra dos Órgãos” [9], unidade definida predominantemente, pelos sistemas de relevo domínio de morros elevados e domínio montanhoso. Predominam na área rochas intrusivas granitóides arqueanas, designadas Batólito Serra dos Órgãos e rochas extensamente migmatizadas proterozóicas, atribuídas à unidade Rio Negro [9] e [10], as rochas que constituem ambas as formações geológicas são atribuídas ao pré-cambriano [9] e [10]. As baixadas são essencialmente constituída de depósitos fluviais e sedimentos argilo-arenosos, compreendendo aluviões fluviais recentes e formações coluviais-aluviais mais antigas.

O clima é do tipo tropical mesotérmico úmido, com temperaturas elevadas bem distribuídas o ano todo e com pouco ou nenhum déficit hídrico. O verão é brando, com temperatura média anual de 18°C e mínimas de 13°C no inverno.

A vegetação dominante é a floresta ombrófila densa ou floresta tropical perenifólia. Nos trechos onde a floresta ocupava encostas e vales mais suaves, a vegetação encontra-se bastante alterada.

A metodologia que está sendo adotada no levantamento de solos, em andamento no município de Bom Jardim, utiliza produtos de sensores remotos orbitais, atributos do terreno derivados de um modelo digital de elevação (MDE) e apoio de SIG, como suporte a geração do mapa de solos, visando reduzir a densidade dos trabalhos de campo e consequentemente os custos envolvidos na sua produção. Como material cartográfico básico, utilizou-se fotografias aéreas pancromáticas na escala 1:20.000, ano de 1970 cedidas pelo DRM, cartas topográficas da FIBGE na escala 1:50.000, com curvas equidistantes de 20m, aparelho de GPSMAP (Garmin 76CSx) e Imagens Landsat-7 ETM+ de outubro de 2001, em formato digital, com resolução 30x30m bandas 1 a 7 e 15x15m na banda 8, correspondente a órbita/ponto 216/75.

Inicialmente foi gerado um banco de dados digitais no software ArcGis 9.2, com implementação de imagens de satélite e mapas que estão sendo produzidos. As cartas topográficas foram trabalhadas no SIG, extraindo para a área do município os layers de drenagem, limites, estradas, pontos cotados, curvas de nível e edição da topologia nas curvas, obtendo-se, dessa forma, a base cartográfica digital na escala 1:20.000.

A seguir, foi elaborado o modelo digital de elevação da área MDE (20m), empregando-se o módulo *TOPOGRID* do ArcInfo (ESRI, 1997), a partir das curvas de nível (20m), hidrografia e pontos cotados extraídos das cartas topográficas do IBGE, na escala de 1:50.000. Para execução do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente algumas operações são necessárias, visando eliminar as depressões espúrias e ajustar as informações oriundas de diferentes cartas topográficas. A partir do grid do MDE

hidrologicamente consistente foi elaborado o mapa de declividade da área e extraída as variáveis morfométricas, sentido do fluxo, fluxo acumulado, orientação das vertentes, perfil de curvatura, plano de curvatura, sombreamento do relevo e amplitude altimétrica, utilizando os recursos disponíveis no ArcGis 9.2.

Estes mapas, juntamente com as fotografias aéreas e imagens de satélites estão sendo usados como material cartográfico básico nas etapas de prospecção e mapeamentos de campo e verificação dos limites entre unidades de mapeamento e identificação dos diferentes tipos de solos que ocorrem na área.

Após esta etapa realizou-se campanhas de campo para coleta de amostras e observações “*in loco*”, sendo que os detalhes julgados de interesse foram registrados fotograficamente. A identificação dos solos foi executada com observações a pequenos intervalos, que permitiram visualizar a seqüência de distribuição dos solos na paisagem e estabelecer a legenda preliminar, levando-se em conta relevo, pedregosidade, declividade, erosão, drenagem, rochiosidade e vegetação original (Figura 1).

Considerando as características morfológicas dos solos e os aspectos fisiográficos do terreno, foram checados 236 pontos de campo, feita descrições morfológica dos solos chegados e coletados em locais previamente escolhidos 15 perfis completos e 31 amostras extras, estes últimos incluindo amostras do horizonte A e B ou B e C. Os pontos de amostragem foram localizados de forma a representar as várias classes e tipos de solos que ocorrem na área, buscando obter uma certa representatividade das diferentes situações fisiográficas, além de sua distribuição geográfica. Esses pontos foram marcados com o GPS e posteriormente transferidos para a base cartográfica digital. Com os resultados das análises das amostras enviadas ao laboratório, foi elaborada uma primeira versão da legenda de identificação dos solos. As determinações analíticas seguiram o Manual de métodos de análise de solo [11]. Para as descrições morfológicas seguiu as normas e definições contidas em [12].

A fase final dos trabalhos constará de acertos cartográficos, revisão das descrições e dados analíticos dos perfis, reclassificação dos perfis de solo e revisão da legenda de identificação das unidades de mapeamento conforme o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos [19]. A classificação taxonômica definitiva dos solos será retificada e completada no escritório, com base na interpretação dos resultados analíticos.

## RESULTADOS

Os solos identificados manifestam variações em suas características morfológicas, físicas e químicas, ocorrendo na área estudada solos das classes dos Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Amarelos com horizonte A moderado, proeminente e húmico; Cambissolos Háplicos com horizonte A moderado, proeminente e húmico; Cambissolos Flúvicos; Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelhos com horizonte A moderado e proeminente;

Neossolos Litólicos e Flúvicos, Gleissolos Háplicos e Afloramentos de rocha.

Vários ambientes compõem a região estudada, mas de forma simplificada, num primeiro momento pode-se agrupá-los em três unidades morfológicas ou unidades físicas de paisagem, ou seja, Várzea, Encostas intermediárias e Encostas do Cristalino.

Na Várzea, o ambiente hidromorfo apresenta sérias limitações impostas pela presença de lençol freático a pouca profundidade. Os solos predominantes são os Cambissolos Flúvicos, Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos. São utilizados com olerícolas diversas, pastagem natural e pastagem plantada.

Nas Encostas intermediárias os solos predominantes são os Argissolos vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelos típicos ou latossólicos e, ocorrências de Argissolos Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos. São utilizados com pastagem natural, plantada e plantio de café. Em algumas classes ocorrem solos saprólíticos, a presença de saprólito a menos de 100 cm de profundidade, em geral não apresenta impedimento físico ao enraizamento, posto que, nesses casos, tais camadas são espessas e a rocha intemperizada é branda.

Nas Encostas do Cristalino predomina a floresta tropical perenifólia e subperenifólia, devido ao relevo acidentado que dificulta o uso do solo e a retirada de madeira, a mata está mais preservada. Os solos predominantes são Argissolos, Latossolos húmicos e Cambissolos, que ocorrem em posições localizadas da paisagem, caracterizadas por uma pedofórmula convexa.

Serras e áreas de topografia muito acidentada são também encontradas nesse ambiente, onde se verificam as ocorrências de Afloramentos de Rochas em associação com Cambissolos e Neossolos Litólicos. Nas áreas elevadas, relacionadas com as litologias da unidade Rio Negro predomina Latossolos, Argissolos, Cambissolos háplicos e Neossolos Litólicos.

As figuras 1 e 2, mostram o MDE sobreposto ao sombreado do relevo e versão provisória do mapa de solos sobreposto ao MDE.

### CONCLUSÕES

As principais restrições pedológicas observadas compreendem baixa fertilidade natural, os teores elevados de alumínio trocável nos solos e a alta erodibilidade, em consequência da elevada precipitação e do relevo vigoroso da área. Em geral, a área mostra evidências de utilização inadequada do recurso solo e falta de sensibilidade ambiental. A utilização de SIGs e de técnicas digitais aplicadas neste trabalho, além de facilitar a sobreposição e cruzamento dos temas, permitiu a geração de variáveis ambientais, identificação mais detalhada de componentes na paisagem e extração de variáveis morfométricas, a partir do MDE. A associação deste conjunto de ferramentas e imagens de sensores remotos, permitirá otimizar o processo de geração e detalhamento do mapa de solos, reduzir as associações de solos, facilitar a

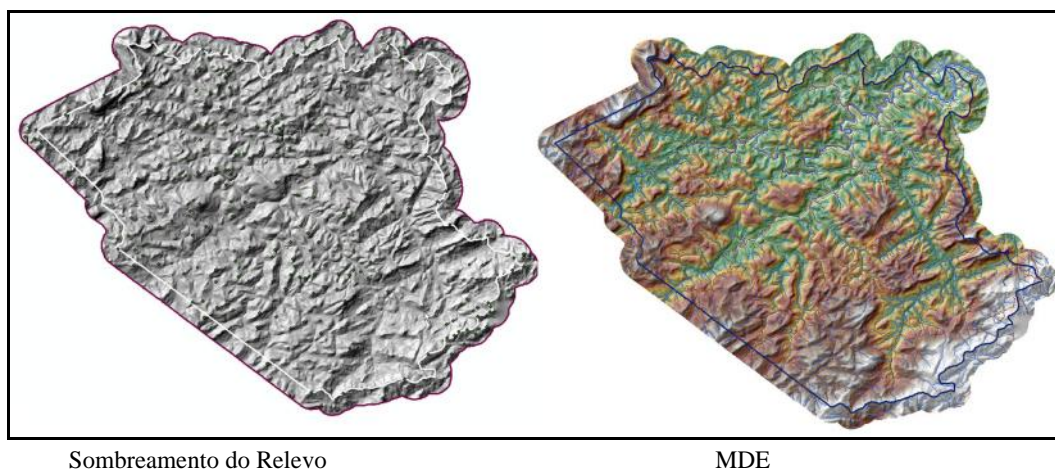
delimitação e definição de classes de solos em unidades mais puras.

### REFERÊNCIAS

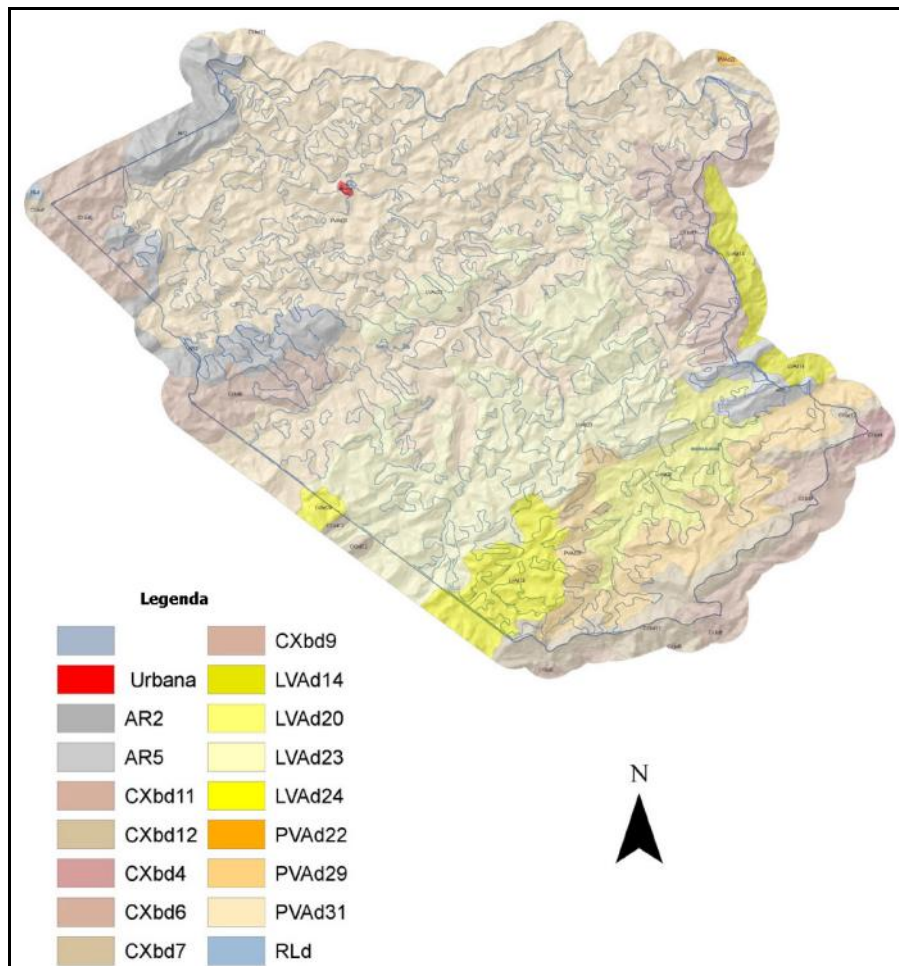
- [1] Chagas, C. da S; Fernandes Filho, E. I; Vieira, C. A. O; Carvalho Júnior, W. (2007) Utilização de redes neurais artificiais para predição de classes de solo em uma bacia hidrográfica no Domínio de Mar de Morros. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, Santa Catarina, Brasil. Anais...São José dos Campos, INPE, 3595-3602.
- [2] McBRATNEY, A. B.; ODEH, I. O. A.; BISHOP, T. F. A.; DUNBAR, M. S.; SHATAR, T. M. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. *Geoderma*, v.97, p.293-327, 2000.
- [3] DOBOS, E.; MICHELI, E.; BAUMGARDNER, M. F.; BIEHL, L.; HELT, T. Use of combined digital elevation model and satellite data for regional soil mapping. *Geoderma*, v.97, p.367-391, 2000.
- [4] ZHU, A. X. Mapping soil landscape as spatial continua: the neural network approach. *Water Resources Research*, v.36, p.663-677, 2000.
- [5] McBRATNEY, A. B; MENDONÇA SANTOS, M. L. & MINASNY, B. 2003. On digital soil mapping. *Geoderma*, 117: 3-52.
- [6] Oliveira, C. G. Avaliação de modelos digitais de elevação gerados a partir de sensores remotos orbitais óptico (ASTER) e radar (RADARSAT-1, SRTM). 2005. 184p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2005.
- [7] SANTOS, P.R.A. do; GABOARDI, C.; OLIVEIRA, L.C. de. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 58/01, Abril 2006, p. 101-107.
- [8] Valeriano, M. M. (2005) Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, Goiânia, Brasil. Anais...São José dos Campos, INPE, 3595-3602.
- [9] RIO DE JANEIRO. 2001. Geologia, geomorfologia, geoquímica, geofísica, recursos minerais, economia mineral, hidrogeologia, estudos de chuvas intensas, aptidão agrícola, uso e cobertura do solo, inventário de escorregamentos, diagnóstico geoambiental. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais–CPRM/EMBRAPA SOLOS/DRM-RJ. 1CD-rom.
- [10] DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS - DRM-RJ. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro na Escala 1:50.000. Folhas: Cordeiro, Quarteis, Duas Barras e Trajano de Morais. 1980.
- [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.

### AGRADECIMENTOS

A FAPERJ pelo apoio financeiro.



**Figura 1** – Sombreamento do Relevo e Modelo Digital de Elevação do município de Bom Jardim, RJ.



**Figura 2** – Mapa preliminar de solos sobreposto ao Modelo Digital de Elevação do município de Bom Jardim, RJ.