

Geotecnologias Aplicadas na Análise de Adequação de Uso das Terras de Paisagens Tropicais Montanhosas da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro**Geotechnology Applied to Assess the Suitability of Land Use of the Mountainous Landscapes at the Sierra Region of Rio de Janeiro State**

DOI: 10.34188/bjaerv3n4-063

Recebimento dos originais: 20/08/2020

Aceitação para publicação: 20/09/2020

Braz Calderano Filho

Doutor em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Gávea. CEP 22.460.000. Rio de Janeiro – RJ, Brasil
E-mail: bccalder@gmail.com

Waldir de Carvalho Junior

Doutor em Ciência do solo pela Universidade Federal de Viçosa – UFV
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Gávea. CEP 22.460.000. Rio de Janeiro – RJ, Brasil
E-mail: waldirrj@gmail.com

Sílvio Barge Bhering

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Gávea. CEP 22.460.000. Rio de Janeiro – RJ, Brasil
E-mail: Silvio.bering@embrapa.br

Sebastião Barreiros Calderano

Mestre em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Gávea. CEP 22.460.000. Rio de Janeiro – RJ, Brasil
E-mail: sebastiancalder@gmail

César da Silva Chagas

Doutor em Ciência do solo pela Universidade Federal de Viçosa – UFV
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Gávea. CEP 22.460.000. Rio de Janeiro – RJ, Brasil
E-mail: cesar.chagas@embrapa.br

Nilsom Rendeiro Pereira

Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Gávea. CEP 22.460.000. Rio de Janeiro – RJ, Brasil
E-mail: nilsom.pereira@embrapa.br

RESUMO

Informações adequadas sobre os elementos físico-bióticos componentes da paisagem e suas relações intrínsecas são úteis para subsidiar a exploração sustentável do ambiente. O objetivo deste estudo foi realizar a análise de adequação de uso e ocupação das terras de paisagens montanhosas da região serrana do estado do Rio de Janeiro, visando fornecer informações para o manejo conservacionistas das terras. Com o suporte de geotecnologias, a metodologia combinou a classificação digital de imagens, sistema de informação geográfica, modelo digital de elevação e equipamento de GPS. Na avaliação foram utilizadas informações temáticas de solo, uso e cobertura das terras, litologia, relevo e declividade, sub-bacias hidrográficas, vegetação, aptidão agrícola das terras, suscetibilidade à erosão, rede de drenagem e áreas sujeitas a inundação, incluindo ainda, índices de pluviosidade da área e legislação ambiental vigente. Com base nos parâmetros acima mencionados, via álgebra de mapas e superposição temática em SIG, efetuou-se a avaliação da adequação de uso das terras. A análise efetuada possibilitou estabelecer cinco classes de adequação de uso das terras sendo elas baixa, média, média a alta, alta e restrita, e produzir um mapa, na escala 1:50.000, do potencial agroambiental da área de estudo, mostrando a distribuição espacial das áreas de maior e menor potencial. Os resultados fornecem informações para o planejamento e o manejo conservacionistas das terras de paisagens montanhosas da região serrana.

Palavras-chave: Sistema de informação geográfica, Adequação de uso, Análise ambiental.

ABSTRACT

Adequate information on the physical-biotic elements that compose the landscape, as well as their intrinsic relations, are useful to subside the sustainable exploration of the environment. The goal of this work was to accomplish an assessment regarding the suitability of land use and occupation mountainous landscapes at Serra do Mar to provide information to a conservationist management of land. By using the support of geotechnologies, the applied methodology combined the classification of digital images, system of geographic information, digital elevation model and GPS equipment. During the assessment, several pieces of information were used, regarding themes such as: soil; land use and cover; lithology; relief and slope; sub-drainage basins; vegetation; farming aptitude of the land; erosion susceptibility; drainage system and areas subject to flooding. The assessment also included information on local pluviosity index and current environmental legislation. Based on the parameters above mentioned, the assessment of land use suitability was carried out by using map algebra and GIS thematic overlapping. This assessment enabled the establishment of five classes of land use adequacy: low; medium; medium to high; high; and unrestricted. It also allowed the creation of a map in the scale of 1:50,000 illustrating the agro-environmental potential of the study area, and showing the special distribution of the areas with higher and lower potentials. The results provide information for the conservational planning and management of the land in mountainous landscapes at the sierra region.

Keywords: Geographic information system, Adequacy of use, Environmental analysis.

1 INTRODUÇÃO

A região serrana do estado do Rio de Janeiro, além de abrigar terras de equilíbrio delicado, comporta áreas consideradas marginais para a produção agrícola sustentável. A pressão de uso das terras nestas áreas, aliada as características geoambientais peculiares da região serrana e as interferências das ações humanas, acabam por induzir os processos de degradação ambiental. Principalmente, quando não se considera a importância da interação dinâmica existente entre os

componentes geoambientais solo, relevo, rocha, vegetação e água, (CALDERANO FILHO, 2012).

Os reflexos se tornam mais evidentes na degradação dos solos e águas, no abandono de terras menos produtivas, remoção da vegetação e incorporação de áreas inaptas ao processo produtivo. O uso e a ocupação de terras em áreas consideradas vulneráveis, sob o ponto de vista agrícola, têm aumentado o processo de perda de solo que ocorre naturalmente, em decorrência da associação do clima com os tipos de litologia, relevo, solo e cobertura vegetal (Spörl & Ross, 2004; Mota & Valladares, 2011).

O modelo de desenvolvimento agrícola implementado no Brasil, nas últimas décadas foi marcado pelo uso intensivo dos recursos naturais, sem planejamento adequado (VANZELA et al. 2010). Estima-se que dos quase 2,2 milhões de hectares existentes com atividades agropecuárias no estado do Rio de Janeiro, mais de 50% encontram-se em áreas inadequadas a exploração agropecuária, sob as mais variadas condições de relevo, solo e clima, contribuindo para aumentar o cadastro dos 44.196 ha de terras degradadas no estado (IBGE, 2009).

É necessário portanto, dispor de informações adequadas dos elementos componentes da paisagem, tais como solo, atributos do terreno, litologia, vegetação e uso da terra. A partir destas informações é possível orientar o planejamento territorial de áreas consideradas marginais para o processo produtivo sustentável e dar suporte a ocupação ordenada do espaço terrestre. Só assim, é possível executar as atividades agrícolas de forma que não provoquem danos ao meio ambiente e atenda os requisitos do desenvolvimento sustentável.

Atualmente várias das informações relevantes para a tomada de decisão podem ser obtidas com o uso das geotecnologias. Seu uso hoje, constitui-se em um avanço metodológico nas ciências da terra (ROSA, 2005). O uso de geoprocessamento em projetos ambientais requer o uso intensivo de técnicas de integração de dados, combinando ferramentas de análise espacial, processamento de imagens e geoestatística (CÂMARA & MEDEIROS, 1998).

As geotecnologias vindo sendo empregadas em diversos estudos relacionados ao planejamento ambiental e de uso das terras, devido principalmente ao aporte de ferramentas mais robustas de computação de dados, melhoria da capacidade de processamento dos Sistema de Informações Geográficas (SIG), dos produtos de sensores remotos e dos bancos de dados. Seu uso se mostra eficiente tanto na geração de conhecimento dos elementos componentes da paisagem, quanto no desenvolvimento de modelos que simulem os processos ambientais e de monitoramento ambiental.

Hoje, estudos de caracterização do uso atual e cobertura das terras são feitos a partir de imagens de sensores remotos, associados a dados de campo e processamento digital em SIG. Estudos de atributos do terreno, formas da vertente e declividade são feitos com base em modelo digital do terreno MDE e suporte de SIG. Da mesma forma, o uso das técnicas de pedometria viabilizaram o

mapeamento de atributos e propriedades dos solos. Aplicação de geotecnologias e técnicas de mapeamento digital na geração de informações dos solos podem ser vistos em McBratney et al., 2003; Calderano Filho et al., 2014.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi realizar a análise de adequação de uso e ocupação das terras, integrando informações dos elementos físico-bióticos componentes da paisagem, com a aplicação de geotecnologias, visando fornecer informações que contribuam para o planejamento de paisagens montanhosas da região serrana do estado do Rio de Janeiro. Os resultados contribuem para o uso e manejo sustentável dos recursos solos, água e vegetação.

2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localizada na região serrana do Estado do Rio de Janeiro ocupa aproximadamente 468.500 ha. Apresenta relevo forte ondulado e montanhoso de gradiente elevado, vertentes íngremes e amplitudes de elevação com cotas entre 480 a 1.620m. É constituída por rochas que apresentam grau elevado de resistência às ações intempéricas e erosivas, contribuindo para preservar e sustentar o conjunto do relevo.

Conforme Matos et al. (1980), Rio de Janeiro (1982) e Mendes et al. (2007), predominam na área unidades geológicas Neoproterozoicas, constituídas preferencialmente por ortognaisses e migmatitos pertencentes ao Complexo Rio Negro, ortognaisses granodioríticos do Batólito Serra dos Órgãos, intercaladas com 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 depósitos aluviais inconsolidados de consistência areno-argilosa, silto-argilosa e arenosa.

O clima predominante é o tropical mesotérmico úmido, com temperaturas bem distribuídas, pouco ou nenhum déficit hídrico e verão brando, com temperatura média anual de 17,8 °C e mínimas de 13 °C no inverno. A precipitação anual concentrada de setembro a março é elevada, sendo dezembro o mês de maior índice (ANA, 2007).

A vegetação natural é representada pela floresta tropical perenifólia e subperenifólia nas partes altas e a floresta tropical subperenifólia de várzea nas partes baixas (Calderano Filho, 2012). Essas formações são domínios florísticos correlacionáveis com a floresta Ombrófila densa e mista (IBGE, 1992).

3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada envolveu a aquisição e armazenamento digital de informações temáticas do meio físico, geração de mapas via classificação digital de produtos de sensoriamento

remoto, com suporte de geoprocessamento e sistema de informação geográfica (SIG), construção de um banco de dados digitais em SIG, geração de modelo digital de elevação (MDE), manipulação dos dados, superposição temática em SIG via álgebra de mapas e avaliação da adequação de uso das terras.

As informações temáticas do meio físico utilizadas foram mapas de solo, uso e cobertura das terras, litologia, relevo e declividade, aptidão agrícola das terras, vegetação e suscetibilidade das terras à erosão. Essas informações foram extraídas de estudos anteriores realizados na escala 1:50.000, por Calderano Filho (2012) e Calderano Filho, et. al (2012). Além destas, foram utilizadas informações da precipitação local e legislação ambiental vigente, conforme o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012).

Como material cartográfico básico foram utilizados cartas topográficas do IBGE, na escala 1:50.000, com curvas equidistantes de 20m, imagem do sensor Landsat 8 ETM+, correspondente a órbita/ponto 216/075, obtida no site do INPE, imagens do sensor ASTER e fotografias aéreas na escala 1:20.000, ano de 2000. As fotografias aéreas em formato TIF foram georreferenciadas, padronizando 10 pontos por foto e erro máximo aceitável de 10m.

Organizou-se um banco de dados georreferenciados, no ArcGIS 10, onde foram armazenados e padronizados os dados e informações cartográficas na escala 1:50.000, os produtos de sensoriamento remoto, efetuada a conversão de escalas e formatos vetoriais em matriciais (raster) e realizada a superposição temática entre os temas.

A partir das feições digitalizadas, curvas de nível, limites, pontos cotados e hidrografia, extraídas das cartas topográficas folhas Quartéis, Cordeiro, Trajano de Moraes, Duas Barras e Casimiro de Abreu, armazenadas no banco de dados, elaborou-se o modelo digital de elevação da área, com resolução espacial de 30m.

Para a geração do MDE efetuou-se ajustes topológicos e direcionais da hidrografia, das curvas de nível e dos pontos cotados. A partir do MDE isento de depressões espúrias foi gerada a grade com a declividade da área e extraídas outras variáveis morfométricas de interesse como direção do fluxo, fluxo acumulado, orientação das vertentes, curvatura, perfil e plano de curvatura das vertentes. Esses mapas, juntamente com os produtos de sensoriamento remoto e informações temáticas armazenadas no banco de dados, auxiliaram na execução do trabalho.

O mapa de uso e cobertura das terras foi gerado com base em imagens dos sensores Landsat ETM+, bandas 2 a 7 e ASTER, bandas SWIR, por meio de classificação supervisionada, apoiados em trabalhos de campo para obtenção de amostras georreferenciadas com auxílio de GPS, das áreas de treinamento.

No SPRING gerou o mapa de uso e cobertura das terras por classificação supervisionada,

utilizando o classificador distância de Battacharya, que consiste em agrupar regiões a partir de uma medida de similaridade entre elas. Todo o processo seguiu as seguintes etapas, imagem / segmentação / contexto / extração de regiões e classificação. Num primeiro momento as classes consideradas foram floresta, pastagem, cultivos, solo exposto, água, área urbana, afloramento de rocha e mata com afloramento. O processo de segmentação consiste na extração de objetos relevantes para as aplicações desejadas, ele é utilizado inicialmente para separar regiões onde as propriedades espaciais e espectrais irão juntar áreas com a mesma textura (INPE, 2000).

No programa ENVI, as três bandas SWIR do sensor ASTER foram importadas e recortadas com auxílio de uma máscara. A seguir gerou o mapa de uso e cobertura das terras por classificação supervisionada, utilizando o método pixel a pixel com o algoritmo de probabilidade máxima. Anterior a isso, foram coletados no campo pontos referentes às classes de interesse para treinamento do classificador utilizado e separadas no programa ENVI as áreas de treinamento (ROIs), referentes a estas classes.

A classificação de probabilidade máxima é descrita em Richards, (1999). No caso, utilizou-se a opção de igual probabilidade de ocorrência e proporção de exclusão de 0%, classificando todos os pixels da imagem. Nessa classificação as classes consideradas foram: floresta, pastagem, agricultura, água, área urbana e afloramento de rocha.

A seguir realizou as etapas de pós-classificação, ajustes e edição final dos mapas. Tanto na geração quanto na edição final é imprescindível a associação de atividades de campo prévias e de checagem, para ajustes e correções posteriores no mapa gerado. A etapa de campo visou obter respostas espectrais dos diferentes alvos, propiciando associações entre as imagens e o tipo de cobertura vegetal observados em campo, servindo como norteador ao classificador utilizado.

As informações de solos foram extraídas de Calderano Filho et al. (2012). Os demais mapas temáticos de litologia, aptidão agrícola das terras, sub-bacias hidrográficas, rede de drenagem, suscetibilidade das terras à erosão, áreas sujeitas a inundação e legislação ambiental vigente, todos na escala 1:50.000, necessários à avaliação foram extraídos dos estudos de Calderano Filho (2012) e Calderano Filho et al. (2013). Os dados de precipitação foram obtidos juntos à Agência Nacional de Água, a partir do site da HIDROWEB (ANA 2007). Utilizou-se apenas os dados das estações de Barra Alegre e Bom Jardim, por possuírem séries mais longas.

4 INTEGRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), facilitam a integração dos diversos componentes ambientais. Apesar de relativamente recentes vem sendo muito utilizados para aquisição, armazenamento, manipulação e suporte à análise de dados geocodificados (MARBLE e

PEUQUET, 1983; GOODCHILD, 1987; BOCCO e VALENZUELA, 1988; FAUST et al., 1991 e DOBSON, 1993). Foote & Lynch (1995), assinalam que a habilidade em separar as informações do espaço geográfico em camadas, e posteriormente integrá-las formando outras camadas, é a razão pela qual o SIG é uma poderosa ferramenta de apoio à tomada de decisão.

Assim, conjugando aspectos dos elementos componentes da paisagem como substrato geológico, vegetação, relevo e tipos de solos, com parâmetros e atributos de uso e cobertura das terras, suscetibilidade à erosão, drenagem, formas das encostas e aptidão agrícola das terras, incluindo ainda, modelo digital de elevação (MDE), áreas sujeitas a inundação, índices de pluviosidade da área e legislação ambiental vigente, numa abordagem que reflete a natureza e a intensidade das potencialidades e limitações impostas pelo meio, além dos impactos que a atividade produtiva pode causar, efetuou-se a avaliação da adequação de uso das terras. A integração desses fatores via álgebra de mapas e superposição temática em SIG, permitiu estabelecer cinco classes de adequação de uso das terras, sendo elas baixa, média, média a alta, alta e restrita, e produzir um mapa do potencial agroambiental da área, na escala 1:50.000, mostrando a distribuição espacial das áreas de maior e menor potencial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

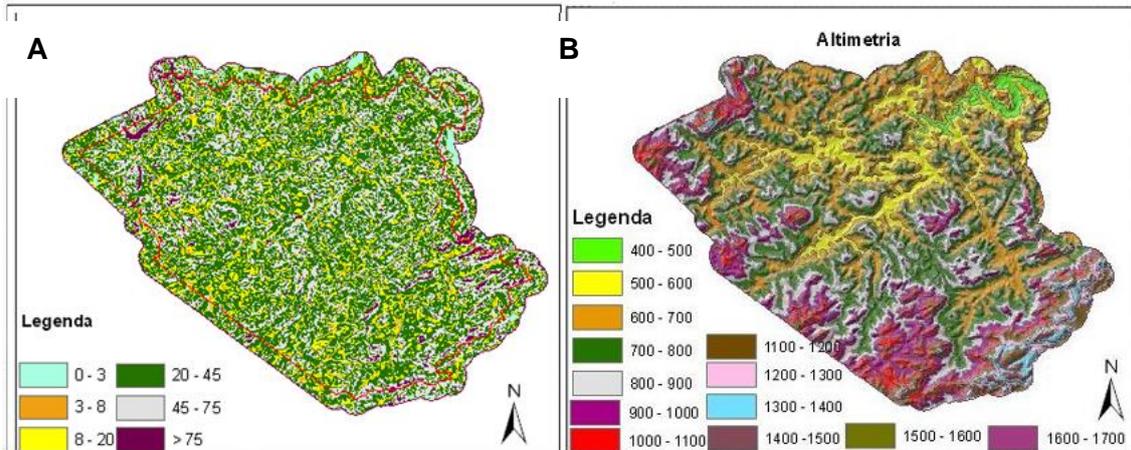
A área apresenta elevada amplitude altimétrica, declividade acentuada e presença de alinhamentos serranos e paredões rochosos. Localmente apresenta relevo forte ondulado e montanhoso, com cotas entre 800 a 1.000m, registrando picos com 1.600m de altitude (Calderano Filho 2012). Compreende parte da bacia e curso do rio Grande, um dos formadores do rio Dois Rios, que engorda seu fluxo ao receber as águas do rio Bengala e tributários, dos ribeirões São José, São Domingos, Santo Antônio, Barra Alegre e outros menores. Esses cursos d'água são os principais receptores de sedimentos carreados das encostas e levados até o rio Grande.

No setor menos expressivo, associado a dissecação promovida pelo rio Grande no seu médio alto curso, as cotas variam entre 600 e 800m. Em direção ao vale do rio Paraíba as cotas decrescem gradativamente de 800 para 400m (Dantas, 2001). É comum na região a ocorrência de alvéolos de relevo suave, inseridos no domínio de relevo montanhoso, favorecendo a implantação dos sítios urbanos e as atividades agrícolas na região (Dantas, 2001).

Com um quadro fisionômico diversificado e um mosaico de feições que foram sendo alteradas ao longo dos anos, em função de diferentes usos do solo, a área apresenta alto potencial de vulnerabilidade a eventos de erosão e movimentos de massa, devido ao gradiente elevado do relevo montanhoso, associado aos índices de precipitação local e as interferências antrópicas (Calderano Filho 2012). As figuras 1A e 1B, mostram a distribuição das classes de declividade e hipsométricas

que ocorrem na área. As classes hipsométricas representadas estão entre 400m e 1600m de altitude.

Figura 1 A - Distribuição das classes de declive em percentagem, 1 B - carta hipsométrica da área de estudo.



Fonte: Calderano Filho et. al (2013).

O mapa de declividade foi classificado em 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 (1988). A tabela 1 mostra a distribuição e percentual das classes de relevo que ocorrem na área.

Tabela 1 – Distribuição das classes de relevo

Classes de relevo	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

Fonte: O próprio autor

Pela tabela 1, verifica-se que 30,76% das terras apresentam declividades inferiores a 20% e 69,24% apresentam declividades superiores a 20%, destes 43% são de relevo forte ondulado, o restante são de terras com relevo montanhoso e escarpado.

A classe hipsométrica de 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. As classes mais elevadas 1500 - 1600m e superior a 1600m, encerram o domínio montanhoso e os topos aplainados, delimitando os municípios 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.

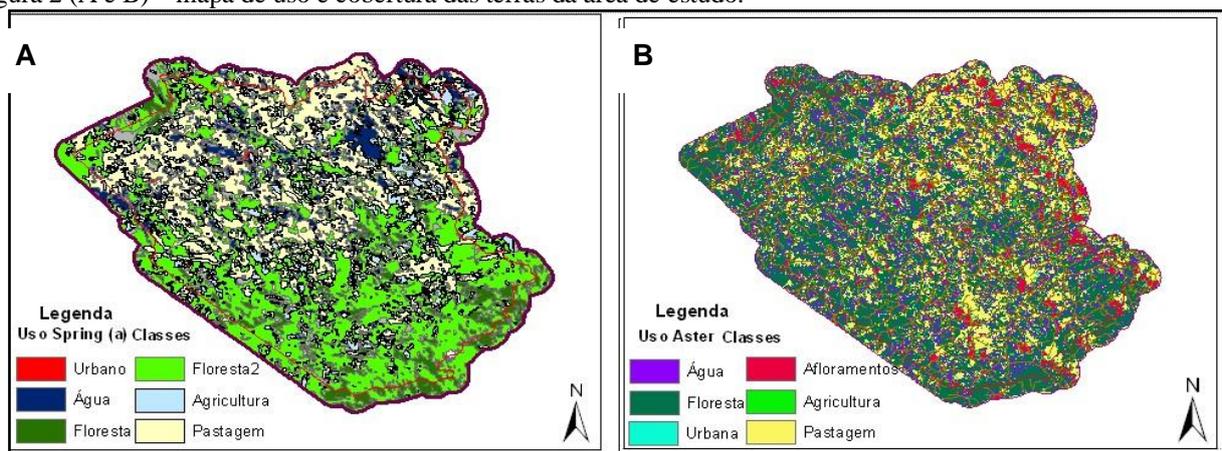
Originalmente coberta por vegetação florestal de Mata Atlântica, atualmente a floresta

Brazilian Journal of Animal and Environmental Research

encontra-se reduzida a grupamentos florestais secundários, restritos às áreas de maiores altitudes, devido principalmente às sucessivas intervenções antrópicas (Calderano Filho et. al. 2009b). Para Oliveira et al. (1995), a maioria dos remanescentes da Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro são de matas secundária, em diferentes estágios sucessionais, alteradas pelas atividades agropecuárias ou exploração madeireira.

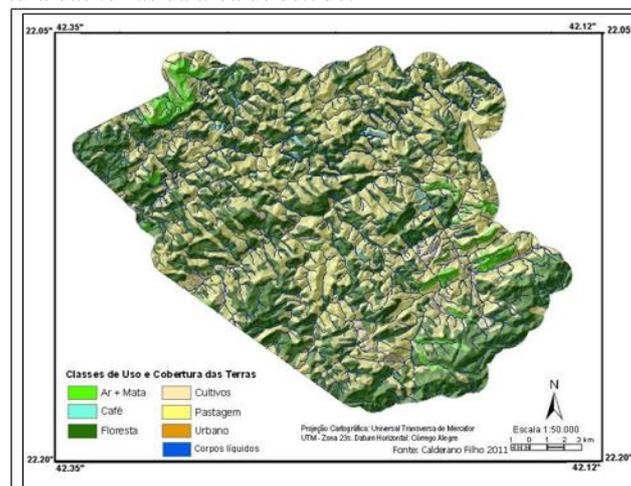
Atualmente a cobertura vegetal predominante é de floresta tropical perenifólia e subperenifólia, domínios florísticos correlacionáveis com a Floresta Ombrófila densa e mista (IBGE 1992). Em ambientes de acumulação dos cursos d'água, sujeitos ou não a inundações periódicas, encontra-se vegetação de floresta tropical subperenifólia de várzea. São encontrados também dispersos por toda a região, campos antrópicos com pastagens, culturas perenes como o café, culturas anuais em menor escala e culturas de ciclo curto. As figuras 2 (A e B) e 3 mostram a distribuição das classes uso e cobertura das terras. A figura 2 A, mostra o mapa produzido com as imagens do Landsat ETM+ e a figura 2 B, o mapa produzido com as imagens do sensor Aster.

Figura 2 (A e B) – mapa de uso e cobertura das terras da área de estudo.



Fonte: O próprio autor

Figura 3. Mapa de uso e cobertura das terras da área de estudo.



Fonte: Calderano Filho et. al (2013)

No mapa final foram delimitados e discriminados as seguintes classes e 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. 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 afloramento rochoso. Alguns pequenos fragmentos de vegetação rasteira que ocorrem nas partes altas, recobrando os afloramentos com líquens, musgos e bromélias, estão aí incluídos. Os cultivos englobam várias culturas, com destaque para as olerícolas e plantio de flores ornamentais, e 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, córregos 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.

O uso dominante é com pastagens, 49% da área, em geral de Braquiária, mas, aproximadamente 44% ainda se encontra preservados em matas, de maneira mais restrita algumas áreas são utilizadas com reflorestamento de eucaliptos. O restante são utilizados com cultivos de olerícolas, plantios de café e de flores ornamentais, dentre as quais a principal é o plantio de rosas.

Onde há exposição rochosa, nota-se uma camada de finíssima espessura, permitindo apenas a propagação de líquens, musgos e bromélias. 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. Nas várzeas, já modificadas pelo uso, predominam ciperáceas e vegetação rasteira. A tabela 2 mostra os percentuais de ocorrência por classe de uso e cobertura das terras.

Tabela 2. 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	0,6
*AR + Mata	2,102	4,0	Água	52,0	0,1
Área urbana	57,0	0,2			
Total				48.469,06	100

Fonte: o próprio autor

No domínio das terras altas, os ambientes se distinguem entre floresta tropical perenifólia e subperenifólia, capoeiras em avançado estágio de regeneração e pastagens, degradadas ou não. Nestes locais, a floresta é mais fechada, com espécies de porte intermediário e maior diâmetro, tem aspecto

de pouco explorada, provavelmente devido ao relevo acidentado que dificulta o uso do solo e a retirada de madeira.

Relacionados a feição geomorfológica terras altas, foram identificados Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho e eventualmente Argissolo Amarelo, restritos as partes mais suavizadas da paisagem. Seguidos de Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho e Latossolo Amarelo, eventualmente Latossolo Amarelo húmico e ácrico, que gradativamente dão lugar a Cambissolo Háptico e Neossolo Litólico, que ocorrem associados à afloramentos de rochas, à medida que a vertente fica mais íngreme (Calderano Filho 2012).

No domínio das terras baixas, importante para a recarga de aquíferos, foram identificados Neossolos e Cambissolos Flúvicos, ocupando as várzeas do rio Grande. Esses solos apresentam variações texturais entre as camadas e são utilizados com pastagem natural, pastagem plantada e olerícolas. Em decorrência do lençol freático não muito profundo, apresentam limitações ao uso de máquinas e implementos, o que exigirá também, seleção de culturas adaptadas ao excesso de água. Conforme Cooke e Doornkamp (1974), em áreas planas com até 2% de declividade o solo apresenta problemas de drenagem, com riscos de inundação para a zona urbana.

Excluindo os Neossolos Litólicos e os solos representativos das áreas de várzea, o restante dos solos, assim como os afloramentos de rochas, ocorrem em toda a área de estudo, em diferentes posições da paisagem. Os Latossolos húmicos têm maior ocorrência nas áreas abaciadas, de alvéolos intermontanos que compõem os domínios montanhoso e colinoso.

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, com enorme variabilidade em seus atributos a pequenas distâncias (Calderano Filho 2012). São em geral, pobres em nutrientes com baixos valores de soma de bases, constituindo solos distróficos, mesmo aqueles sob uso agrícola mais intenso, com plantios de pastagens, café e olerícolas, alguns apresentam elevada saturação por alumínio. Apenas na classe do Argissolo Vermelho há ocorrência de solos eutróficos, relacionados a diques de rocha básica (diabásio).

A drenagem no ambiente de várzea é impedida, com solos imperfeitamente drenados. Onde a várzea é entulhada observa-se variações de altitude e natureza dos sedimentos. Nas encostas observa-se, em pequenas porções de anfiteatro e áreas de depósitos de Tálus, solos imperfeitamente drenados.

O aspecto fisiográfico no domínio das terras altas facilita o escoamento superficial dos solos e os tornam mais propensos à erosão, o que exigirá maiores cuidados, implicando na adoção de práticas intensivas de conservação do solo, para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável. Em geral, os terrenos mais íngremes e elevados ainda preservam a cobertura florestal, atenuando um pouco o potencial erosivo demonstrado pela região.

De maneira mais restrita algumas áreas são utilizadas com reflorestamento de eucaliptus. A agricultura é praticada nas encostas dos estreitos vales, até as cabeceiras de drenagem, em pequenos módulos rurais. Nas encostas mais suaves a floresta foi substituída por atividades agrícolas.

Os cultivos agrícolas, bastante dispersos por toda a área, especialmente localizam-se tanto em áreas propícias, quanto em áreas sem aptidão agrícola, como ao longo de rios e em declividades superiores a 30%. O café também é cultivado nesta classe de declive. As florestas basicamente ocupam as áreas com declividades superiores a 40%, locais em que a agricultura e o plantio de café e pastagens ocorrem em menor intensidade.

A área urbana, que representa as áreas edificadas, localizam-se quase sempre em locais não muito apropriados, sobre terrenos muito declivosos ou sujeitos à inundações periódicas. COOKE e DOORNKAMP (1974), salientam que declividade de 15% é o limite para o desenvolvimento da agricultura mecanizada e urbano-industrial. A implantação de núcleos urbanos em declividades acima de 15% oferece riscos à sociedade civil.

Na área existe um predomínio de vegetação florestal nas encostas com declividades acima de 30%, porém, percebe-se que existem ocupações indevidas nestas áreas, como agricultura em declividades elevadas e construções urbanas nas encostas, representando grandes perigos ambientais, que podem provocar alterações nos ecossistemas locais. Acima de 30% de declividade a possibilidade de escorregamentos e movimentos de massa é maior, considerando que o processo erosivo é mais intenso nestes locais. Estas áreas necessitam de preservação e manutenção permanente da cobertura florestal nativa.

Os problemas ambientais desencadeados no processo de ocupação de áreas sem aptidão de uso, com a retirada da cobertura vegetal para a implantação da agricultura e construções urbanas, agravam os processos erosivos e o empobrecimento do solo, que acaba inviabilizando a agricultura. Com base nos resultados da aptidão agrícola das terras verifica-se que as limitações por suscetibilidade à erosão, declividade, impedimentos à mecanização e fertilidade natural dos solos configuram-se nos fatores limitante de maior importância. O que justifica a maior ocorrência de classes de aptidão regular, restrita e de usos menos intensivo.

Para uma melhor análise das áreas que estão sendo utilizadas de maneira adequada ou inadequadas, segundo os critérios adotados neste estudo, foi confeccionado um mapa de potencial agroambiental e adequação de uso das terras. Para efeitos de análise as classes de relevo ondulado com 8 a 20% de declive e forte ondulado com 20 a 45% de declive, foram subdivididas nos seguintes intervalos de classes de declive 8-14%, 14-20% e 20-30%. A subdivisão das classes de relevo seguiu a proposta de Wittern et al. (1990 e 1991). A Figura 4 mostra o mapa de potencial agroambiental e adequação de uso das terras. Esse mapa foi estratificado em seis classes discriminadas abaixo:

Classe 1 - áreas planas baixas, com 0 a 3% de declive, com risco de excesso de umidade, prioritárias à produção de olerícolas, mas sujeitas à fiscalização ambiental.

Classe 2 - áreas entulhadas, de relevo suave ondulado a plano, com 3 a 8% de declive, prioritárias à produção de olerícolas e/ou fruteiras de clima tropical.

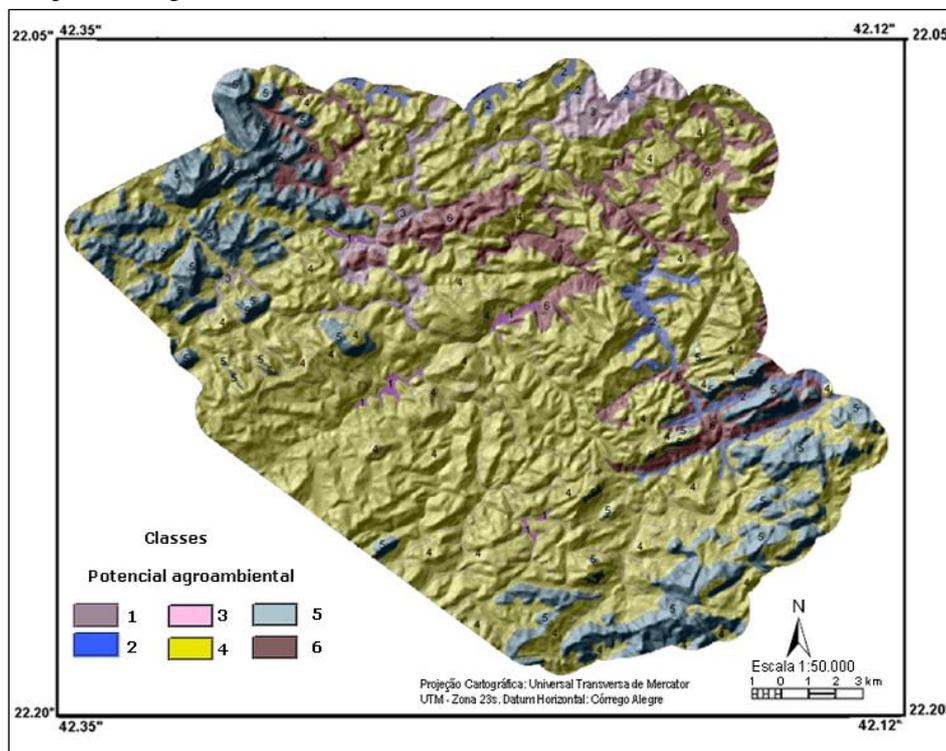
Classe 3 - áreas de relevo ondulado, desmatadas, com 8 a 14% e 14 a 20% de declive, destinadas à cultivos e olerícolas, nos declives mais suaves e produção de fruteiras de clima tropical, nos declives mais íngremes.

Classe 4 - áreas de relevo ondulado e forte, com 8 a 30% de declive, não recomendadas ao uso com culturas anuais devido à posição delicada que ocupam na paisagem, destinadas às culturas perenes e/ou produção de fruteiras de clima tropical.

Classe 5 - áreas de relevo forte ondulado, desmatadas, com 20 a 40% de declive, destinadas às atividades de uso menos intensivo como pastagem, espécies florestais econômicas e/ou revegetação,

Classe 6 - áreas de relevo montanhoso a escarpado, com afloramentos, impróprias ao uso agrícola e destinadas à preservação permanente, de acordo com a legislação vigente.

Figura 4 – mapa de potencial agroambiental da área de estudo



Fonte: o próprio autor

Com base nos resultados das tabelas 1 e 2, e análise das Figura 3 e 4, observa-se que a maior parte da área apresenta valores de médio a alto grau de adequação de uso. Os resultados mostram que 55,71% da área está sendo utilizado de forma adequada e sustentável, de acordo com o potencial

agroambiental de suas terras e, 44,29% das terras estão sendo utilizadas de forma inadequada, sendo 23,29% das terras com uso abaixo do potencial agroambiental e 21% com uso acima do potencial agroambiental. As áreas de total restrição ao uso agrícola das terras (corpos d'água, APPs e estradas), independente do uso ou manejo do solo, representam 15% do total da área e estão incluídas nos percentuais mencionados acima.

6 CONCLUSÕES

Os procedimentos utilizados com auxílio de produtos de sensoriamento remoto e SIG na análise ambiental, além de oferecer facilidades e rapidez por integrarem dados georreferenciados, facilitou a superposição temática, permitiu a confecção do modelo digital de elevação, geração de mapas de uso por classificação digital de imagens e confecção do mapa agroambiental da área. Os resultados mostraram-se compatíveis com a realidade geoambiental da área em estudo, evidenciando as vantagens do uso do geoprocessamento e sensoriamento remoto em fornecer subsídios para o manejo conservacionista das terras. O mapa produzido fornece subsídios para as atividades agrícolas e o manejo conservacionista de terras montanhosas na serra dos Órgãos, ocupadas com agricultura familiar.

REFERÊNCIAS

- ANA 2007 Agencia Nacional de águas, superintendência de informações Hidrológicas – SIH - **Hidro Sistema de informações Hidrológicas**. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 20 março de 2014.
- BOCCO, G.; VALENZUELA, C.R. (1988) Integration of GIS and image processing in soil erosion studies using ILWIS. **ITC Journal**, 4:309-319.
- 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. UFRJ. 2012. 332p. (Tese de Doutorado).
- 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: 32º CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Fortaleza, 2009. **Anais**. Fortaleza, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/UFC, 2009.
- CALDERANO FILHO, B. 2012 CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; CHAGAS, C. S.; CARVALHO JUNIOR, Waldir de; CALDERANO, Sebastião Barreiros; GUERRA, A. J. T.; Donagemma, G. K.; BHERING, S. B. Solos do médio alto curso do Rio Grande, região serrana do Estado do Rio de Janeiro. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (Embrapa Solos. Online), v. 216, p. 1-60, 2012b.

CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; BARROSO, E. V.; GUERRA, A. J. T.; CHAGAS, C. DA S.; CALDERANO, S. B.; CARVALHO JUNIOR, W. DE. **Cartografia geoambiental no médio alto curso do rio Grande (RJ), subsídios ao planejamento de paisagens rurais montanhosas da serra do Mar** – Revista *Geociências*, v. 32, n.3, p.560-576, 2013, UNESP, São Paulo.

CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; CHAGAS, C. DA S.; CARVALHO JUNIOR, W. DE; BARROSO, E. V.; GUERRA, A. J. T.; CALDERANO, S. B. Artificial neural networks applied for soil class prediction in mountainous landscape of the Serra do Mar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 6, p. 1681-1693, 2014.

Câmara, G.; Medeiros, J. S. de. (1998). **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2.ed. INPE. São José dos Campos, 194p.

COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in environmental management – an introduction**. Oxford: Clarendon, 1974.

DANTAS. M. E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. In: COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, CPRM/Embrapa Solos; Niterói, DRM-RJ, 2001. CD-ROM.

DOBSON, J.C. (1993) A conceptual framework for integrating Remote Sensing, GIS and Geography. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 59:1491-1496.

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.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento: normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, 1988. 67p. (EMBRAPA-SNLCS. **Documentos**, 11).

FAUST, N.L.; ANDERSON, W.H.; STAR, J.L. (1991) Geographic Information Systems and Remote Sensing Future Computing Environment. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 57:655-668.

FOOTE, Kenneth E.; LYNCH, Margaret., **GIS: Context, Concepts and Definitions**, Department of Geography, University of Texas at Austin. Austin, 1995.

GOODCHILD, M.F. (1987) A spatial analytical perspective on geographical information systems. **International Journal of Geographical Information Systems**, 1 (4):327-334.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92 p. (IBGE: Manuais técnicos. *Geociências*, n. 1).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. (2000). **Ajuda On-line do SPRING**.

MATOS, G.; FERRARI, P.; CAVALCANTI, J. **Projeto Faixa Calcaria Cordeiro-Cantagalo**. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1980.

McBRATNEY, A.B.; SANTOS, M.L.M. & MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**. 117:3-52, 2003.

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 Geociências.**, 37:101-113, 2007.

MARBLE, D.F.; PEUQUET, D.J. (1983) **Geographic Information Systems and Remote Sensing**. In: MARBLE, D.F.; PEUQUET, D.J. (eds). *Manual of Remote Sensing*. American Society of Photogrammetry. Chapter 22, vol.1.

MOTA, L.H. da S. de O.; VALLADARES, G.S. Vulnerabilidade à degradação dos solos da Bacia do Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.39-50, 2011.

OLIVEIRA, R. R.; LIMA, D. F.; DELAMÔNICA, P.; TOFFOLI, D.D.; SILVA, R. F. Roça caiçara: um sistema primitivo auto-sustentável. **Ciência Hoje**, v. 18, n.104, p. 44-51, 1995.

RICHARDS, J. A., 1999, *Remote Sensing Digital Image Analysis*, **Springer-Verlag**, Berlim, pág. 240.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Turismo Departamento de Recursos Minerais. DRM, **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro**, Folha Duas Barras. Escala 1:50.000. DRM 1982.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, 2005. p.81-90,

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

WITTERN K. P. MOTCHI E. P. CALDERANO FILHO, B; LEMOS. A. L. **Levantamento semidetalhado de Solos e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras da Usina Novo Horizonte no Município de Campos, RJ**. (Relatório técnico Convênio Secretária Estadual de Agricultura SEA-RJ/Emater-Rio/EmbrapaSolos). Rio de Janeiro, 1990. 86p.

WITTERN 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.