

## SUSCETIBILIDADE DOS SOLOS À EROSÃO NA MICROBACIA DO CÓRREGO FONSECA, REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Braz Calderano Filho<sup>1</sup>, Silvio Bargeng Bering<sup>2</sup>, Sebastião Barreiros Calderano<sup>3</sup>, Antônio José Teixeira Guerra<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Geógrafo, Analista Ambiental, Embrapa, Rio de Janeiro-RJ, braz.calderano@embrapa.br

<sup>2</sup>Engº Agrônomo, Pesquisador, Embrapa, Rio de Janeiro-RJ, silvio.bhering@embrapa.br

<sup>3</sup>Geólogo, pesquisador, Embrapa, Rio de Janeiro-RJ, sebastião.calderano@embrapa.br

<sup>4</sup>Geógrafo, Professor Assistente do Depto. Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, antoniotguerra@gmail.com.br

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a suscetibilidade dos solos à erosão na área da microbacia do córrego Fonseca, visando fornecer subsídios para o planejamento de uso das terras em pequenas propriedades rurais. Os procedimentos utilizados constaram da interpretação de parâmetros dos tipos de solo, cobertura vegetal, litologia, relevo, precipitação e uso das terras, aliados à superposição temática em SIG, com atribuição de valores específicos a cada um deles, segundo o grau de importância desses fatores em relação à erosão. Foi gerado um mapa na escala 1:10.000, estratificado em 7 classes de suscetibilidade à erosão, discriminando e quantificando as classes de erosão que ocorrem na área. Os resultados contribuem para o plano de manejo conservacionista da área de estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** manejo conservacionista do solo, geoprocessamento e modelo digital de elevação

**INTRODUÇÃO:** A região serrana do Estado do Rio de Janeiro é considerada de elevada vulnerabilidade natural aos processos erosivos, movimentos de massas e escorregamentos, devido as características geoambientais peculiares da serra do Mar. A pressão de uso das terras nestas áreas, aliada às interferências antrópicas não planejadas, contribuem para o avanço da degradação dos recursos solo e água. As características do relevo montanhoso e o intenso regime pluviométrico potencializam os processos erosivos, intensificando as perdas de solo e carreamento de sedimentos para os rios, principalmente nas glebas onde a agricultura é praticada nas encostas dos vales, até as cabeceiras de drenagem (MENDES, 2006).

Os processos erosivos que se desenvolvem nas encostas fazem parte de uma complexa relação que depende de inúmeras variáveis, internas e externas, a análise isolada do desempenho de cada um dos fatores é complexa, devido a relação de interdependência que existe entre os mesmos. A erosão hídrica acelerada por ações humanas inadequadas, como práticas incorretas de agricultura, é sem dúvida um dos fatores de desgaste que mais seriamente tem contribuído para a improdutividade dos solos no Brasil (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). Guerra (1999), ressalta que embora o processo erosivo causado pela água da chuva tenha uma abrangência em quase toda a superfície terrestre, é particularmente importante nas áreas tropicais devido à concentração das chuvas em determinadas estações do ano e ao uso agrícola do solo, frequentemente precedido da remoção da cobertura vegetal.

Portanto, torna-se necessário desenvolver estudos para esclarecer problemas que afetam a sustentabilidade ambiental e forneçam as bases para o planejamento conservacionistas das terras. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a suscetibilidade dos solos à erosão, discriminando e quantificando as principais classes de suscetibilidade à erosão que ocorrem na área da microbacia do córrego Fonseca, gerando um mapa na escala 1:10.000 de sua distribuição espacial. Os resultados contribuem para o plano de manejo conservacionista da área de estudo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Localizada na divisa dos municípios de Nova Friburgo e Sumidouro, região serrana do estado do Rio de Janeiro, a área de estudo insere-se no domínio das escarpas de blocos falhados, com segmentos da serra do mar localmente conhecidos como serra dos Órgãos. O tipo climático predominante é o tropical mesotérmico brando super úmido (NIMER, 1977). A temperatura média anual é de 18°C, com total pluviométrico de 1947 mm em média, sendo dezembro o mês de maior índice e julho o mês mais seco (ANA, 2007). A vegetação natural é representada pela floresta tropical perenifólia nas partes altas e a floresta tropical perenifólia de várzea nas partes baixas.

A avaliação qualitativa da suscetibilidade dos solos à erosão foi feita com base nas informações de clima (erosividade das chuvas), solos (dados morfológicos, físicos, químicos), litologia, relevo, vegetação, declividade do terreno, uso e cobertura das terras, incluindo rede de drenagem, precipitação e o modelo

digital de elevação (MDE) da área. Outras informações do meio físico necessárias à interpretação foram extraídas de Calderano Filho (2003). Para a avaliação seguiu o modelo sugerido em Mendes (1982), Carvalho et al. (1992) e Ross (1996), com adaptações.

Inicialmente montou-se um banco de dados no ArcGIS Desktop 9.3, na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SAD 69, fuso 23S, com todas as informações temáticas necessárias à interpretação. A seguir, a partir das curvas de nível, pontos cotados, limite e hidrografia extraídas de uma restituição planialtimétrica, adquirida em meio analógico, na escala 1:10.000, com curvas de nível equidistantes de 5m, elaborou-se o modelo digital de elevação da área, com resolução espacial de 10m, utilizando-se a ferramenta Topo to Raster (ESRI, 2006). 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 foram produzidos o mapa de declividade e extraídas outras variáveis morfométricas de interesse, que juntamente com as informações temáticas auxiliaram na avaliação da suscetibilidade dos solos à erosão.

Nesta metodologia a variável solo é contemplada, considerando propriedades, atributos e características das classes de solos mapeadas, que inter-relacionadas informam sobre as propriedades de erodibilidade do solo, para a variável meio, considerou-se a precipitação, relevo e cobertura vegetal, que caracterizam os fatores de erosividade do meio físico. Na avaliação cada fator isolado é hierarquizado por um número, segundo a importância dos fatores em relação à erosão, conforme tabela 1. Como forma de hierarquizar os processos erosivos considerou-se as informações de solos, geologia, relevo e declividade, vegetação, uso atual, atributos de clima e informações de campo, conjugando aspectos dos elementos componentes da paisagem, numa abordagem integrada que reflete a natureza das potencialidades e limitações impostas pelo meio, efetuou-se a avaliação qualitativa da suscetibilidade dos solos à erosão.

Para os atributos de solos considerou-se ainda, dados morfológicos, físicos e químicos, camadas de impedimento, presença de concreções ou de horizonte concrecionário, horizonte coeso e lençol freático próximo à superfície. Assim, solos com textura arenosa a média apresenta um valor de resistência à erosão menor quando comparados com solos de textura argilosa. De forma similar, a profundidade e a drenagem do solo possuem classes de erodibilidade diferenciadas, maiores detalhes encontram-se disponível em Calderano Filho (2012).

No presente caso, além da análise do comportamento dos solos nas diferentes classes de relevo como sugerido em Mendes (1982), o relevo da área foi discretizado a partir do MDE, em sete classes de declividade, conforme proposto em Wittern et al. (1990), que subdividiu as seis classes de relevo apresentadas em Embrapa (1998). Os dados de precipitação da área foram obtidos na Agência Nacional de Água (ANA 2007). Os tipos de cobertura vegetal e graus de proteção adotados foram baseados em Ross (1996). A cobertura do solo funcionou como facilitadora ou amortecedora da suscetibilidade do solo à erosão. Solos com cobertura vegetal densa são menos erodidos do que os solos com cobertura vegetal esparsa ou cultivados sem a adoção de práticas conservacionistas. Para cada uso da terra encontrado na área de estudo foi definido o risco de erosão. O mapa final foi confeccionados na escala 1:10.000, mostrando a distribuição espacial das áreas de maior e menor potencial à erosão.

**Tabela 1 - Classes e atributos dos solos e do meio**

<b>Classes e atributos dos solos (textura, drenagem, profundidade e classes de solos)</b>			
<b>Classes</b>	<b>Potencial Erodibilidade</b>	<b>Textura</b>	<b>Declividade</b>
1	Nulo	Rochosa	Plano (0 a 3%)
2	Ligeiro - Muito Baixa	Muito Argilosa	Suave Ondulado (3 a 8%)
3	Moderado - Baixa	Argilosa	Moderadamente Ondulado (8 a 14%)
4	Forte Alta	Média/Argilosa	Ondulado (14 a 20%)
5	Muito forte Muito Alta	Média	Forte Ondulado (20 a 45%)
6	Extremamente forte Alta	Arenosa/Média	Montanhoso (45 a 75%)
6	Extremamente forte Alta	Arenosa	Escarpado (> 75%)
<b>Classes</b>	<b>Potencial Erodibilidade</b>	<b>Profundidade Efetiva (cm)</b>	
1	Nulo	> 200 (Muito Profundo)	
2	Ligeiro	150 - 200 (Profundo)	
3	Moderado	100 - 150 (Moderadamente Profundo)	
4	Forte	50 - 100 (Pouco Profundo)	
5	Muito forte	< 50 (Raso)	
<b>Classes</b>	<b>Potencial Erodibilidade</b>	<b>Classe de Drenagem</b>	
1	Muito Baixo	Excessivamente e fortemente drenado	
2	Baixo	Acentuadamente drenado	
3	Médio	Bem drenado	
4	Moderado	Moderadamente drenado	
5	Alto	Imperfeitamente drenado	
6	Muito Alto	Mal e muito mal drenado	
<b>Classes</b>	<b>Potencial Erodibilidade</b>	<b>Classes de solos</b>	
1	Nulo	Afloramentos de rocha	
2	Ligeiro	Cambissolos Flúvicos, Neossolos Flúvicos e Gleissolos	
3	Moderado	Latosolos	
4	Forte	Argissolos	
5	Muito forte	Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos	
<b>Classes de atributos do meio (relevo e cobertura vegetal)</b>			
<b>Classes</b>	<b>Potencial Erosividade</b>	<b>Relevo e declividade em %</b>	
1	Nulo	Plano (0 a 3%)	
2	Ligeiro	Suave Ondulado (3 a 8%)	
3	Moderado	Moderadamente Ondulado (8 a 14%)	
4	Forte	Ondulado (14 a 20%)	
5	Muito forte	Forte Ondulado (20 a 45%)	
6	Extremamente forte	Montanhoso (45 a 75%)	
7	Extremamente forte	Escarpado (> 75%)	
<b>Classes</b>	<b>Graus de proteção</b>	<b>Tipos de cobertura vegetal</b>	
1	Muito alta	Matas naturais e florestas cultivadas com biodiversidade com estrato herbáceo denso.	
2	Alta	Formações arbustivas densas (mata secundária, capoeira densa). Mata homogênea de Pinus densa. Pastagens, cultivadas sem pisoteio de gado, sistemas agroflorestais e cultivo de ciclo longo como o cacau.	
3	Média	Cultivos de ciclo longo com práticas agrícolas (curvas de nível e terraceamento), como café e laranja com forrageiras entre ruas. Pastagens com baixo pisoteio. Silvicultura de eucaliptos com subbosques de nativas.	
4	Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimentado-reino, laranja) com solo exposto entre ruas. Culturas anuais (soja, milho, algodão) com cultivo em curvas de nível e terraceamento.	

**RESULTADOS:** O relevo tem importância no processo erosivo, principalmente por ser a declividade o fator responsável pela maior ou menor infiltração das águas das chuvas. Onde o relevo é plano, não há deslocamento e transporte de partículas de solo, qualquer que seja as classes de solo que compõem a unidade de mapeamento. O grau de declive do terreno exerce influência direta sobre a quantidade de perda de solo por erosão, pois, quanto maior seu gradiente, maior a intensidade de escoamento das águas sob o efeito da gravidade. As classes de declividade adotadas para a área foram: A (0-3%) relevo plano, B (3-8%) relevo suave ondulado, C (8-14%) relevo moderadamente ondulado, D (14-20%) relevo ondulado, E (20-45%) relevo forte ondulado e F (45-100%) relevo montanhoso e escarpado. As figuras 1 e 2 mostram o modelo digital de elevação e declividade da área, em porcentagem.

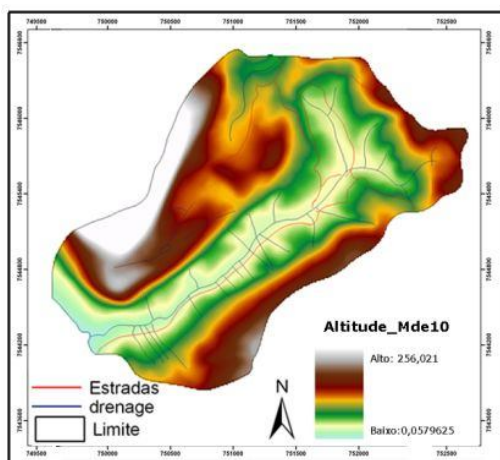


Figura 1 – Modelo Digital de Elevação.

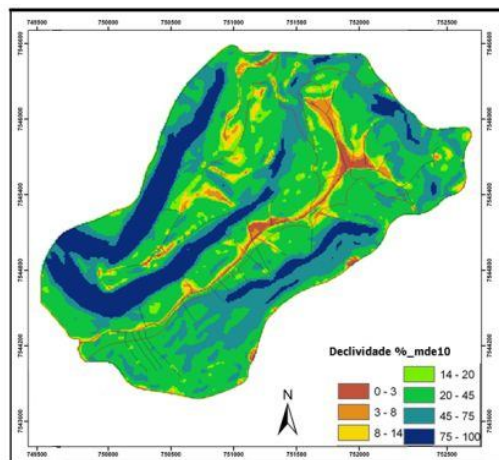


Figura 2 – Classes de declividade.

Os solos identificados na área manifestam variações em suas características morfológicas, físicas e químicas, condicionadas pelo clima, relevo, material de origem, posição que ocupam na paisagem e se distribuem na área em estreita correlação com as formas de relevo e o substrato geológico (CALDERANO FILHO, 2003). Nas áreas de várzeas predominam Gleissolos Háplicos e Melânicos e Neossolos Flúvicos Tb Distróficos. Nas terras altas, constituídas por seqüência de encostas e colinas circundadas por exposição rochosa, compostas por morros de relevo forte ondulado a montanhoso, predominam Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, Latossolo Vermelho-Amarelo Acrico típico e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Húmico, que gradativamente dão lugar a Cambissolos Háplicos e Húmicos e Neossolo Litólico, Distróficos típicos, à medida que a vertente fica mais íngreme.

As classes de solos identificados na área foram enquadradas nas classes de susceptibilidade a erosão, descritas abaixo. A figura 3 mostra o mapa de susceptibilidade das terras à erosão.

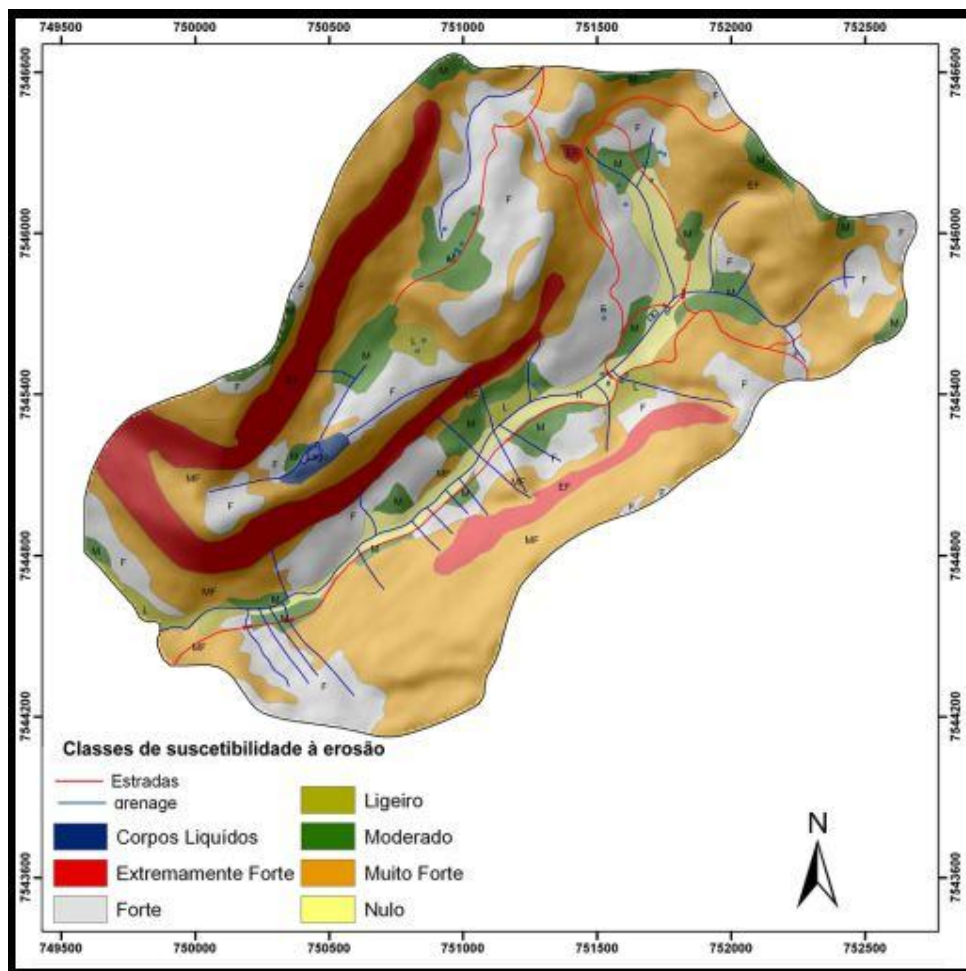
**Nula (N)** - Terras planas ou quase planas, declive inferior a 3%, onde o assoreamento superficial ou enxurrada (deflúvio) é muito fraco ou lento. O declive do terreno, não oferece riscos a erosão hídrica significativa, salvo, possivelmente, em vertentes cujas rampas sejam muito longas e com solos altamente suscetíveis à erosão, ou quando recebem enxurradas de áreas vizinhas, situadas à montante e mais declivosas; engloba unidades com declive A. Essa classe ocorre em 26,76 ha, correspondendo a 4,83% da área de estudo.

**Ligeira (L)** - Terras com declives suaves que apresentam em sua maior parte escoamento superficial lento ou médio. São terras pouco suscetíveis à erosão, relevo suave ondulado, declive entre 3% a 8%. No manejo recomenda-se práticas simples de conservação, como aração mínima, rotação de culturas, culturas em contorno; engloba unidades com declive B. Essa classe ocorre em 35,41ha, correspondendo a 6,39% da área de estudo.

**Ligeira a Moderada (L/M)** - Terras com superfícies inclinadas, geralmente com relevo ondulado, nas quais o escoamento superficial é médio ou rápido, para a maior parte das terras. Em alguns casos, a erosão hídrica oferece poucos problemas, ou então pode ser controlada com práticas simples; na maior parte das vezes, no entanto, práticas complexas de conservação do solo podem ser necessárias, para que as terras possam ser cultivadas intensamente. Estas terras podem apresentar erosão em ravinas e mesmo em forma de voçorocas, se utilizadas sem adoção de práticas conservacionistas. Essa classe ocorre em 82,44ha, correspondendo a 14,88% da área de estudo.

**Moderada (M)** - Terras moderadamente suscetíveis à erosão, onde o escoamento superficial é rápido na

maior parte da área, relevo ondulado, declive entre 8% a 14%, podendo ser maior para os latossolos e solos com condições físicas favoráveis. Terras dessa classe são facilmente erodíveis, exceto aquelas muito permeáveis. No manejo recomenda-se práticas como terraços com base larga, cordões, diques, aração mínima, rotação de culturas, culturas em contorno, pastoreio controlado; engloba unidades com declive C. Essa classe ocorre em 71,11ha, correspondendo a 12,84% da área de estudo.



**Figura 3** – Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão da área da Microbacia.

**Forte (F)** - Terras muito suscetíveis à erosão, o escoamento superficial é muito rápido, na maior parte da área. Relevo ondulado, declive entre 14% a 20%. Na maioria dos casos, a prevenção a erosão é difícil e dispendiosa, no manejo, práticas como terraços em patamar, em nível, banquetas individuais, interceptadores, controle de voçorocas, cobertura morta no inverno e viva no verão; engloba unidades com declive D. Essa classe ocorre em 125,13ha, correspondendo a 22,60% da área de estudo.

**Muito Forte (MF)** - Terras fortemente suscetíveis à erosão, o escoamento superficial é muito rápido, relevo forte ondulado, declive entre 20% a 45%. Não são recomendadas ao uso agrícola intensivo sob pena de serem totalmente erodidas em poucos anos. Trata-se de terras ou superfícies nas quais deve ser estabelecida cobertura vegetal que evite seu arrasamento. No manejo, práticas como banquetas individuais, interceptadores, controle de voçorocas, cobertura morta no inverno e viva no verão, pastagem ou silvicultura com restrições, podendo ser antieconômico cultivar nessas áreas; engloba unidades com declive E. Essa classe ocorre em 182,20ha, correspondendo a 32,90% da área de estudo.

**Extremamente Forte (EF)** - Terras altamente suscetíveis à erosão, relevo montanhoso e escarpado. Declives > 45%. No manejo envolve práticas conservacionistas e técnicas economicamente pouco viáveis, são reservadas à preservação da flora e da fauna ou revegetação; engloba unidades com declive F. Essa classe ocorre em 16,05ha, correspondendo a 2,90% da área de estudo.

Os resultados produzidos mostram estreita relação da cobertura vegetal, declividade, tipos de solos com a suscetibilidade dos solos à erosão. Nas áreas com baixa suscetibilidade à erosão verifica-se boa conjugação de fatores relevo plano a suave ondulado, boa infiltração de água no terreno e tipo de

cobertura vegetal mais eficiente. Nas áreas onde a cobertura vegetal foi removida e convertidas para plantios diversos o potencial erosivo dos solos aumentou, até mesmo nas áreas suaves da paisagem, verificando em alguns talhões, onde os plantios são efetuados morro a baixo o processo erosivo nos solos é mais acelerado.

Os Neossolos litólicos e Cambissolos Hápicos, seguidos de Cambissolos Húmicos são as classes de solos mais suscetíveis à erosão, isso se deve a associação de declividades mais acentuadas, ineficiência da cobertura vegetal e menor profundidade efetiva dos solos. As classe de menor suscetibilidade à erosão foram Gleissolos, Neossolos Flúvicos e Latossolos. O relevo predominantemente plano nas classes dos Gleissolos e Neossolos Flúvicos, sugerem baixos riscos de perdas de solos por erosão, no caso dos Latossolos, a permeabilidade acentuada desses solos, resultado da elevada profundidade efetiva e da baixa relação textural, associadas à estrutura bem desenvolvida (tipicamente entre blocos e granular) e teores consideráveis de matéria orgânica, contribuem para a maior resistência à erosão hídrica desses solos (RESENDE, 1985).

**CONCLUSÕES:** Os procedimentos utilizados permitiram avaliar a suscetibilidade dos solos à erosão nas unidades de mapeamento definidas, com seus respectivos componentes. Os resultados alcançados foram coerentes, pois onde foram identificados a ocorrência de solos e compartimentos mais frágeis e problemáticos em função do gradiente textural, maior declividade e menor grau de cobertura vegetal, estes se encaixaram nas classes de suscetibilidade à erosão forte, muito forte ou extremamente forte.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA 2007 Agencia Nacional de águas, superintendência de informações Hidrológicas – SIH - Hidro Sistema de informações Hidrológicas, [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F.(1999). Conservação do solo. São Paulo: Ícone -4ed.
- CALDERANO FILHO, B. 2003, Visão Sistêmica como Subsídios para o Planejamento Ambiental da microbacia do Córrego Fonseca. 240p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de pós-graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- 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.
- CARVALHO, A.P. Solos do arenito caiuaú. IN: Solos Altamente Suscetíveis à Erosão. Ed. Pereira, Vicente de Paula. UNESP/SBCS, 1992. P.39 – 50.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Definição e notação de horizontes e camadas do solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1988. 54 p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 3).
- ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.). ArcMap 9.2. Redlands, California, USA, 2006.
- GUERRA, A.J.T. (1999). O Início do Processo Erosivo. In: Erosão e Conservação dos Solos. Orgs. A.J.T. Guerra, Da Silva A.. S. e BOTELHO, R.G.M, Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 17-50.
- MENDES, C. A. R. Erosão superficial em encosta íngreme sob cultivo perene e com pousio no Município de Bom Jardim - RJ. 2006. 237 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MENDES, W. Relação entre os graus de limitação do uso do solo por suscetibilidade à erosão e às unidades de mapeamento de solo. Revista Brasileira de Geografia, FIBGE, 1982, Ano 44 n. 3 (445 – 476).
- NIMER, E. Clima. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Departamento de Geografia, Rio de Janeiro. Geografia do Brasil Região Sudeste. Rio de Janeiro, IBGE, 1977. v.3., p.51-89.
- RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. Informe Agropecuário, v. 11, n. 128, p. 3-18, 1985.
- ROSS, J. L.S. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da., org. Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.291-336.
- WITTERN K. P. MOTCHI E. P. CALDERANO FILHO, B; LEMOS. A. L. Levantamento detalhado de Solos e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras da Usina Novo Horizonte no Município de Campos, RJ. (Relatório técnico Convênio Secretária Estadual de Agricultura SEA-RJ/Emater-Rio/EmbrapaSolos). Rio de Janeiro, 1990. 86p.