

Potencial, atributos e variáveis condicionantes da fragilidade das terras de uma microbacia na serra dos órgãos, estado do Rio de Janeiro

Potential, attributes and variables conditioning the fragility of the land of a microbasin in serra dos órgãos, Rio de Janeiro state

DOI: 10.34188/bjaerv4n4-077

Recebimento dos originais: 20/08/2021

Aceitação para publicação: 25/09/2021

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

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

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

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

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

RESUMO

A avaliação de áreas sujeitas aos riscos ambientais constitui-se em prática indispensável no planejamento de uso e manejo do solo, e contribui para a solução de problemas que afetam a

sustentabilidade. O trabalho buscou avaliar o potencial de fragilidade e vulnerabilidade ambiental na microbacia, por meio da análise integrada de informações temáticas do meio físico, suas variáveis e atributos que favorecem os riscos ou induzem a estabilidade. Com apoio de SIG realizou a superposição dos temas com atribuição de valores específicos a cada um, segundo o seu grau de importância, de seus componentes de legenda e fatores. Esses procedimentos possibilitaram determinar a intensidade, quantificar a distribuição e estratificar a área de estudo, segundo seu potencial de fragilidade e vulnerabilidade em 7 classes. Sendo elas baixa, moderada, alta, alta a muito alta, muito alta e extremamente alta e nula. O resultado final mostra que a classe baixa ocorre em 2,83% da área, a moderada em 16,05%, a classe alta em 24,60%, 1,87% classe alta a muito alta, 41,43% classe muito alta, 12,96% classe extremamente alta, apenas 0,26% da área é de classe nula. Os resultados produzidos contribuem para o planejamento conservacionista de uso do solo na microbacia.

Palavras-Chave: Microbacia, fragilidade, vulnerabilidade ambiental, uso e manejo do solo.

ABSTRACT

The assessment of areas subjected to environmental risks constitutes an essential practice in the planning of land use and management, and also contributes to the solution of problems that affect sustainability. The study sought to assess the potential for environmental fragility and vulnerability in the microbasin, through the integrated analysis of thematic information on the physical environment, its variables and attributes that favor risks or induce stability. With the support of GIS, the themes were superimposed, assigning specific values to each one, according to their degree of importance, their subtitle components and factors. These procedures made it possible to determine the intensity, quantify the distribution and stratify the study area, according to its potential for fragility and vulnerability into seven classes. They are low, moderate, high, high to very high, very high and extremely high and null. The final result shows that the low class occurs in 2.83% of the area, the moderate class in 16.05%, the high class in 24.60%, 1.87% high to very high class, 41.43% very high class, 12.96% extremely high class, only 0.26% of the area is null class. The results produced contribute to the conservation planning of land use in the microbasin.

Keywords: Microbasin, fragility, environmental vulnerability, land use and management.

1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas ao intervir no sistema natural alteram suas condições e rompe seu equilíbrio. Em alguns casos, as interferências podem ser benéficas e induzir melhorias favoráveis aos processos ambientais, em outros, provocam severos danos ao ambiente, COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES COM (1999, 2000), FAO (1993).

A região montanhosa da serra dos Órgãos no Estado do Rio de Janeiro é considerada de elevada fragilidade e vulnerabilidade natural aos processos erosivos, movimentos de massas e escorregamentos, devido as características geoambientais peculiares do ambiente montanhoso da região.

A pressão de uso das terras aliado à ausência de informações adequadas que atendam as demandas do planejamento das atividades produtivas, alteram as condições naturais e facilita a

degradação dos recursos solo, água e vegetação nessas áreas.

A vulnerabilidade de uma determinada região está relacionada à natureza dos fatores que pressionam ou promovem mudanças ambientais, ao grau de sensibilidade do meio à mudança e a sua capacidade regenerativa Metzger et al, (2006).

A avaliação da vulnerabilidade ambiental fornece um “status” da situação atual das terras (FAO, 2000, ISRIC & FAO, 2000). A vulnerabilidade varia em função dos solos, do clima, tipos de uso, uso de produtos químicos, embora sua avaliação abrange a análise do potencial e riscos (BATJES & BRIDGES, 1997), difere da avaliação de riscos que são previsões futuras.

Os graus de tolerância do meio natural (vulnerável ou estável) podem ter suas condições específicas de equilíbrio alteradas, ou por fatores de ordem natural ou provocada pela interferência da ação humana. Ela mostra a pré-disposição do ambiente frente aos fatores naturais (clima, solos, relevo, estrutura geológica). Em sua avaliação os fatores devem ser analisados de forma integrada, considerando sempre a importância da interação dinâmica existente entre os componentes (clima, solo, relevo, água, vegetação e atividade biológica) e, as intervenções antrópicas modificadoras dos ambientes naturais.

Difentes métodos de análise da vulnerabilidade e fragilidade ambiental, tem sido colocados por autores diversos, Batjes & Bridges (1997), FAO (2000), Klein (2001), Schoter et al. (2004), Zhong et al (2005), Li et al (2006), Metzger et al (2006), Birkmann (2007), entre outros.

No entanto os difentes métodos implicam em diferenças consideráveis na determinação final Nobre e Garcia (2010). Para Nobre et al. (2010), o método que melhor expressou a participação diferenciada de todos os elementos componentes em sua análise foi o de multicritério.

Com base no exposto, torna-se necessário desenvolver estudos para esclarecer problemas que afetam a sustentabilidade ambiental, tanto do meio como dos solos, principalmente em áreas com agricultura. Assim, o objetivo foi realizar a análise e avaliação da vulnerabilidade ambiental das terras, em uma microbacia na serra dos Órgãos, região montanhosa do Estado do Rio de Janeiro, ocupada com agricultura familiar, visando produzir informações para o planejamento conservacionista das terras e a gestão sustentável da área.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia em estudo localiza-se na serra dos Órgãos, município de Nova Friburgo, região serrana do estado do Rio de Janeiro. O tipo climático predominante é o tropical mesotérmico brando super úmido (NIMER, 1977).

A execução do trabalho envolveu a aquisição, armazenamento, manipulação e conversão de mapas temáticos em meio digital, com ajuda de SIG e interpretação de áreas propensas a

vulnerabilidade ambiental, com suporte de análise multicritério e álgebra de mapas, com base na interação e ponderação de fatores do meio físico condicionantes da vulnerabilidade ambiental.

As informações de solo, geologia, geomorfologia, vegetação, precipitação local, cobertura e uso das terras, necessárias à avaliação foram extraídos de Calderano Filho et al (2013). Essas informações originalmente no sistema de coordenadas UTM, Datum Córrego Alegre zona, 23S, foram reprojctadas para UTM, SIRGAS 2000, zona 23S. Os dados foram padronizados na escala 1:10.000, com auxílio dos programas QGIS, 2.18.28 e ArcGIS 10.0.

A partir das curvas de nível, pontos cotados, limite e hidrografia, adquirida na escala 1:10.000 e, curvas equidistantes de 5 m, elaborou o modelo digital de elevação da área, com resolução espacial de 10 m, e extraiu outras variáveis morfométricas de interesse, como direção do fluxo, fluxo acumulado, orientação das vertentes, perfil e plano de curvatura das vertentes.

A seguir efetuou a conversão de formatos vetoriais em matriciais, superposição temática em SIG, hierarquização de critérios e atribuição de valores de importância específicos a cada tema e variável analisada condicionante da vulnerabilidade. Assim, as variáveis e componentes de legenda condicionantes da vulnerabilidade utilizados foram ponderados do menos vulnerável (1) para o mais vulnerável (5), repetindo o procedimento para todos o temas. Esses grids auxiliaram na interpretação da vulnerabilidade ambiental da área.

A avaliação final da vulnerabilidade ambiental seguiu o recomendado nos trabalhos de Batjes & Bridges (1997), ISRIC & FAO (2000) e Ross (1994), com adaptações, e envolveu a análise integrada dos principais fatores indicadores de fragilidades e vulnerabilidade das terras, aliados à álgebra de mapas e funções de manipulação aplicadas a um ou mais temas (TOMLIN 1990). E definição do grau de pertinência de cada plano e seus componentes de legenda, utilizam fatores de ponderação para a construção do resultado final (MOURA, 2007).

Para a litologia considerou o grau de coesão dos minerais, quanto maior o grau e mais antiga a idade da rocha menor valor foi atribuído à unidade mapeada, conforme sugerido em Crepani et al. (2001). Na área ocorrem ortognaisses e migmatitos do Complexo Rio Negro, associados a ortognaisses granodioríticos do Batólito Serra dos Órgãos, intercaladas a leucognaisses e rochas metassedimentares do Grupo Paraíba do Sul. Em menor extensão ocorrem depósitos aluviais inconsolidados de consistência areno-argilosa, argilosa e silto-argilosa. A tabela 1, mostra os valores atribuídos a cada um.

Para os solos considerou o seu grau de desenvolvimento, textura, estrutura, profundidade efetiva, porosidade, permeabilidade, densidade do solo, teor de matéria orgânica e drenagem interna. Características essas, relacionadas com o potencial e predisposição dos terrenos aos processos erosivos, movimentos de massa e escorregamentos superficiais. As informações de solos

dominantes que ocorrem na área foram agrupadas em: Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e Ácrico, Latossolo Vermelho Amarelo Húmico, Cambissolo Háplico Distrófico, Cambissolo Húmico Distrófico, GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico, GLEISSOLO MELÂNICO Distrófico, NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico, restrito a área de baixada e NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico, associado a afloramento de rocha. Para a condição de drenagem dos solos de baixada considerou a permeabilidade do solo, a qual depende de textura, teor de matéria orgânica, tipo de argila, tipo de estrutura, camada cimentada e/ou de impedimento, além da altura do lençol freático e risco de inundação. As classes de drenagem utilizadas seguiu Embrapa (2006).

O relevo tem importância nos processos geodinâmicos, sendo a declividade e a inclinação das vertentes responsáveis pela maior ou menor infiltração das águas das chuvas e velocidade de escoamento das águas. Quanto maior a inclinação das vertentes, mais expressiva é a ação dos agentes erosionais e, mais intensa é a dinâmica do escoamento da água, portanto é um dos principais fatores na análise de riscos a deslizamento de terra. A declividade, amplitude altimétrica, formas de relevo e seu detalhamento se deu junto ao processamento das variáveis geomorfométricas (declividade, curvatura vertical e curvatura horizontal). Os intervalos considerados de declividade foram: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), moderadamente ondulado (8-14%), ondulado (14-20%), forte ondulado (20-45%), montanhoso (45-75%) e escarpado (acima de 75%). Devido à falta de representação cartográfica na escala de trabalho adotada as classes de relevo montanhoso e escarpado foram agrupadas. Esses intervalos estão de acordo com a proposta de Wintter et al. (1990).

Atributos condicionantes da vulnerabilidade ambiental e valores atribuídos.

Solos	Peso	Relevo	Peso	Litologia	Peso
Cambissolo háplico e húmico	5	Escarpado (> 75%)	5	Gnaisse	5
Neossolo litólico	5	Montanhoso (45 a 75%)	5	Depósitos de talus	5
Latossolo vermelho-amarelo húmico	4	Forte Ondulado (20 a 45%)	4	Ortognaisse	4
Latossolo vermelho-amarelo Ácrico	3	Ondulado (14 a 20%)	3	Migmatitos	3
Latossolo vermelho-amarelo Distrófico	3	Ondulado (8 a 14%)	2	Granitos	4
Gleissolo háplico e melânico, Neossolo flúvico	2	S. Ondulado (3 a 8%)	1	Depósitos coluviais	5
Afloramento de rocha sem recobrimento**	1			Planícies aluvionares	1
Cobertura do Solo		Curvatura do terreno		Precipitação	
Cultivos sem práticas conservacionistas	5	Muito Côncavo	5	> 1500 mm	5
Solo exposto	5	Côncavo	4	1350 mm a 1500 mm	4
Culturas de ciclo longo, Silvicultura e plantio de Café	4	Muito convexo	3	1250 mm a 1350 mm	3
Pastagens; mineração	4	Convexo	2	1100mm a 1250 mm	2

Floresta e capoeira densa	3	Plano	1	< 1100mm	1
Corpos D'água	2	Área urbana	0		
Drenagem do solo ***		Profundidade solo (cm)		Textura do solo *	
Muito mal drenado	5	<50 - 100 (Raso)	5	Arenosa, Arenosa / média	5
Imperfeitamente drenado	5	50 - 100 (P.Profundo)	4	Média	4
Moderadamente drenado	4	150 - 200 (Profundo)	2	Média/argilosa	3
Bem drenado	3	> 200 (muito Profundo)	1	Argilosa	2
Acentuadamente drenado	2			Muito Argilosa	1
Fortemente drenado	1			Arenosa, Arenosa / média	5

OBS: * grau avaliado conjugando com a declividade; ** válido para rocha sem cobertura de solo; *** em função da classe de solo e do relevo o grau inverte. Fonte: Preparado pelo autor.

A precipitação teve por base os totais pluviométricos das estações de Nova Friburgo e Sumidouro (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2007). A temperatura média anual é de 18°C, com total pluviométrico anual de 1947 mm, em média, sendo dezembro o mês de maior índice e julho o mês mais seco (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2007). Os totais pluviométricos elevam ou diminui o grau de vulnerabilidade, quanto maior o índice maior a exposição da área à erosão e a outros riscos ambientais, tal fato é acentuado quando não há cobertura vegetal sobre o solo.

A vegetação natural é representada pela floresta tropical subperenifólia nas partes altas e a floresta tropical subperenifólia de várzea nas partes baixas. A cobertura do solo funciona como facilitadora ou amortecedora da fragilidade das terras. A densidade de cobertura vegetal é fator de proteção contra os processos morfogenéticos, quanto mais densa a cobertura vegetal, maior a estabilidade encontrada. O grau de vulnerabilidade para cada uso da terra encontrado foi estabelecido considerando o papel da vegetação como manto protetor da paisagem e sua capacidade de amenizar a ação das águas, conforme critérios apresentados em ROS (1994). Os terrenos protegidos que apresentam maior densidade da cobertura vegetal receberam valores entre 1 e 3, para os terrenos com coberturas herbáceas ou gramíneas, com culturas de ciclos curtos ou expostos os valores ficaram entre “4” e “5”.

Foi inserido na avaliação da vulnerabilidade das terras, o potencial de susceptibilidade dos solos à erosão. Entende-se que as áreas mais propensas à erosão são mais vulneráveis que outras áreas mais estáveis do ponto de vista geotécnico. Os critérios considerados para definir a susceptibilidade do solo a processos erosivos encontram-se em Calderano Filho et al (2003). Os graus considerados de erosão foram nulo, ligeiro, ligeiro a moderado, moderado a forte, forte e muito forte a extremamente forte.

Os fatores preponderantes de maior peso, como condicionantes da vulnerabilidade na área de estudo, foram tipos de solos, declividade e formas do relevo, tipos de rochas e índices

pluviométricos, estando os condicionantes uso e cobertura das terras em segundo plano, como fatores que podem induzir ou amenizar a degradação. Da mesma forma, as áreas de maior suscetibilidade a erosão ou sujeitas a risco de inundação contribuem para incrementar a vulnerabilidade. Onde ocorrem situações de relacionamentos entre extremos de vulnerabilidade segundo a declividade, com extremos de vulnerabilidade segundo fatores pedológicos, o uso e cobertura atual aliado às características do solo, como drenagem, rochividade, pedregosidade e vegetação original funciona como mecanismo de compensação. Os totais pluviométricos podem elevar ou diminuir o grau de vulnerabilidade, enquanto a vegetação pode funcionar como efeito protetor e capacidade de amortizar ou amenizar a ação das águas.

Nesse sentido, a avaliação da vulnerabilidade das terras é uma função dependente da análise integrada das condições geológicas, pedológicas, geomorfológicas, geotécnicas, climáticas, hidrogeológicas e de outros fatores condicionantes da vulnerabilidade mais específicos à área de estudo. Na integração das informações temáticas, utilizou as ferramentas disponíveis nos SIGs, o que permitiu produzir mapas intermediários de vulnerabilidade para os temas em análise, em função de sua importância em favorecer vulnerabilidade. A seguir esses mapas foram reclassificados e reescalados para valores de 0 a 255, o que permitiu estratificar as áreas que apresentaram potencial de vulnerabilidade semelhante.

Para a análise final e geração do mapa definitivo utilizou-se a calculadora raster, o que possibilitou estratificar a área em 7 intervalos, cada um representando uma classe de vulnerabilidade. Assim, quanto mais baixa a classe assinalada no mapa, mais alta será a estabilidade do ambiente onde se insere. Por outro lado, isso não isenta tais áreas de outros riscos ambientais, como é o caso das áreas planas e suavizadas, que estão sujeitas a inundação ocasional.

3 RESULTADOS

As características geomorfológicas, com tipos e formas das encostas, características dos solos, litologias e do clima, refletem a natureza e intensidade das limitações impostas pelo meio, exigindo maiores cuidados na execução das atividades produtivas e ocupação das terras na área. Estas características associadas aos aspectos morfoestruturais da área permitiram identificar os ambientes de acumulação e transporte e separar seis feições geomorfológicas, sendo elas, encostas do cristalino, onde se incluem as porções mais elevadas e íngremes da paisagem, encostas coluviais com colinas e morros ondulados, afloramentos de rocha, depósitos de tálus, planície fluvial, áreas suavizadas de terraço e o lago.

A planície fluvial apresenta relevo plano em quase toda a sua extensão e ocupa 6,25% da área,. Restrita entre o final da planície fluvial e início das encostas coluviais ocorre a área de terraço,

com relevo suave ondulado, ocupando 2,85% da área. Os afloramentos de rocha ocupam 12,98%, apresentam-se como enormes blocos salientes que se destacam na paisagem, sujeitos à esfoliação e sulcos onde fixa-se vegetação rasteira. Os depósitos de tálus ocorrem entre o sopé dos paredões rochosos e início das encostas colúviais, ocupam 2,18% da área. As encostas Íngrimes do cristalino ocupam 39,32%. As encostas colúviais 36,21% e o lago ocupa 0,18 % de área. A figura 1 mostra a distribuição das classes de vulnerabilidade..

CLASSE 1 – VULNERABILIDADE BAIXA (B)

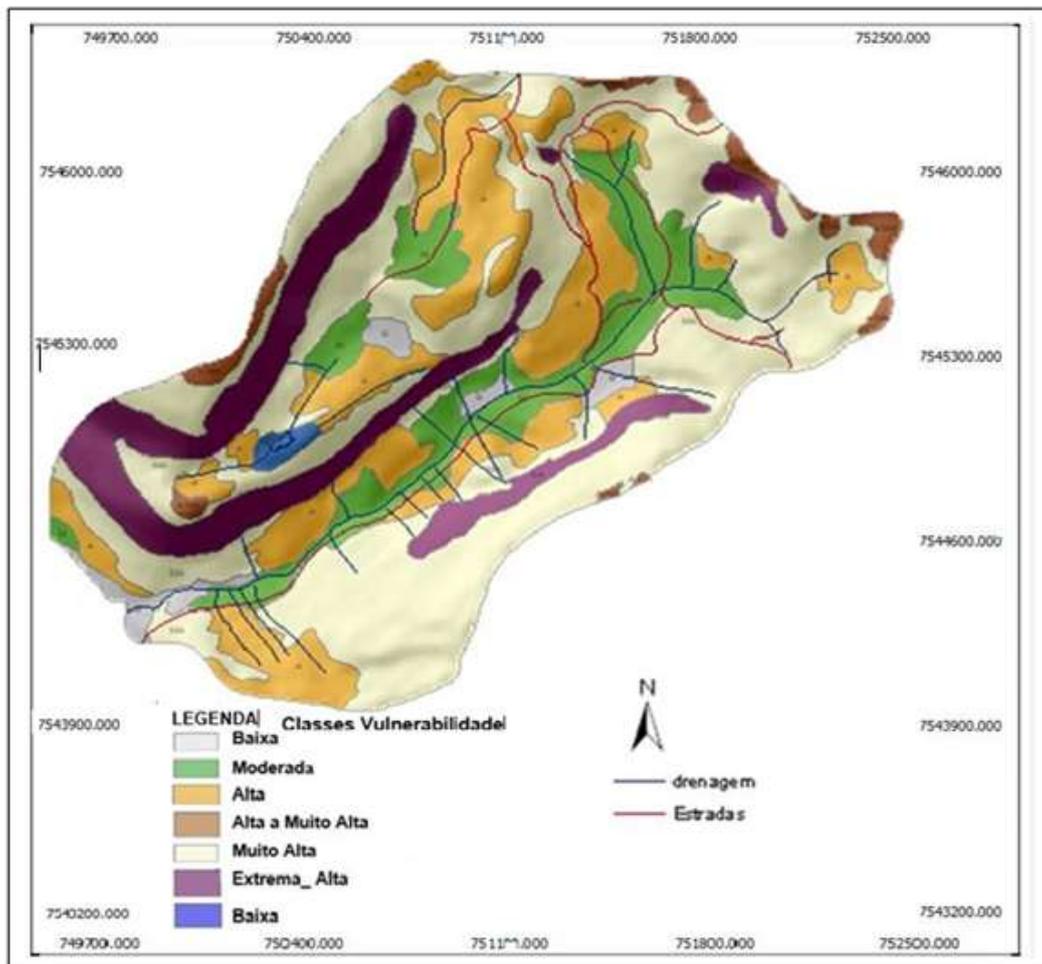
Vulnerabilidade baixa condicionada por risco ocasional de inundação e presença do lençol freático próximo a superfície. Compreende parte das terras baixas suavizadas, onde se inclui áreas suavizadas na paisagem de alvéolos intermontanos e terraços, entulhadas por material deposicional, de natureza argilo-arenosa, com maior umidade e sujeita a menores riscos de inundações que as áreas planas de várzeas. São áreas que ocorrem ora margeando a planície de inundação do córrego Fonseca, ora constricta entre as elevações colúviais, com relevo suave ondulado e declives entre 3 a 8% e vegetação original de floresta tropical subperenifólia de várzea. Os solos predominantes são Cambissolo Háplico e Húmico seguido de Latossolo Vermelho Amarelo com horizonte A húmico restritos as áreas de alvéolos intermontanos e Gleissolo Háplico e Neossolo flúvico nas áreas de terraços. São de profundidade variada, drenagem moderada, e por vezes. Imperfeita, desenvolvidos de material sedimentar diverso e com melhores condições de fertilidade natural. São terras pouco suscetíveis à erosão, ocupadas com plantio de olerícolas diversas, fruticultura e capoeiras. Os alvéolos, por serem áreas de baixo gradiente, possibilitam a formação de terraços fluviais deposicionais, caracterizados como áreas de parada temporária dos clásticos. Os riscos de inundação em algumas glebas é a principal limitação, embora esse risco é bem menor que nas áreas de várzeas. No manejo desse compartimento, cuidados devem ser tomados no que diz respeito ao encharcamento do solo, durante as chuvas, devido à pequena inclinação do terreno e com relação aos riscos de contaminação de corpos d'água, por agrotóxicos ou por dejetos humanos e de animais. Essa classe ocorre em 2,83% da área.

CLASSE 2 – VULNERABILIDADE MODERADA (M)

Vulnerabilidade Moderada, condicionada pela presença de camada orgânica do solo, nível do lençol freático elevado em algumas épocas do ano e risco de inundação. Compreende parte das terras baixas, planas, com maior umidade e risco de inundação, encaixadas no fundo achatado do vale, que ocorrem margeando o canal de drenagem do córrego Fonseca, de relevo plano e declive de até 3%, sob vegetação original de floresta tropical subperenifólia de várzea. Nesse

compartmento os solos dominantes são Gleissolos Melânicos e Gleissolos Háplicos que ocorrem associados a Neossolos Flúvicos. São desenvolvidos de sedimentos provenientes de deposição orgânica e aluvial. São terras de suscetibilidade à erosão nula, com limitações por excesso de água e deficiência de aeração, propícias a sofrer inundações periódicas. Essa classe abrange também parte das terras com 8 a 14% de declividade, onde ocorrem Cambissolos Háplicos e Húmicos, seguidos de Latossolo Vermelho Amarelo com horizonte A moderado. Em menor proporção ocorrem Latossolo Vermelho Amarelo com horizonte A húmico, sob vegetação original de floresta tropical subperenifólia. A vulnerabilidade é condicionada pela declividade, forma do terreno, tipos de solos e textura, a suscetibilidade à erosão é ligeira. Encontram-se ocupados com reflorestamento, fruticultura, floresta tropical subperenifólia, Olerícolas e Pastagem. No manejo desses compartimentos, cuidados devem ser tomados no que diz respeito ao encharcamento do solo, durante as chuvas, devido à pequena inclinação do terreno e com relação aos riscos de contaminação de corpos d'água, por agrotóxicos ou por dejetos humanos e de animais. Essa classe ocorre em 16,05% da área.

Figura 1 - Distribuição espacial das classes de vulnerabilidade ambiental.



Fonte: Preparado pelo autor.

CLASSE 3 – VULNERABILIDADE ALTA (A)

Vulnerabilidade alta, condicionada por declividade, forma do terreno, tipos e textura dos solos, ligeira rochosidade e pedregosidade. Compreende parte das terras altas, onde se inclui áreas de colinas e morros baixos, de relevo ondulado, declives de 14 a 20%, áreas de depósito de tálus e pequenas áreas de topos aplainados com declives de 8 a 14%, sob vegetação original de floresta subperenifólia, atualmente com poucos remanescentes. Os solos predominantes são Cambissolos Háplicos e Húmicos, seguidos de Latossolo Vermelho Amarelo com horizonte A moderado. Em menor proporção ocorrem Latossolo Vermelho Amarelo com horizonte A húmico. Em posições localizadas ocorrem solos fase rochosa. Nas áreas de depósito de tálus ocorrem solos com drenagem imperfeita. Onde os solos são menos profundos pode ocorrer matacões e afloramentos de rocha, verificando ainda, a presença de contato lítico no perfil de solo. Estas terras apresentam moderada a forte susceptibilidade à erosão e encontram-se ocupadas com reflorestamento de eucalipto, fruticultura, floresta tropical subperenifólia, pastagem natural e olerícolas. Essa classe ocorre em 24,60% da área.

CLASSE 4 - VULNERABILIDADE ALTA A MUITO ALTA (AMA)

Vulnerabilidade alta a muito alta, condicionada por relevo e declividade, espessura do solum, textura, moderada rochosidade e pedregosidade e posição delicada que ocupam na paisagem. Compreende parte das terras altas, onde ocorre áreas de colinas e morros de relevo ondulado e forte ondulado, com declives de 14 a 20% e de 20 a 30%, sob vegetação original de floresta tropical subperenifólia. Os solos predominantes são Cambissolos Háplicos e Húmicos, seguidos de Latossolo Vermelho Amarelo distróficos e ácidos, que ocorrem intercalados com solos pouco profundos e áreas de relevo ondulado, incluindo partes dos topos aplainados, que são considerados áreas de equilíbrio frágil, devido a posição delicada que ocupam na paisagem, sobrepondo os declives abruptos.

Nas áreas onde os solos são menos profundos, podem ocorrer matacões e afloramentos de rocha, verificando-se ainda a presença de contato lítico no perfil de solo e pequenas glebas de depósito de tálus. A posição na paisagem, o relevo e a ocorrência de solos de textura média/argilosa, conferem um maior grau de fragilidade a essa unidade. Estas terras apresentam forte susceptibilidade à erosão, devido principalmente ao relevo declivoso e às elevadas precipitações pluviométricas que incidem nessas áreas. A retirada da cobertura vegetal aliado às precipitações concentradas e abundantes no período chuvoso, pode provocar ravinamentos e até movimentos de massa de certa amplitude e inundações no restante da bacia. Embora apresentem condições de solos favoráveis ao uso agrícola, essas atividades não devem ser incentivadas. Práticas conservacionistas

devem ser adotadas para controle da erosão e preservação dessa unidade, estimulando a revegetação ou reflorestamento. Essa classe ocorre em 1,87% da área.

CLASSE 5- VULNERABILIDADE MUITO ALTA – MA

Vulnerabilidade muito alta, condicionada por relevo e declividade, espessura do solum, textura e pedregosidade áreas com depósito de tálus. Compreende parte das terras altas, onde ocorrem áreas com relevo forte ondulado, áreas de depósito de tálus e poucas ocorrências de afloramentos de rochas. São elevações com menor altitude do que as serras e praticamente desprovidas de afloramentos de rochas, inseridas na unidade geomorfológica encostas íngremes do cristalino, de relevo forte ondulado, com declives de 20 a 45%, sob vegetação original de floresta tropical subperenifólia. Os solos predominantes são Cambissolos Háplicos e Húmicos, seguidos de Latossolo Vermelho Amarelo com horizonte A moderado, Latossolo Vermelho Amarelo com horizonte A húmico e ocorrências de afloramento de rocha associados a Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos. O relevo forte ondulado, predomínio de solos de textura média, a suscetibilidade muito forte dos solos à erosão, são os principais fatores restritivos da classe. O principal risco é com a erosão acelerada com perda de horizonte A. A concentração e os índices de precipitação podem provocar grandes ravinamentos e até movimentos de massa de certa amplitude, com inundações no restante da bacia, caso seja retirada a cobertura vegetal ou feitos desmatamentos generalizados nessa unidade. Os riscos são agravados pela presença de solos rasos e condições de textura. Com essas condições, as culturas anuais apresentariam, com certeza, baixa rentabilidade em pequenas áreas de plantio. As culturas anuais exigem tratos culturais que expõem mais o solo aos processos erosivos. Encontram-se ocupadas com fruticultura, floresta natural pastagem natural e reflorestamento de eucalipto. Essa classe ocorre em 41,43% da área.

CLASSE 6 – VULNERABILIDADE EXTREMAMENTE ALTA

Vulnerabilidade extremamente alta, condicionada por relevo e declividade, espessura do solum e rochosidade abundante. Compreende parte das terras altas, inseridas na unidade geomorfológica afloramentos rochosos do pré-cambriano, são ecossistemas frágeis de relevo montanhoso e escarpado, declives maiores que 45%, com blocos rochosos salientes, escarpas ou encostas íngremes, intercalados com afloramentos de rocha, que ocorrem associados a solos Neossolos Litólicos e pequenas inclusões de Cambissolos Háplicos, nos quais predomina fragmentos de floresta rala e vegetação rupestre. Estas terras apresentam muito forte a extremamente forte susceptibilidade à erosão. São áreas frágeis de relevo muito declisovo, susceptíveis a violentas processos erosivos e movimentos de massa, risco de desagregação e queda de blocos de rocha,

devido a posição delicada que ocupam na paisagem. O principal risco é com a erosão acelerada, movimentos de massa e ocorrência de queda de blocos em função do deslocamento das rochas. A impermeabilidade do material rochoso, associados à rasa camada de cobertura e vegetação rupestre pouco densa, incrementam os processos geodinâmicos nestes locais. Os índices de precipitação podem provocar grandes ravinamentos, caso mantenha o solo descoberto ou seja retirada a pouca cobertura vegetal nessa unidade. Devido ao relevo, rochoso e solos rasos de pouca profundidade, este segmento não é propício ao uso agrícola, mas é de grande importância na captação das águas de chuvas e realimentação da bacia adjacente, assim como na manutenção de minadouros existentes no sopé da serra. Além de abranger ambientes que guardam características favoráveis para abrigar e preservar espécies animais e vegetais, particularmente devido à sua extensão. Encontram-se ocupadas com floresta rala, campo rupestre e reflorestamento de eucalipto. Essa classe ocorre em 12,96% da área.

A classe de vulnerabilidade nula ocorre em apenas 0,26% da área de estudo.

4 CONCLUSÕES

A análise integrada de variáveis e atributos do meio físico associada ao uso de SIG mostrou-se adequada ao estudo, revelando boa correlação entre a ocorrência de compartimentos mais frágeis e as classes de vulnerabilidade identificadas na área. Onde ocorrem relevo declivoso e íngreme, solo com textura média ou posição delicada na paisagem e menor grau de proteção da cobertura vegetal, estes se encaixaram nas classes de vulnerabilidade alta, muito alta ou extremamente alta. Os resultados alcançados mostram coerência com a realidade local e evidenciam o potencial da ferramenta na identificação de áreas mais vulneráveis à ocupação das terras e sujeitas a riscos como inundação e deslizamento de terras. Isso permite planejar o uso da área em função de suas limitações, para que as atividades agrícolas sejam executadas em consonância com o desenvolvimento sustentável e equilíbrio do meio.

REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). HidroWeb: Sistema de Informações Hidrológicas. 2007. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 10 jul. 2013.

BATJES, N. H.; BRIDGES, E. M. (Ed). Implementation of a soil degradation and vulnerability database for Central and Eastern Europeu (SOVEUR Project): proceedings of an international workshop (Wageningen, 1-3 October 1997). Rome: FAO; Wageningen: ISRIC, 2000. 89 p.

BIRKMANN, J.; Risk and vulnerability indicators at different scales: applicability usefulness and policy implications. *Environ Hazards*, v.7, n.1, p.20-31. 2007.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES COM (1999), Directions towards sustainable agriculture Brussels, 1999. Disponível em: <http://www.Europa.eu.int/comm/agriculture>. Acesso em: maio de 2002.

[http// www. Europa.eu.int/comm/agriculture](http://www.Europa.eu.int/comm/agriculture). Acesso em: maio de 2002.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES COM (2000), Indicadores da integração das preocupações de carácter ambiental na política agrícola comum. Disponível em: [http//www. Europa.eu.int/comm/agriculture](http://www.Europa.eu.int/comm/agriculture). Acesso em: maio de 2002.

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.; GUERRA, A. J. T.; CALDERANO S. B. Diagnóstico geoambiental da microbacia do Córrego Fonseca, para fins de planejamento em paisagens rurais montanhosas. *Geografia (Londrina)*, v22, n2. p 2. 117 – 138, maio/ago. 2013.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. (2001). Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: INPE. 2001.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI. 2006.

FAO 1993, (FESLM): An International Framework for Evaluating Sustainable Land Management. World Soil Resources. Report N^o 73. FAO, Rome, 74 p.

FAO. Mapping of soil and terrain vulnerability in Central and Eastern Europe: CD of SOVEUR project (Versão.1.0). Rome, 2000.

ISRIC & FAO Mapping of Soil and Terrain Vulnerability in Central and Eastern Europe. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) assisted by the Land and Water Development Division (AGL) of FAO. CD of SOVEUR project (Versão.1.0). 2000.

KLEIN R, J. T., NICHOLLS, R. J., RAGOONADEN, S., CAPOBIANCO, M., ASTON, J., BUCKLEY, E. N. Technological options for adaptation to climate change in coastal zones. *J Coastal Res*, v.17, p. 532-543. 2001.

LI, A.; WANG, A.; LIANG, S.; ZHOU, W. Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS – a case study in the upper reaches of Minjiang River, China. *Ecol Model*, v. 192, p. 175–187, 2006.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídios para estudos ambientais baseados em análise de multicritérios. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 de abril, p.2889-2906. INPE, 2007.

METZGER, M. J.; ROUNSEVELL, M. D. A.; ACOSTA-MICHLIK, L.; LEEMANS, R.; SCHOTER, D. The vulnerability of ecosystems services to land use change. *Agr, Ecosyst Environ*, v. 114, n. 1, p. 69-85, 2006.

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.

NOBRE, M. F.; GARCIA G. J. Avaliação de três diferentes métodos de análise para a determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio corumbataí (sp). *Revista Brasileira de Cartografia* No 62/02, 2010. (ISSN 0560-4613)

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: *Revista do Departamento de Geografia, São Paulo*, n.8, p.3-74, 1994.

SCHOTER, D.; METZGER, M. J.; CRAMER, W.; LEEMANS, R. Vulnerability assessment – analysing the human-environment system in the face of global environmental change. *ESS Bulletin*, v. 2, n. 2, p. 11-17, 2004.

TOMLIN, C.D. *Geographic Information systems and cartographic modeling*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 249 p., 1990.

ZHONG, C.; HE, Z.; LIU, S. Evaluation of ecoenvironmental stability based on GIS in Tibet, China. *Journal of Natural Sciences*, v. 10, n. 4, p. 653-658, 2005.

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. Rio de Janeiro, 1990. 86 p. Relatório técnico. Convênio Secretaria Estadual de Agricultura SEA-RJ/Emater-Rio/Embrapa Solos.