

MAPEAMENTO DE FEIÇÕES EROSIVAS E CICATRIZES DE ESCORREGAMENTO POR UNIDADES DE RELEVO NA SUB-BACIA DO RIO SANA (MACAÉ – RJ)

Urubatan Nery de Castro¹, Sara Regina de Araújo Neves², Luiz Fernando Tavares Cardoso da Silva³
Stella Peres Mendes⁴, Antonio Jose Teixeira Guerra⁵

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo mapear as feições erosivas e as cicatrizes de escorregamento a partir da análise e interpretação de imagens de sensoriamento remoto do satélite ALOS de 2008. No auxílio ao mapeamento das feições erosivas pela análise e interpretação das imagens foi feito um levantamento de campo, onde as feições e as cicatrizes foram identificadas. A área de estudo selecionada foi a Sub-bacia do rio Sana, localizada no município de Macaé - RJ. Por tratar-se de uma área de relevo escarpado com crescente intervenção humana, os problemas relacionados à degradação do solo se tornam preocupantes, tanto no sentido dos prejuízos humanos quanto materiais. O trabalho de mapeamento dessas feições e cicatrizes foi relacionado com as unidades de relevo compartimentadas dentro desta sub-bacia e com um mapa de uso e cobertura do solo, utilizando-se taxonomias condizentes com a escala 1:25.000.

Palavras-Chave: feições erosivas, uso e cobertura, unidades de relevo, ALOS, SIG.

ABSTRACT

This paper regards the mapping of erosion features, as well as landslide features, based on ALOS 2008, satellite images interpretation. Through field work we have managed to check the interpretation, as well as some erosion and landslides features were identified. The study area is the Sana drainage sub-basin, situated in Macaé municipality, Rio de Janeiro State. Because it is a mountainous area, with growing human settlement, problems related to land degradation are very worrying, causing both human and material damages. The work of mapping these erosion and landslide features was related to the relief units, within Sana sub-basin, together with a land use map, with classification, compatible to 1:25.000 scale.

Key Words: erosion features, land use and soil cover, relief units, ALOS, GIS

INTRODUÇÃO

A degradação dos solos constitui-se atualmente num grave problema para a agricultura e para o estabelecimento humano. Inúmeros estudos realizados ao longo da última década (Guerra & Mendonça, 2004; Netto & Sobreira, 2006; Lima, 2008a) têm apontado para

¹Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq do Lagesolos (Departamento de Geografia/UFRJ) - urubatan.nery@yahoo.com.br

²Bolsista de Iniciação Científica CNPq do Lagesolos (Departamento de Geografia/UFRJ) - sara.regina_geo@yahoo.com.br

³Bolsista de Iniciação Científica PIBIC do Lagesolos (Departamento de Geografia/UFRJ) - lftavares01@yahoo.com.br

⁴Doutoranda PPGG (UFRJ) - stellapmendes@yahoo.com.br

⁵Professor Associado da UFRJ e Coordenador do LAGESOLOS (Departamento de Geografia/UFRJ) - antoniotguerra@gmail.com

a ocorrência de processos erosivos no Brasil, associada com a ausência de um plano de manejo integrado, que leve em consideração as condições sócio-econômicas e as particularidades do meio físico. De acordo com Cunha & Guerra (2006), a erosão pode ocorrer com ou sem intervenção humana, o que provoca danos econômicos, sociais e, claro, ambientais. Quando ocorre sob forma de erosão linear, como ravinas e voçorocas, levam à destruição ou à inoperância de diversas atividades antrópicas, como estradas, dutos, pastagens e perda de área agrícola. Portanto, o diagnóstico e a recuperação das áreas degradadas, sejam estas por atividade humana ou eventos naturais, adquire importância frente à conservação ambiental e ao uso sustentável do solo.

Para Viles (1997, *in* Guerra *et al.*, 2003) a erosão dos solos é um processo natural que ocorre em diferentes tipos de terreno. Em gramíneas ou matas a erosão se dá de forma lenta e em aparente equilíbrio com a formação de solos, ao contrário das áreas de interferência direta do homem, onde a erosão assume caráter acelerado. Dessa forma, fica claro que a ação do homem geralmente acarreta agravantes ao processo erosivo e medidas que visam preservar o ambiente devem levar em consideração atividades sustentáveis de uso do solo.

A paisagem da sub-bacia hidrográfica do rio Sana, localizada no domínio de escarpas serranas da bacia do rio Macaé, no norte do estado do Rio de Janeiro, vem apresentando grande fragilidade ambiental, devido à degradação de suas encostas por conta do seu manejo inadequado ao longo dos anos (LIMA, 2008a). Apesar de ainda existirem remanescentes de floresta primária na região, esta apresenta um predomínio de uso antrópico, representado por pastos, lavouras, e por vegetação secundária, em diversos estágios de sucessão florestal. A ocupação humana sem planejamento, como ocorre no Sana, propicia o desenvolvimento de condições de alta energia no ecossistema, devido a mudanças nas características das formações superficiais, alterações hidrológicas causadas pelo desmatamento, que gera diminuição do tempo de concentração das águas e o aumento do deflúvio e pelas alterações além de redução acentuada, ao menos temporária, de permeabilidade de amplas áreas, favorecendo o início do processo erosivo (Guerra, 1999; Abu-Hamdeh *et al.*, 2006). Visando coibir a degradação crescente de uma região de consideráveis fragmentos de Mata Atlântica e com grandes atrativos ecoturísticos, em 2001 o governo municipal de Macaé transformou a área correspondente à sub-bacia do rio Sana em Área de Proteção Ambiental (APA). A criação da APA, entretanto, não foi suficiente para frear o desencadeamento de processos erosivos. Áreas destinadas à agropecuária são frequentemente marcadas pela presença de ravinas e voçorocas, originadas quando a capacidade de infiltração de água no solo se excede,

fazendo com que este passe a sofrer ação do escoamento superficial, dando origem à erosão em lençol. À medida que a velocidade do escoamento aumenta tem-se a formação das ravinas. Estas por sua vez podem aprofundar-se e alargar-se, dando origem a feições maiores que são as voçorocas, classificadas como feições de largura e profundidade maiores que 0,5 m (Morgan, 2005; Guerra, 2007). Guerra (2007) e Selby (1993 *in* Guerra, 2003) – ressaltam que as voçorocas são, muitas vezes, feições erosivas permanentes na paisagem e torna-se difícil seu controle e recuperação, quando chegam a esse estágio. Projetos de recuperação são mais fáceis e baratos de executar quando diagnosticados no início do processo erosivo.

Diante desta situação, faz-se necessário a ampliação da dinâmica evolutiva da paisagem e, conseqüentemente, dos seus processos erosivos, uma vez que estes possuem grande influência nas unidades de paisagem e que é conhecido que a ausência de conhecimento das inter-relações existentes entre os mecanismos que regem o equilíbrio dinâmico da paisagem ocasiona enormes perdas. Para que o quadro de degradação ambiental no Sana possa ser revertido, a identificação e compreensão dos fatores desencadeantes dos processos erosivos existentes, considerando o papel do relevo tem grande relevância, visto que, a geomorfologia assume um papel importante frente à representação espacial dos fenômenos envolvidos no relevo e na tomada de decisões sobre o planejamento do uso do solo (Argento, 2007 *in* Guerra e Cunha, 2007).

Sob este enfoque, é desenvolvida a pesquisa Dinâmica Geomorfológica no Sistema Encosta-Planície da bacia do rio Macaé (RJ) realizado pelo Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos – LAGESOLOS – a qual este trabalho faz parte. O mesmo tem como objetivo principal o mapeamento de feições erosivas e cicatrizes de deslizamentos em encostas na sub-bacia do rio Sana, visando compreender como a ocorrência destes processos encontra-se relacionada com o tipo de uso e cobertura da terra e com as unidades geomorfológicas presentes na área de estudo, procurando assim entender até que ponto a ação do homem altera a paisagem. Para o alcance deste objetivo mapeou-se e caracterizou-se o atual uso e cobertura da sub-bacia hidrográfica do rio Sana, identificou-se e mapearam-se as unidades de relevo encontradas na área de estudo, correlacionando-as com as feições erosivas e cicatrizes de deslizamentos mapeadas.

A identificação e compreensão dos fatores desencadeantes dos processos erosivos têm sido facilitadas com os avanços das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, uma vez que nos permitem fazer avaliações temporais e pontuais, quanto ao estado de degradação dos solos, possibilitando assim o mapeamento de erosões com muito mais

agilidade e em lugares de difícil acesso, gerando importante contribuição no estudo de erosão dos solos. Moraes Novo (1992, *in*, Barros, 2006) ressalta a relevância do geoprocessamento e do sensoriamento frente à temática ambiental, afirmando que “as imagens orbitais, principalmente, passaram a representar uma forma viável para o monitoramento ambiental em escalas locais, regionais e globais, tendo em vista a rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam”.

A aplicação das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto têm uma importância inegável no estudo geomorfológico. Considerando que este consiste na análise dos processos endógenos e exógenos que atuaram e/ou ainda atuam sobre o relevo imprimindo nesta sua forma atual, a oportunidade de uma visão conjunta do sistema geomorfológico proporcionada pelas imagens orbitais, fotografias aéreas e cartas topográficas facilita uma análise mais completa do modelado terrestre.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo - Esta pesquisa tem como região de estudo a sub-bacia hidrográfica do rio Sana (Fig. 1), localizada a oeste do município de Macaé, na região serrana, na vertente sul da Serra do Mar, fazendo divisa ao sul com o município de Casimiro de Abreu, com Nova Friburgo, a oeste, e Trajano de Moraes, a noroeste (Assumpção & Marçal, 2006). Sua cobertura florestal é caracterizada como Floresta Ombrófila Densa (Macaé, mimeo).

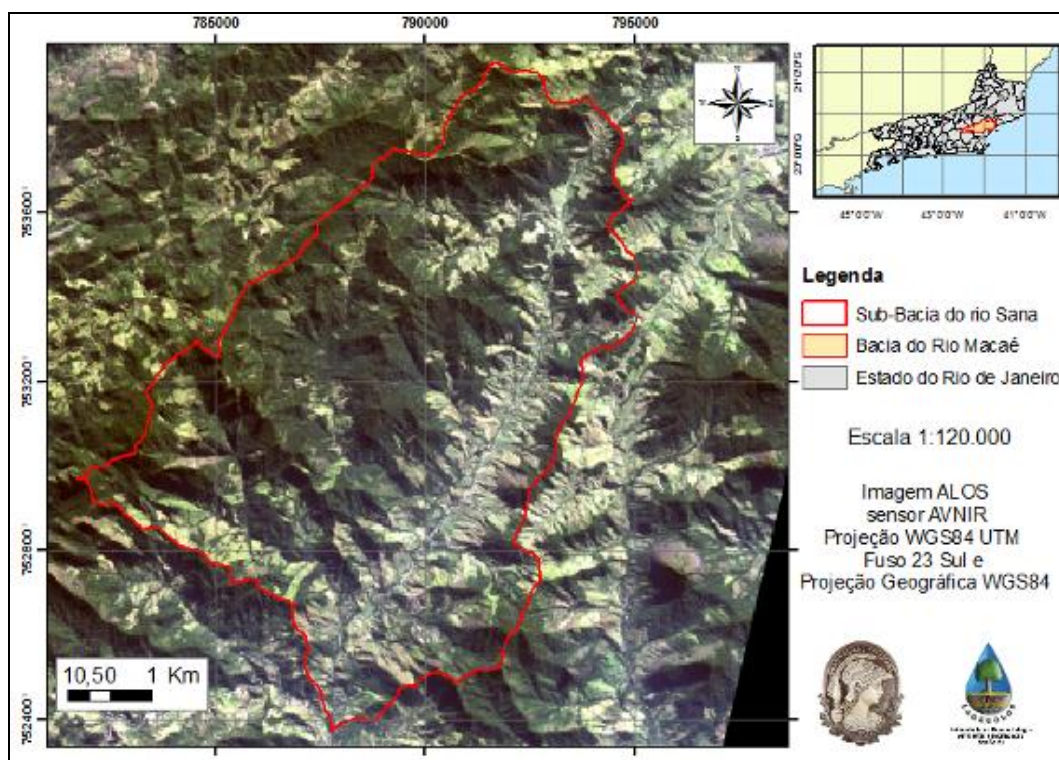


Figura 1: Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica do rio Sana.

A sub-bacia do Sana é considerada uma bacia de 5ª ordem, de acordo com a hierarquização de Strahler (1957), e seus limites coincidem com os da APA do Sana, criada pela Lei Municipal 2.172 de 30 de novembro de 2001, abrangendo uma área de 118,02 km² e uma amplitude altimétrica de 1.500 m aproximadamente (Assumpção & Marçal, 2006).

Na área da bacia do rio Macaé, as principais unidades morfoestruturais de relevo são o domínio do Cinturão Orogênico do Atlântico e o da Bacia Sedimentar Cenozóica (Dantas, 2001). Em cada domínio morfoestrutural existem diferentes domínios morfoesculturais, que incluem escarpas serranas, maciços costeiros e alcalinos, superfícies aplainadas litorâneas, planaltos residuais, depressões interplanálticas, tabuleiros, planícies aluviais, flúvio-lagunares, flúvio-marinhas e planície costeira.

O Sana encontra-se em meio ao domínio morfoescultural de escarpas serranas dentro de uma unidade geomorfológica também denominada de escarpas serranas, mais especificamente a Serra do Mar, com ocorrência de colúvios e depósitos de tálus, solos rasos e afloramentos de rocha. Segundo Silva (2001, *in* Moté, 2008). A sub-bacia estudada está contida em duas principais unidades litológicas aflorantes na bacia do rio Macaé: a Suíte Desengano e o Granito Sana. A Suíte Desengano está localizada principalmente na porção noroeste da bacia do rio Sana, e pertence ao episódio orogênico Brasileiro III inserida nos paragneisses pelíticos e grauvaqueanos do Complexo Paraíba do Sul. O Granito Sana é um granitóide pós-tectônico predominantemente leucocrático datado do Pré-Cambriano Superior que possui coloração cinza clara esbranquiçada a branca, granulação fina a média e textura microfanerítica, com a presença de biotita e muscovita. (Mello, 1996, *in* Moté, 2008; Silva, 2001, *in* Moté, 2008). Esta unidade possui pouca expressividade quanto à distribuição espacial, sendo concentrada na bacia do rio Sana e apresentando algumas porções no alto curso da bacia do rio Macaé.

Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra - o mapeamento da cobertura da terra foi feito a partir de uma cena do sensor AVNIR-2, imageada em 18 de abril de 2009, e com a utilização dos *softwares* SPRING 5.1 e ARCGIS 9.3. Este sensor possui quatro bandas espectrais, equivalentes ao azul, verde, vermelho e infravermelho próximo, tendo resolução espacial de 10 m e radiométrica de 8 bits, fatores que possibilitaram a realização do trabalho numa escala 1:25.000.

Dentre os diferentes métodos de classificação, optou-se pela realização de uma classificação semi-automática. Tendo sido definido as classes, feito o treinamento e a

segmentação (Fig. 2) a imagem foi classificada com o classificador Battacharya (Fig. 3), que mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais (Tutorial do SPRING, 2009). Anteriormente à classificação, foi realizado um trabalho de campo que permitiu a minimização de dúvidas e a validação do mapeamento final. Após a validação em campo foram realizados ajustes e edições finais no *software* ArcGis 9.3.

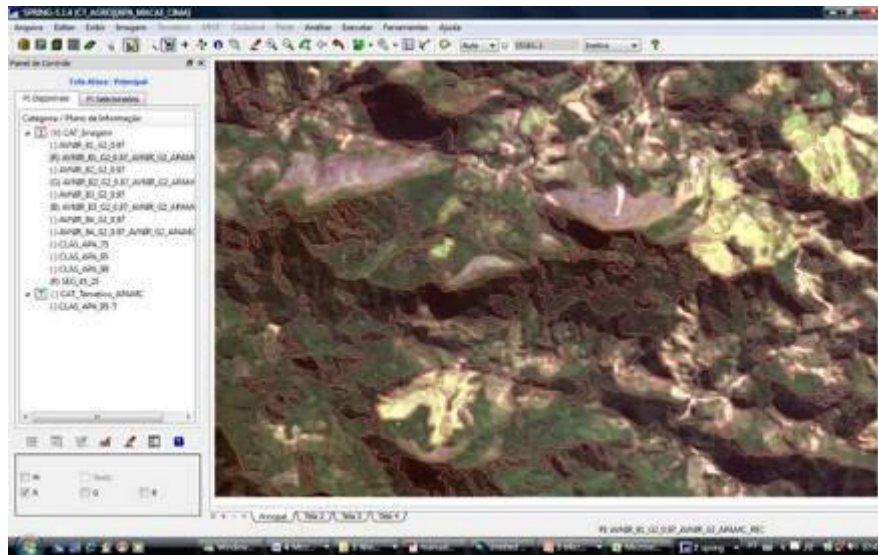


Figura 2 – Segmentação da imagem ALOS

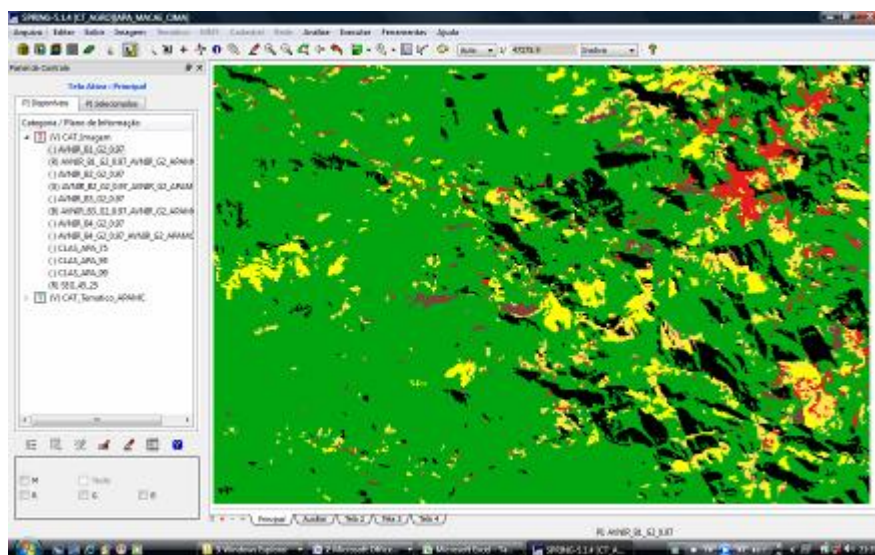


Figura 3 – Classificação semi-automática gerada pelo SPRING.

Mapeamento Geomorfológico - para a confecção do mapa de unidades de relevo utilizou o mapeamento geomorfológico feito previamente por Lima (2008b) para a bacia hidrográfica do Rio Macaé, na escala de 1:50.000, que abrange a área de estudo em sua totalidade,

detalhando-o, para que fosse possível alcançar a escala de trabalho de 1:25.000. Este detalhamento se deu a partir da sobreposição do mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Macaé a cenas das imagens de satélite ALOS, provenientes do sensor PRISM no software ArcGis 9.3. O sensor PRISM possui alta resolução espacial (2,5 m), uma banda pancromática (com comprimentos de onda entre 0,52 e 0,77 microns) e resolução radiométrica também de 8 bits.

No mapeamento realizado por Lima (2008a), foram delimitadas quatro unidades geomorfológicas para a área de estudo: planícies fluviais, escarpas serranas, escarpas reafeiçoadas e colinas dissecadas (Tab. 1). No mapeamento de 1:25.000 mantiveram-se estas unidades, pois foram consideradas adequadas para a realidade estudada, sendo apenas melhor detalhadas.

Unidades de Relevô	Amplitude Topográfica	Gradiente das Vertentes	Forma das Vertentes	Densidade de Drenagem	Padrão de Drenagem
Escarpas Serranas	superior a 400m	elevado	retilínea a côncava, por vezes escarpadas	muito alta	variável (dendrítico ou paralelo a treliça ou retangular)
Escarpas Reafeiçoadas	entre 200 e 400m	médio a elevado	retilínea a côncava, por vezes escarpadas	média a alta	variável (dendrítico a treliça ou retangular)
Colinas Dissecadas	entre 100 e 200m	suave a médio	convexo-côncava ou retilínea a côncava	média a alta	variável (dendrítico a treliça ou retangular)
Planície Fluvial	variável	praticamente nulo	superfícies sub-horizontais		terrenos bem a mal drenados

Tabela 1 – Principais características das unidades de relevo encontradas na APA Macaé de Cima. Adaptado de Lima (2008b).

Mapeamento das feições erosivas e cicatrizes de deslizamento - para a realização do mapeamento de feições erosivas e das cicatrizes de deslizamento tentou-se identificar e delimitar as feições apenas na imagem tirada pelo sensor PRISM do satélite ALOS, para posteriormente conferi-las em campo. Entretanto, mesmo com a alta resolução da imagem não foi possível o mapeamento preciso das áreas submetidas à degradação nos solos, sendo necessário um trabalho de campo e a utilização de ferramentas de apoio como Google Earth, para se alcançar o resultado esperado, uma vez que muitas feições e cicatrizes visíveis no Google Earth não são possíveis de serem visualizadas na referida imagem de satélite (Figs. 4 e 5). A dificuldade em visualizar as feições erosivas e/ou cicatrizes de deslizamento fez com que fosse reconsiderada sua delimitação de área.



Figura 4 – Feição visualizada no Google Earth

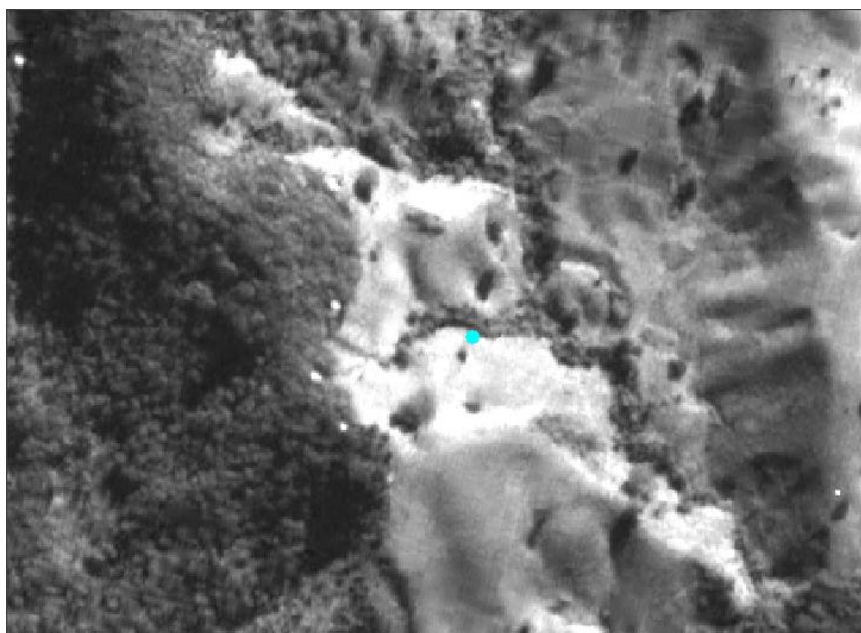


Figura 5 – A mesma feição não visualizada no sensor PRISM (ALOS).

Optou-se apenas pela identificação pontual da presença e da tipologia das feições, visto que delimitar a área comprometeria a precisão desejada da pesquisa. Uma vez identificadas, as feições erosivas e cicatrizes foram correlacionadas com as classes de uso e cobertura e as unidades de relevo a que pertencem, sendo verificadas as classes de uso e geomorfológica onde ocorre um predomínio de processos erosivos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da análise da localização dos diferentes focos de feições erosivas nos mapas de unidades geomorfológicas e do mapa de uso e cobertura do solo, constatou-se que há uma relação direta entre o tipo de uso/cobertura e a ocorrência de feições erosivas. Tal fato pôde ser observado primeiramente na imagem ALOS, onde estas feições estão localizadas, preferencialmente ao longo da área de ocupação humana, local este onde se dá a maior incidência das áreas desmatadas para pastagem.

Na imagem ALOS foram contabilizadas apenas seis feições erosivas (Fig. 6) – todas identificadas também em campo – resultado da possibilidade limitada de visualização na escala de cinza e resolução espacial de 2,5 m do sensor PRISM. Os pontos localizados no campo totalizaram 20 e também seguiram, quase sempre, os locais em torno da área de ocupação humana. A dificuldade em chegar aos locais mais distantes da bacia foi determinante para tal distribuição dessas feições encontradas no campo, já que uma varredura completa não foi possível devido à precariedade das poucas estradas existentes.

Com apoio no Google Earth 5.1, foram localizados 24 pontos de ocorrência de feições erosivas, sendo que quatro destes pontos foram localizados também na imagem ALOS e no campo, conforme exemplo mostrado nas figuras 8 e 9.

Somando as feições encontradas através da imagem ALOS, do campo e do Google Earth foram identificados 40 pontos em toda a sub-bacia do rio Sana. Sobrepondo estes pontos ao mapa de uso e cobertura foram encontrados apenas cinco pontos em áreas de florestas, enquanto os outros 35 estão associados às áreas de pastagem, ou seja o tipo específico de uso do solo para pastagem proporciona o aparecimento de feições erosivas, gerando a aceleração da degradação do solo.

O mapa de uso e cobertura revela que a área da sub-bacia do rio Sana encontra-se bem preservada, com 65,9 % de área ocupada por florestas e apenas 1,8 % de área urbana (Fig. 6).

Apesar deste grande percentual de floresta, a área ocupada pela pastagem representa 23,2 % da área total da bacia e situa-se em grande parte ao longo dos principais canais de drenagem.

O mapa geomorfológico (Fig. 7) apresentou grande predomínio das unidades de escarpas serranas, correspondendo estas a 82 % do total da área da bacia, seguidas pelas escarpas reafeiçoadas com 11,3 % da área. A maior parte das ocorrências de processos de degradação foi registrada, justamente no domínio predominante – escarpas serranas – com 20 pontos de incidência.

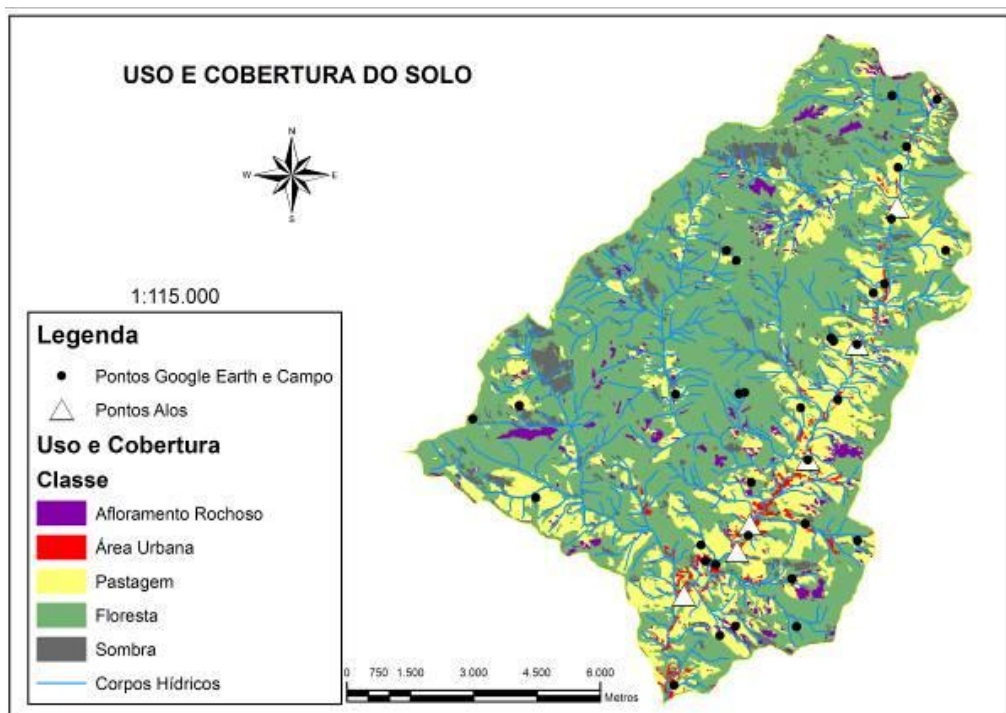


Figura 6 – Mapa de uso e cobertura do solo.

A segunda maior frequência de feições erosivas ocorreu no domínio da planície aluvial, onde foram encontradas 12 feições erosivas, porém com a ressalva de que este domínio representa apenas 3,58 % da área total da bacia; é nele também onde sita-se o principal eixo de ocupação antrópica, portanto constitui-se aí a área mais alterada. Tal fato reforça que a intervenção humana na paisagem causa sérios riscos ambientais.

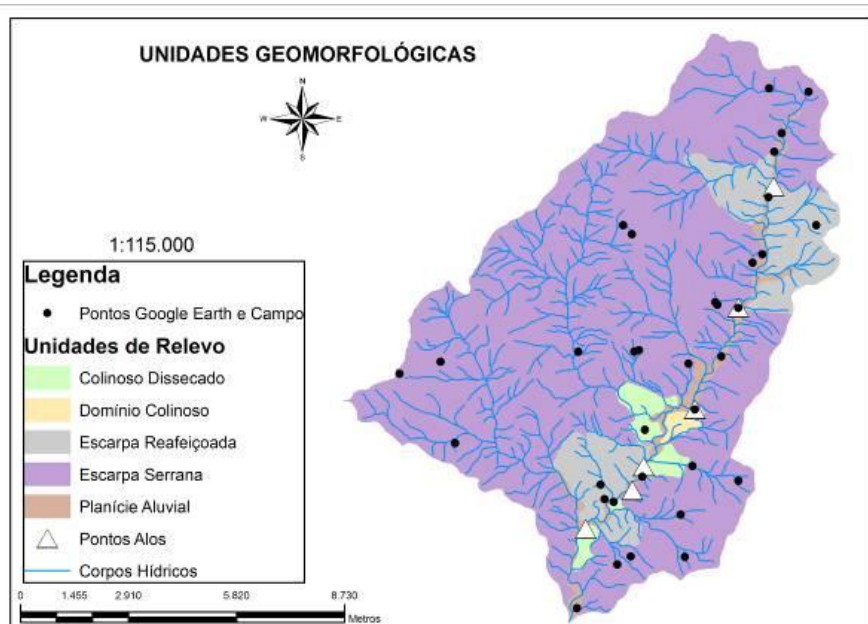


Figura 7 – mapa de unidades geomorfológicas.

Tabela 2 – Porcentagem da área de cada classe e ocorrência de pontos.

Áreas do Mapa de Uso e Cobertura		
Classes	Área (%)	Ocorrência de pontos
Afloramento rochoso	3,02	0
Área urbana	1,74	0
Pastagem	23,21	35
Floresta	65,99	5
Sombra	6,05	0
Total	100,00	40
Áreas do Mapa Geomorfológico		
Classes	Área (%)	Ocorrência de pontos
Planície Aluvial	3,58	12
Escarpa Serrana	82,06	20
Escarpa Reafeiçoada	11,33	3
Domínio Colinoso	0,56	2
Colinono Dissecado	2,47	3
Total	100,00	40

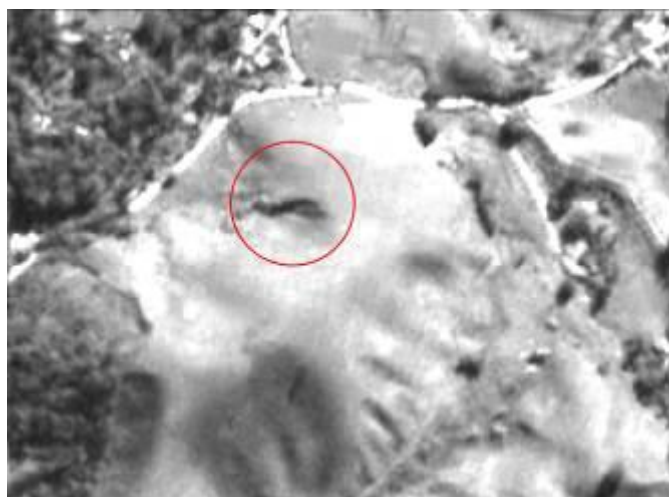


Figura 8 – Feição erosiva identificada no sensor PRISM (ALOS).



Figura 9 - Mesma feição erosiva identificada no Google Earth e sua foto no campo.

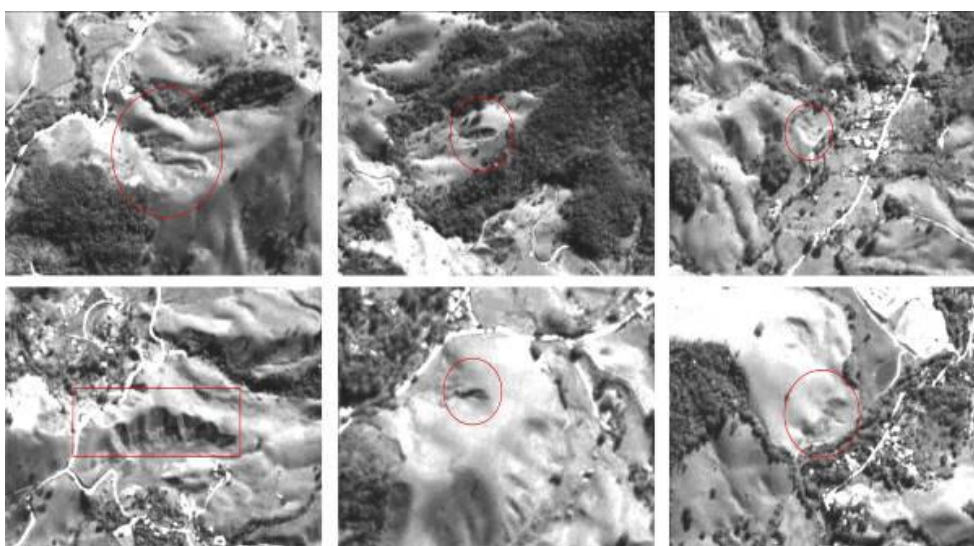


Figura10 – Feições identificadas no sensor PRISM (ALOS).

CONCLUSÕES

- 1- As imagens PRISM da ALOS, apesar de apresentarem uma boa resolução espacial (2,5m), não se mostraram satisfatórias para o reconhecimento visual das imagens.
- 2- Para a identificação dos pontos na referida imagem foi necessário o uso do software Google Earth 5.1, como ferramenta de apoio.
- 3- O trabalho de campo se mostrou indispensável para o reconhecimento e confirmação das áreas degradadas.
- 4- O trabalho de mapeamento de feições erosivas, através de imagens de satélite carece de uma metodologia padrão e tivemos que adotar um método empírico, ou seja,

utilizando mais o reconhecimento visual das feições em campo do que nas próprias imagens.

- 5- As áreas de pasto concentraram 87,5 % dos pontos encontrados com feições erosivas, confirmando a hipótese de que essas áreas são as mais susceptíveis à erosão.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente ao apoio da FAPERJ e do CNPq pelo patrocínio e apoio. Agradecemos também ao laboratório LAGESOLOS (Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos) e aos mestrandos e doutorandos que nos orientaram neste trabalho assim como o professor coordenador do LAGESOLOS Antônio José Teixeira Guerra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-HAMDEH, AN. H., ABO-QUDAIS, S. A., OTHMAN, A. M. Effect of soil aggregate size on infiltration and erosion characteristics. *European Journal of Soil Science*, vol 57, p. 609-616, 2006.

ARGENTO, M. Mapeamento Geomorfológico. *In: GUERRA, A. J. T. et al. Geomorfologia – Uma atualização de bases e conceitos. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2007.*

ASSUMPÇÃO, A. P & MARÇAL, M. S. Anomalias de drenagem na sub-bacia hidrográfica do rio Sana (RJ). VI SINAGEO: Goiânia, vol. 2, p. 1-10, 2006.

BARROS, R. S. de. Avaliação da altimetria de Modelos Digitais de Elevação obtidos a partir de sensores orbitais. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, p.15-20, 2006.

DANTAS, M. E. Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro. Brasília: CPRM, 2001.

DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A. I. de M.; SILVA, C. R. da; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J. F.; CALDERANO, S. B.; CARVALHO FILHO, A. de. Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. *In: OFICINA INTERNACIONAL DE ORDENAMENTO TERRITORIAL MINEIRO - CYTED (Ciencia y Tecnologia para el*

Desarrollo Cooperacion IberoAmericana),1., 25 a 28 Abr., Rio de Janeiro, CD-ROM, Sessão 4, 35 p., 2005.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo (Cap. 1). *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1999.

GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental (Cap. 6). *In*: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (orgs.). A questão ambiental – diferentes abordagens. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2003.

GUERRA, A. J. T & MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. *In*: VITTE, A. C. & GUERRA, A. J. T. (orgs.). Reflexões sobre Geografia Física do Brasil. Bertrand Brasil, p. 225:256, 2004.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. Degradação Ambiental (Cap. 7). *In*: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (orgs.). Geomorfologia e Meio Ambiente. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2006.

GUERRA, A. J. T. & MARÇAL, M. S. Geomorfologia Ambiental. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 192 p., 2006.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas (Cap. 4). *In*: GUERRA, A. J. T. *et al.* Geomorfologia – Uma atualização de bases e conceitos. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2007.

LIMA, L.D.M. Susceptibilidade à erosão dos solos nas sub-bacias do médio e alto cursos da bacia do rio Macaé. Dissertação de Mestrado submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro – RJ, 116 p, 2008a.

LIMA, R. N. S. Classificação dos estilos fluviais na bacia do rio São Pedro – Uma abordagem geomorfológica ao planejamento dos recursos hídricos. Monografia de Conclusão de Curso, Departamento de Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro – RJ, 36 p., 2008b.

MACAÉ, (mimeo). Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Sana – Fase 1. Macaé: ONG Viva Rio, 2003.

MELLO, C. S. B. de. A Contribuição da Geologia e da Geoquímica na Avaliação Ambiental e no Prognóstico da Qualidade de Água de Abastecimento do Rio Macaé, RJ. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, pp. 3-20, 1996.

MOTÉ, F. de O. Definição de Unidades de Paisagem na Bacia do Rio Macaé (RJ) como Proposta Metodológica ao Planejamento Ambiental. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, pp. 25-26, 2008.

NETTO, M. M. ; SOBREIRA, F. G. . Os Processos Erosivos Lineares da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Carioca, Itabirito/MG e seus Condicionantes Principais: Observações Preliminares. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 7, p. 13-21, 2006.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas (Cap. 2). *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1999.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed Geomorphology. Amer. Geoph. Union, v.38, p. 913-920, 1957.