

Análise de Condicionantes Morfométricos na Ocorrência de Feições Erosivas Lineares Desconectadas, Município de Volta Redonda (RJ)

Samira Tavares Pinto, Carine Fonseca Lopes, Maria Naíse de Oliveira Peixoto, Josilda Rodrigues da Silva de Moura e Julio Antunes Pereira⁴

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ, Departamento de Geografia, e-mail: **samiratavares@uol.com.br**

² Graduanda em Geografia da UFRJ, estagiária vinculada ao NEQUAT (Núcleo de Estudos do Quaternário e Tecnógeno/UFRJ), e-mail: **carine.fl@hotmail.com**

³ Professoras Adjuntas do Departamento de Geografia, UFRJ, e-mails: **naise@ufrj.br; josildamoura@gmail.com**

⁴ Graduando em Geografia da UFRJ, Bolsista PIBIC/UFRJ vinculado ao NEQUAT (Núcleo de Estudos do Quaternário e Tecnógeno/UFRJ), e-mail: **julio_antunes_jap@hotmail.com**

ABSTRACT

The work presents partial results of morphometric analysis of disconnected rills/gullies at Volta Redonda municipality, Rio de Janeiro State, Brazil. Linear incisions were mapped on digital photos (1:5.000 scale, 1999) and *Quickbird* images (1:10.000 scale, 2004), and Digital Elevation Model (DEM) were generated from contour lines at 1:5.000 scale, using Arc Gis, used to obtain a slope map. Points at rill/gully heads were plotted and contribution area were measured using the contour lines of digital topographic maps, which were plotted with slope measures in graphics. Geomorphic components (hollow, nose, side slope / head slope) and amphitheater headwater tipology (Moura *et al.*, 1991a) were also identified for each incision mapped. The results show high variability of area/slope relationship, indicating different conditions of rills/gullies triggering and so of critical thresholds.

Key-words: slope morphometry; rill/gully erosion; Digital Elevation Model (DEM).

RESUMO

O trabalho apresenta os resultados parciais obtidos no estudo dos controles morfométricos de incisões erosivas desconectadas da rede de drenagem mapeadas no município de Volta Redonda (RJ), buscando contribuir para a compreensão da dinâmica dos processos erosivos atuantes na região e suas relações com as transformações recentes nos sistemas e bacias de drenagem. Foram efetuados: o mapeamento de feições erosivas do tipo linear utilizando fotografias aéreas digitais ortorretificadas (1999, escala 1:5.000) e imagem de satélite *Quickbird* (2004, escala 1:10.000) da Prefeitura de Volta Redonda (PMVR/RJ) com seleção de incisões representativas e plotagem de pontos da cabeceira das incisões (total de 42 pontos); elaboração de Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir de base topográfica digital em escala 1:5.000 utilizando o *software* Arc Gis, e de mapa de declividade; obtenção da área de contribuição para os pontos plotados, a partir da base digital; e a análise dos segmentos geomórficos (*nose*, *hollow* e encosta lateral/frontal) e tipos de cabeceiras de drenagem (segundo Moura *et al.*, 1991a) com ocorrência das incisões erosivas. As análises efetuadas mostram uma elevada dispersão na distribuição dos pontos relativos ao início das incisões erosivas, indicando uma grande variabilidade de condições na relação entre área de contribuição e declividade para a ocorrência destas incisões. A maior incidência em cabeceiras do tipo HCP corrobora os dados já existentes para a região (Peixoto, 1993; Lessa *et al.*, 1995), e as observações de campo indicam que as condições locais de uso do solo e manejo podem definir situações de rompimento de limiares críticos para a iniciação das incisões erosivas do tipo linear analisadas.

Palavras-chave: morfometria de encostas; ravinas/voçorocas; Modelo Digital de Elevação(MDE)

1. Introdução

A investigação da dinâmica evolutiva quaternária de encostas e sistemas de drenagem desenvolvida no Núcleo de Estudos do Quaternário & Tecnógeno (NEQUAT/UFRJ), tem constituído base para o mapeamento e classificação de diferentes tipos de processos erosivos identificados na região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. A tipologia de feições erosivas elaborada por Castro *et al.* (2002), utilizada nos estudos em andamento, vem sendo aprimorada quanto aos critérios de reconhecimento e caracterização dos mecanismos, materiais e fenomenologia dos processos atuantes nos diferentes tipos de canais erosivos, aspecto fundamental para a apreensão do fenômeno em diferentes escalas.

Estudos realizados no município de Volta Redonda por Pinto (2006) avaliaram o comportamento evolutivo das feições erosivas ao longo das últimas quatro décadas (1960-1990), permitindo identificar alguns padrões de comportamento temporal e espacial para os diferentes tipos de feições reconhecidas. As feições erosivas desconectadas da drenagem identificadas como do tipo “linear” destacaram-se, nos mapeamentos efetuados, pela elevada frequência e grande variedade de dimensões e de situações de ocorrência, suscitando maiores investigações quanto aos seus condicionantes.

Em trabalhos anteriores, realizados no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, diversos parâmetros morfométricos relacionados às feições deposicionais quaternárias e ao esvaziamento dos fundos de vale foram analisados para cabeceiras e sub-bacias de drenagem, mostrando-se importantes para a definição de áreas propícias ao desencadeamento de voçorocas conectadas e desconectadas da rede de drenagem (Moura *et al.*, 1991b; 1992; Lessa *et al.*, 1995; Peixoto, 1993; Afonso, 1993; Iervolino, 1999). Vieira (2002) analisou a iniciação de canais relacionando-os aos parâmetros área de contribuição e a declividade, tendo em vista que estes definem as condições críticas para a iniciação de canais e, conseqüentemente, para a ocorrência de processos erosivos, como ravinas e voçorocas. No presente trabalho são apresentados resultados iniciais dos estudos em andamento sobre controles morfométricos de incisões erosivas desconectadas da rede de drenagem mapeadas no município de Volta Redonda (RJ) – figura 1 - buscando contribuir para a compreensão da dinâmica dos processos erosivos atuantes na região e suas relações com as transformações recentes nos sistemas e bacias de drenagem.

O município de Volta Redonda está localizado na Depressão Tectônica do Médio Vale do Paraíba do Sul fluminense. A região teve seu início de ocupação com a cultura cafeeira, durante a segunda metade do século XIX, que após seu declínio foi substituída por pastagens, levando a uma intensa degradação dos solos. Após a implantação da Rodovia

Presidente Dutra (BR-116) e da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em Volta Redonda, a partir da década de 1940, verifica-se intensa expansão urbana na região. As análises efetuadas referem-se a feições erosivas situadas em duas bacias afluentes do rio Paraíba do Sul, abrangendo as porções norte e sul do município.

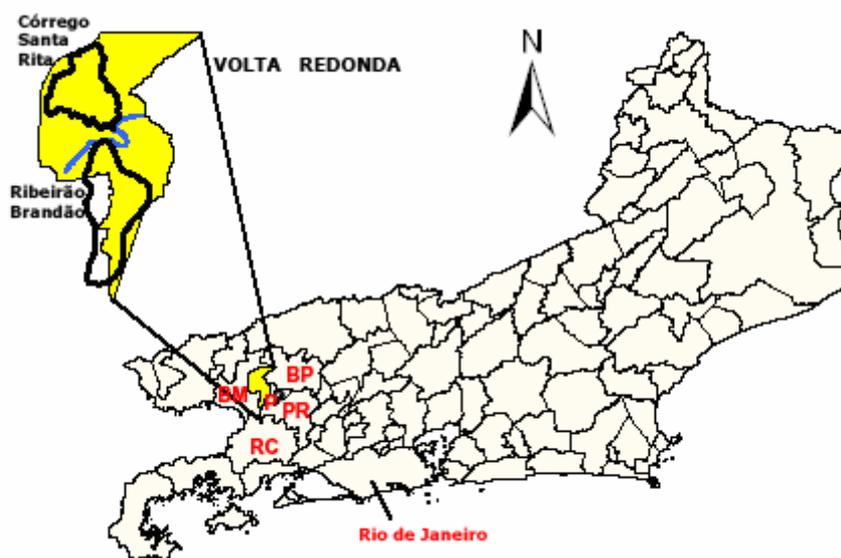


Figura 1: Localização do município de Volta Redonda (RJ), e das bacias de drenagem analisadas. BP- Barra do Pirai; BM – Barra Mansa; P – Pinheiral; PR - Pirai; RC – Rio Claro (municípios limítrofes).

2. Materiais e Métodos

A erosão por ravinas e voçorocas é causada por vários mecanismos que atuam em diferentes escalas temporais e espaciais, todos derivando de rotas tomadas pelos fluxos de água, que podem ocorrer na superfície ou em subsuperfície (Coelho Netto, 1998). Diversas pesquisas sobre os processos e a morfologia das feições erosivas canalizadas (Patton e Schumm, 1975; Imeson e Kwaad, 1980; Poesen *et al.*, 2003, entre outros) têm se pautado no reconhecimento da ampla variedade de formas e mecanismos de erosão e das condições ambientais de ocorrência. Vandaele *et al.* (1996) buscaram avaliar a iniciação e localização de voçorocas classificadas como efêmeras, focando a relação entre área de drenagem ou área de contribuição a montante (na cabeceira da incisão) e o gradiente crítico da encosta (medido imediatamente a montante da cabeceira da incisão). Para os autores, a relação entre gradiente crítico e área de contribuição pode ser representada em um modelo simples de iniciação de canal por fluxo superficial, passível de uso na identificação de locais potencialmente instáveis, onde medidas de controle devem ser tomadas.

As voçorocas efêmeras assemelham-se a um conjunto considerável de feições erosivas desconectadas do tipo linear mapeadas na região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (Salgado, 2004; Pinto, 2006, Barros *et al.*, 2007), configurando uma possível fonte de sedimentos para a rede de drenagem. Destacam-se em áreas sob manejo agrícola ou de pastos abandonados e campos sujos, tanto em áreas rurais como urbanas, sendo comum sua iniciação em eixos de cabeceiras de drenagem em anfiteatro ou em encostas retilíneas, apresentando morfologia estreita e alongada, freqüentemente como incisões descontínuas de profundidade variável (figura 2). Pelas suas características geométricas, elevada freqüência e distribuição disseminada, representam um elemento importante de investigação quanto ao papel das variáveis topográficas, uma vez que podem contribuir para a alimentação de outros canais erosivos, desconectados ou conectados à drenagem, e evoluir para incisões erosivas de maiores dimensões e difícil controle.

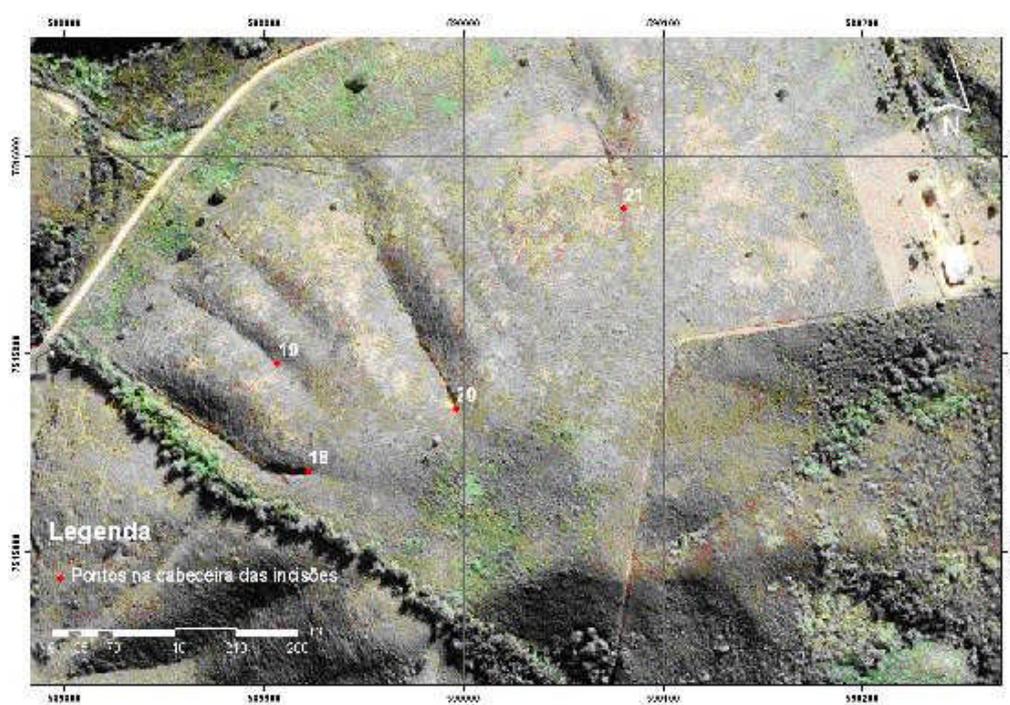
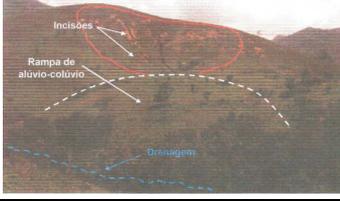
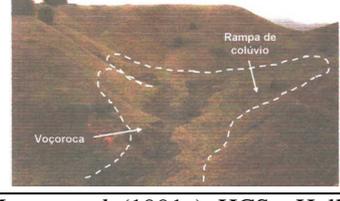


Figura 2: Incisões erosivas lineares da bacia de Santa Rita, no município de Volta Redonda (RJ). A numeração visualizada refere-se às incisões erosivas descritas nas Tabelas 1 e 2.

A área de contribuição e o gradiente das encostas destacam-se como parâmetros morfométricos de encostas amplamente utilizados para prever a iniciação, localização e perda do solos causada por processos erosivos canalizados em função do seu papel na definição de condições de concentração do escoamento, magnitude e duração suficientes para iniciar e

sustentar o destacamento e remoção de materiais (Vandaele *et al.*, 1996). A área de contribuição é empregada para inferir a vazão do escoamento em áreas onde domina o fluxo hortoniano, considerando-se um aumento proporcional em relação à área da bacia.

No Médio Vale do rio Paraíba do Sul as cabeceiras de drenagem correspondem aos primeiros formadores da rede de drenagem, constituindo a extensão direta da nascente dos canais fluviais de primeira ordem ou tributários laterais de fluxos canalizados de qualquer nível hierárquico (Peixoto, 1993). Eventos erosivos/deposicionais ocorridos na evolução da paisagem regional refletem-se em diferentes padrões evolutivos de cabeceiras de drenagem em anfiteatro, sintetizados no quadro 1.

Tipos	Sub-Tipos	Descrição	Visualização
HC <i>hollow</i> côncavo	HCA	Articulação entre o eixo principal da cabeceira de drenagem com o nível de base da drenagem atual. Evolução associada a movimentos de massa e/ou ao esvaziamento de cabeceiras entulhadas devido ao reencaixamento da drenagem.	
	HCS	Desarticulados em relação ao nível de base da drenagem atual, devido à sedimentação dos fundos de vale ou por não terem sido atingidas pelo reencaixamento da drenagem.	
	HCS _e	Formas cônicas embutidas em segmentos de alta encosta, resultantes de movimentos de massa e/ou voçorocas, controlados por níveis de base locais.	
HCP <i>hollow</i> côncavo-plano	HCP	Ruptura brusca entre as encostas laterais e a reentrância plana, horizontal a subhorizontal, resultante do entulhamento de paleocanais erosivos por materiais alúvio colúviais (rampas de alúvio-colúvio).	
	HCP _r	Ruptura suavizada entre as encostas laterais e a reentrância plana, devido ao reafeiçoamento parcial por coberturas colúviais.	

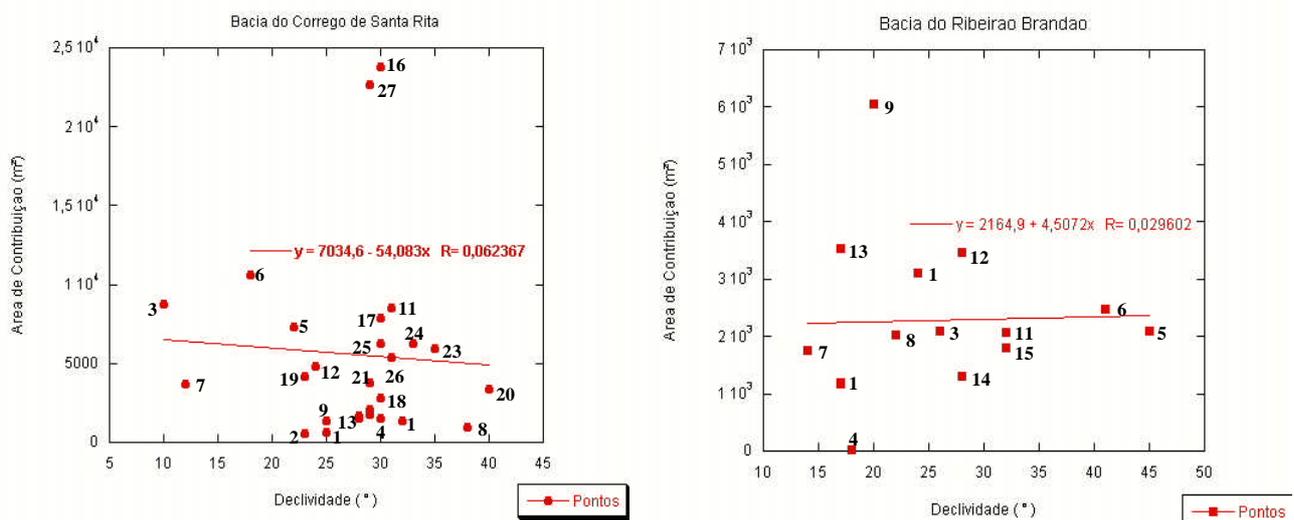
Quadro 1: Tipologia de Cabeceiras de Drenagem em Anfiteatro segundo Moura *et al.* (1991a). HCS_e: Hollow Côncavo Suspenso embutido; HCP: Hollow Côncavo Plano; HCP_r: Hollow Côncavo Plano Reafeiçoado.

Os procedimentos e materiais utilizados para o desenvolvimento do estudo foram:

- Mapeamento de feições erosivas do tipo linear utilizando fotografias aéreas digitais ortorretificadas (1999, escala 1:5.000) e imagem de satélite *Quickbird* (2004, escala 1:10.000), cedidas pela Prefeitura de Volta Redonda (PMVR/RJ); seleção de incisões representativas nas bacias analisadas (total de 27 em Santa Rita e 15 no Ribeirão Brandão), com plotagem de pontos na cabeceira das incisões (total de 42 pontos).
- Elaboração de Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir de base digital de curvas de nível em escala 1:5.000 (PMVR/RJ), utilizando o *software Arc Gis*, compreendendo: junção das curvas de nível separadas em blocos, limpeza e edição dos pontos cotados, junção das bases de pontos cotados, criação do TIN, e conversão do TIN para RASTER; elaboração de mapa de declividade utilizando a extensão **3D Analyst**.
- Obtenção da área de contribuição para os pontos plotados, identificando-se visualmente as áreas de contribuição a partir da base cartográfica digital; construção de gráficos utilizando o *software KaleidaGraph*.

3. Resultados

Os gráficos 1 e 2 apresentam separadamente os dados obtidos para as bacias córrego Santa Rita e Brandão, que no gráfico 3 estão apresentados em conjunto. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as principais características geomórficas das incisões erosivas analisadas, em relação aos segmentos geomórficos e tipologia de cabeceiras de drenagem, cuja quantificação encontra-se exposta nos gráficos 4 e 5.



Gráficos 1e 2: Relação entre área de contribuição e declividade para incisões lineares das bacias do córrego de Santa Rita e Ribeirão Brandão (Volta Redonda, RJ), com a identificação das incisões analisadas (vide Tabelas 1 e 2).

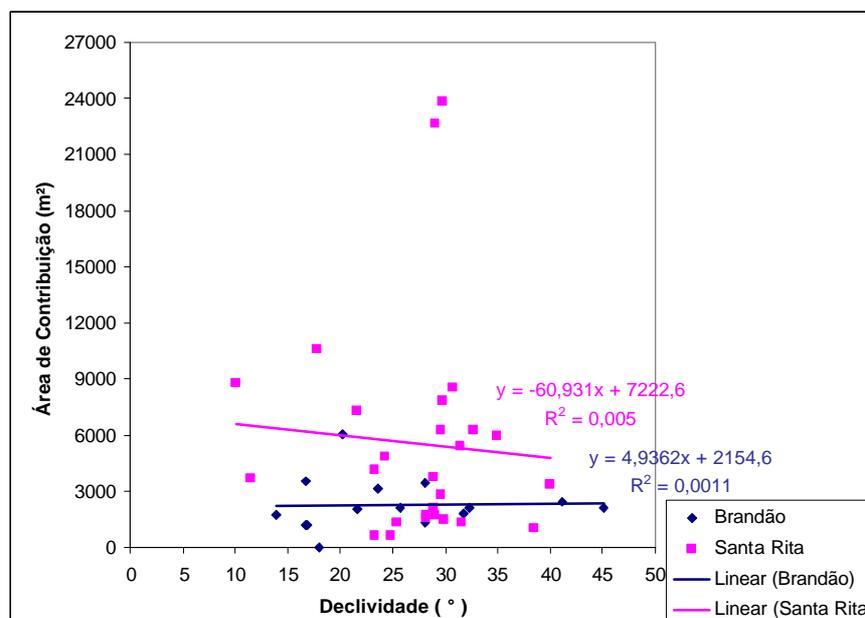


Gráfico 3: Equações de regressão linear e índices de correlação entre área de contribuição e declividade para incisões lineares das bacias do córrego de Santa Rita e Ribeirão Brandão (Volta Redonda, RJ).

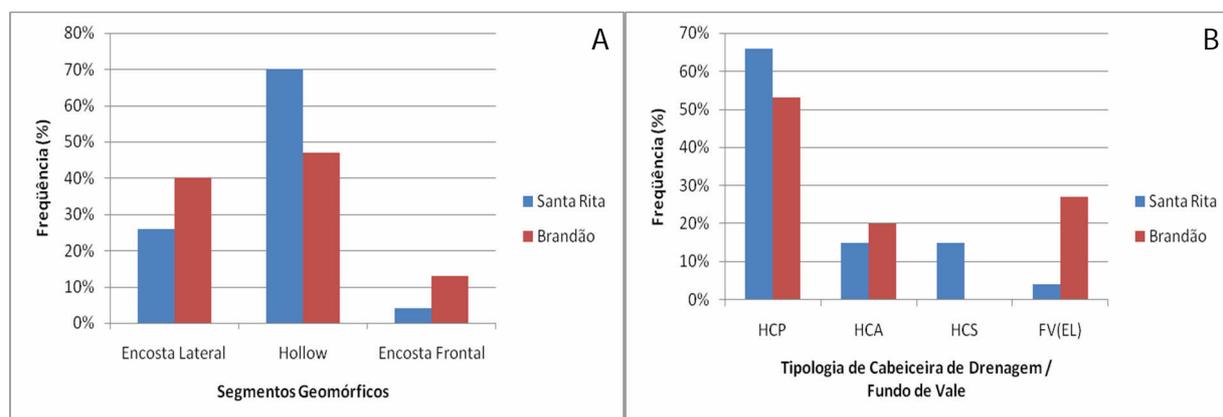
Observa-se, através dos gráficos, um baixo coeficiente de correlação entre estas variáveis, reflexo da grande dispersão verificada na distribuição dos dados. Observa-se, ainda, que na bacia do córrego Santa Rita é encontrada uma relação inversa (coeficiente angular negativo) entre as variáveis, corroborando o comportamento documentado em diferentes estudos já realizados, ou seja, uma relação inversa entre área de contribuição e gradiente para a iniciação de canais. Já na bacia do Ribeirão Brandão, verifica-se um coeficiente positivo, indicando um comportamento diferenciado.

Segundo Patton e Schumm (1975), a função obtida entre área de contribuição e a declividade medidas na cabeceira das incisões erosivas definiria um limiar crítico para o surgimento da incisão. Na bacia de Santa Rita, 56 % das incisões analisadas apresentam-se abaixo da linha que definiria um limiar crítico, sendo verificado percentual similar na bacia do ribeirão Brandão (60%).

Pelos gráficos 4 e 5 verifica-se uma considerável ocorrência de ravinhas/voçorocas em segmentos de *hollow*, tanto na bacia de Santa Rita (70%) quanto na bacia do Brandão (47%). Na bacia do Ribeirão Brandão é também significativa a ocorrência de incisões nos segmentos encosta lateral e frontal, enquanto no Santa Rita verifica-se uma frequência secundariamente relevante apenas nas encostas laterais (27%). Tal comportamento vincula-se ao papel da geometria dos *hollows* na convergência dos fluxos hídricos superficiais e

subsuperficiais, favorecendo a formação de canais (Oliveira *et al.*, 1985; Moura *et al.*, 1991b; Fernandes *et al.*, 1994; Oliveira, 1999; Pinto *et al.*, 2007; entre outros).

Observa-se que as incisões analisadas predominam em cabeceiras do tipo HCP (67% na bacia de Santa Rita e 53% no Ribeirão Brandão), caracterizados pela grande dissecação e elevado gradiente nas encostas lateral e frontal (onde geralmente aflora o embasamento cristalino alterado), em articulação abrupta com os *hollows* planos de baixa declividade. Entretanto, vale destacar que *hollows* côncavo-planos tributários ao eixo principal das cabeceiras entulhadas/esvaziadas (HCPs “de encosta”) podem apresentar gradientes razoavelmente elevados. Na bacia do Ribeirão Brandão também mostra-se significativa a inexistência de ocorrências em cabeceiras do tipo HCS e a vinculação especialmente marcante com cabeceiras e encostas associadas a fundos de vale esvaziados. A análise da ocorrência de incisões em condições de baixo gradiente e área de contribuição mostra uma associação com condições de compactação do solo por pisoteio do gado (caminhos de gado ou formação de terracetes) ou de erosão laminar acentuada.



Gráficos 4 e 5: Frequência de incisões erosivas nos segmentos geomórficos de encosta (A) e segundo a tipologia de cabeceira de drenagem em anfiteatro (B). HCP: Hollow Côncavo Plano; HCA: Hollow Côncavo Articulado; HCS: Hollow Côncavo Suspenso; FV (EL): Encosta Lateral associada a Fundo de Vale Esvaziado.

Córrego Santa Rita			
Feição Erosiva	Segmento Geomórfico	Tipologia de Cabeceira	Uso do Solo
1	encosta lateral	fundo de vale esvaziado	pasto
2	hollow	HCS	pasto; vala a montante
3	hollow	HCP em cabeceira esvaziada	pasto; trilha de gado
4	hollow		pasto
5	hollow	HCP	pasto; estrada e trilha de gado a jusante
6			
7	hollow	HCP de encosta	pasto; terracetes
8	encosta frontal	HCA associado a fundo de vale esvaziado	pasto; corte de estrada a montante
9	hollow pouco inciso em encosta retilínea	HCP de encosta / fundo de vale esvaziado	pasto; estrada a jusante
10	hollow pouco inciso em encosta convexa	HCP	pasto
11	hollow estreito	HCP de encosta / vale parcialmente esvaziado	pasto; trilhas de gado a jusante
12	hollow aberto		
13	encosta lateral	HCA	pasto; erosão laminar; mata a jusante
14			
15			
16	hollow estreito	HCS	pasto; estrada a jusante
17	hollow	HCP	pasto; estrada a jusante
18	hollow	HCP de encosta	pasto; estrada a jusante
19			
20			
21			
22	encosta lateral	HCP (?) HCSe (?)	pasto
23	encosta lateral	HCP esvaziado	pasto; terracetes
24			
25	hollow	HCP de encosta	pasto; edificação a montante
26	hollow	HCS (?)	pasto
27	hollow	HCS	

Ribeirão Brandão			
Feição Erosiva	Segmento Geomórfico	Tipologia de Cabeceira	Uso do Solo
1	hollow estreito e pouco inciso	fundo de vale esvaziado	pasto; estrada a montante / jusante
2			
3			
4	encosta lateral	fundo de vale esvaziado	pasto; trilhas de gado / caminho a montante
5	hollow	HCA esvaziado	erosão laminar / caminhos abandonados
6	encosta lateral da cabeceira	HCA esvaziada	
7	encosta lateral	HCP esvaziado	manejo para obras (gasoduto)
8	hollow pouco inciso de encosta convexa	HCA de fundo de vale esvaziado	erosão laminar
9	encosta lateral	HCP esvaziado	pasto; erosão laminar; caminhos de gado.
10			
11	encosta frontal	HCP esvaziado com brejo	pasto; erosão laminar no intreflúvio; trilha de gado
12	hollow		
13	hollow	HCP	pasto; erosão laminar e trilhas de gado a jusante
14	encosta lateral	HCP em esvaziamento	pasto; estrada a montante; erosão laminar; trilha de gado
15	encosta frontal	HCP	pasto; erosão laminar e trilha de gado a jusante

Tabelas 1e 2: Incisões erosivas analisadas nas bacias em estudo no município de Volta Redonda (RJ).

4. Conclusões

As análises efetuadas mostram uma elevada dispersão na distribuição dos pontos relativos ao início das incisões erosivas, indicando uma grande variabilidade de condições na relação entre área de contribuição e declividade para a ocorrência destas incisões. A maior incidência em cabeceiras do tipo HCP corrobora os dados já existentes para a região (Peixoto, 1993; Lessa *et al.*, 1995), e as observações de campo indicam que as condições locais de uso do solo e manejo podem definir situações de rompimento de limiares críticos para a iniciação das incisões erosivas do tipo linear analisadas.

É importante ressaltar que as medições de área de drenagem e gradiente na cabeceira da voçoroca podem apresentar consideráveis distorções, especialmente para feições erosivas antigas, uma vez que estas podem migrar para montante devido ao recuo da cabeceira da incisão, sendo por isso muito importante o seu acompanhamento no tempo. Por outro lado, mensurações do gradiente máximo da encosta na cabeceira da voçoroca podem ser realizadas em campo com clinômetro ótico (p. ex. Montgomery e Dietrich, 1988; Govers, 1991; Vandaele *et al.*, 1996) ou a partir de cartas topográficas (como em Patton e Schumm, 1975; Boardman, 1992), sendo mais empregados recentemente os Modelos Digitais de Elevação (MDEs) construídos por digitalização das linhas de contorno de mapas topográficos de grande escala, como em Vandaele *et al.* (1996), Desmet & Govers (1997) e Desmet *et al.* (1999). O estudo realizado evidencia a importância de utilização de MDEs em análises desta natureza, porém considera-se ainda necessário obter dados complementares a partir de mensurações e levantamentos de campo para assegurar a validade e possibilitar uma maior discussão dos resultados alcançados, de modo a contribuir para a avaliação dos controles morfométricos na ocorrência de incisões lineares.

5. Referências Bibliográficas

- AFONSO, A. E. (1993) Indicadores Morfométricos da Evolução de Sistemas de Drenagem na Região do Médio vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ). Dissertação de Mestrado, PPGG-IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, 121p.
- BARROS, S. C.; PINTO, S. T.; PEIXOTO, M.N.O. (2007) Identificação de Áreas de Retenção e Evasão de Sedimentos em Sub-bacias de Drenagem, Região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ) In: Anais do XI CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, Belém (PA). Belém, ABEQUA/UFPA.
- BOARDMAN, J. (1992) The current on the south Downs: implications for the past. In: M. Bell and J. Boardman (Editors), Past and Present Soil Erosion. Oxbow Monograph 22, Oxford, p.9-20.
- CASTRO, C. M.; MELLO, E. V.; PEIXOTO, M. N. O. (2002) Tipologia de processos erosivos canalizados e escorregamentos – proposta para avaliação de riscos geomorfológicos urbanos em Barra Mansa (RJ). Anuário do Instituto de Geociências. Rio de Janeiro, v. 25, p.11-25.

- COELHO NETTO, A.L. (1998) Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: Guerra, A. J. T. (Cord.). Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.93-144.
- DESMET, P.J.J.; GOVERS, G. (1997) Two-dimensional modelling of the within-field variation in rill and gully geometry and location related to topography. In: Catena 29, p. 283-306.
- DESMET, P.J.J., POESEN, J.; GOVERS, G.; VANDAELE, K. (1999) Importance of slope gradient and contributing área for optimal prediction of the initiation and trajectory of ephemeral gullies. Catena 37, p. 377-392.
- FERNANDES, N. F.; NETTO, A. L. C.; LACERDA, W. A. (1994) Subsurface Hydrology of Layered Colluvium Mantles in Unchannelled valleys - Southeastern Brazil. Earth Surface Processes and Landforms, v. 19, p. 609-626.
- GOVERS, G. (1991) Rill erosion on arable land in central Belgium: rates, controls and predictability. Catena, 18: p.133-155.
- IERVOLINO, P. (1999) Mapeamento do Potencial de Ocorrência de Feições Erosivas com Base em Geoprocessamento - Barra Mansa. Dissertação de Mestrado PPGG-IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, 101 p.
- IMESON, A.C. ; KWAAD, F.J.P.M. (1980) Gully Types and Gully Prediction. Geografisch Tijdschrift, XIV, nº 5, p. 430-441.
- LESSA, L.A.; PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S. (1995) Condicionantes morfométricos da erosão linear acelerada atual em compartimentos de colinas no médio vale do rio Paraíba do Sul- SP/RJ. In: Anais do VI SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA., Goiânia (GO).Goiânia, Depto. Geografia/UFG, v.1:228-235.
- MONTGOMERY, D.R.; DIETRICH, W.E. (1988) Where do channels begin? Nature, 336: 232-234.
- MOURA, J.R.S. Geomorfologia do Quaternário. In: Guerra, A. J. T. (Cord.). Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 335-359.
- MOURA, J. R. S.; PEIXOTO, M. N. O.; SILVA, T.M. (1991a) Geometria do Relevo e Estratigrafia do Quaternário como Base à Tipologia de Cabeceiras de Drenagem em Anfiteatro - Médio Vale do rio Paraíba do Sul. Revista Brasileira de Geociências, v.21, n.3, p.255-265.
- MOURA, J.R.S.; SILVA, T. M.; PEIXOTO, M.N.O. (1991b) Transformações Ambientais Quaternárias e "Desequilíbrios" nos Sistemas de Drenagem - Médio Vale do rio Paraíba do Sul. In: V SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS, Rio de Janeiro (RJ). Rio de Janeiro, ABRH/APRH, p. 485-494.
- MOURA, J.R.S.; PEIXOTO, M.N.O.; SILVA, T.M.; MELLO, C.L. (1992) Mapa de Feições Geomorfológicas e Coberturas Sedimentares Quaternárias: Abordagem para o Planejamento Ambiental em Compartimentos de Colinas no Planalto Sudeste do Brasil. In: XXXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, São Paulo (SP). São Paulo, Boletim de Resumos Expandidos, SBG/SP, p.60-62.
- OLIVEIRA, M.A.T. (1999) Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. In: GUERRA, A.J.T., SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. (Orgs.): Erosão e Conservação dos Solos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 57-94.
- OLIVEIRA, M.A.T.; MEIS, M.R.M. (1985) Relações entre Geometria do Relevo e Formas de Erosão Acelerada (Bananal, SP). Geociências, São Paulo, n.4, p. 211-238.
- PATTON, P.C.; SCHUMM, S.A. (1975) Gully erosion, Northwestern Colorado: a threshold phenomenon. Geology, v.3, p.88-90.
- PEIXOTO, M.N.O. (1993) Estocagem de sedimentos em cabeceiras de drenagem em anfiteatro - médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ). Dissertação de Mestrado, PPGGIGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, 192p.
- PINTO, S.T. (2006) Dinâmica Espacial e Temporal das Feições Erosivas e Movimentos de Massa – Proposta de Mapeamento do Município de Volta Redonda (RJ). Monografia de Geografia – IGEO/UFRJ. Rio de Janeiro, 70p
- PINTO, S.T.; PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S.; LOPES, C.F. (2007) Comportamento Temporal de Feições Erosivas e Movimentos Gravitacionais de Massa – Município de Volta Redonda (RJ) In: Anais do XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA, Natal (RN) . Natal, UFRN..
- POESEN, J., J.; NACHTERGAELE, J.; VERSTRAETEN, G. (2003) Gully Erosion and Environmental Change: Importance and Research Needs. Catena, v.50, p.91-133.
- SALGADO, C.M.A. (2004) A Influência da Erosão Linear na Dinâmica Evolutiva de Bacias de Drenagem – Paty do Alferes (RJ). Tese de Doutorado. PPGG-IGEO/UFRJ. Rio de Janeiro
- VANDAELE, K.; POESEN, J.; GOVERS, G.; van WESEMAEL, B.(1996) Geomorphic Threshold Conditions for Ephemeral Gully Incision. Geomorphology, v.16, p. 161-173.
- VIEIRA, A.C. (2002) Controles Morfométricos para a iniciação de canais em encostas naturais por fluxos superficiais: evidências de campo e modelagem. Dissertação de Mestrado, PPGG-IGEO/UFRJ. Rio de Janeiro, 89p.