



POTENCIALIDADE DE OCORRÊNCIA DE VOÇOROCAS: MAPA DA BACIA DO CÓRREGO ÁGUA SUJA, ITABIRITO - MG

NOGUEIRA¹, M. L.

Departamento de Geografia – IGC/UFMG¹ – nogueira_ml@yahoo.com.br

ARANHA², P. R. A.

Departamento de Geologia – IGC/UFMG² aranha@igc.ufmg.br

MOURÃO³, A. C. M.

Departamento de Cartografia – IGC/UFMG³ anaclara@ufmg.br

AUGUSTIN⁴, C. H. R. R.

Departamento de Geografia – IGC/UFMG⁴ chaugust@igc.ufmg.br
Av. Antônio Carlos 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG. Fax: 34995410

RESUMO

Os processos erosivos, que afetam o meio ambiente e as atividades antrópicas, muitas vezes passam despercebidos principalmente na sua forma laminar. No entanto, eles são muito evidentes quando formam canais, ravinas e, principalmente, voçorocas. Estas últimas, levam a danos ambientais praticamente irreparáveis, sendo sua contenção economicamente inviável, na maioria dos casos. A prevenção é a prática mais recomendada, principalmente em zonas rurais, onde o valor do terreno de áreas degradadas geralmente é mais barato que o custo de obras de intervenção, mas também em outras regiões, onde inexistem planos de conservação, o que torna muito importante a identificação das áreas onde estes processos aparecem. A bacia do Córrego Água Suja, situada no município de Itabirito (MG), apresenta uma grande ocorrência de voçorocas. Litologicamente, a área é formada por rochas granítico-gnáissicas do complexo Bação, presente na porção central do Quadrilátero Ferrífero. Este trabalho apresenta uma análise preliminar desta área, buscando correlacionar os fatores que a predispõem ao voçorocamento. A base para o diagnóstico foi o estabelecimento da relação entre as características litológicas do substrato e a forma do relevo na qual essas erosões ocorrem. Os estudos foram realizados a partir de análises e interpretações de fotos aéreas, ortofotos, trabalhos de campo e utilização do programa S.A.G.A. para executar correlações entre as feições observadas e o substrato. Vários mapas foram elaborados para ajudar na compreensão do voçorocamento, bem como apresenta-se considerações sobre a erodibilidade da área. Discute-se prováveis causas para o desenvolvimento destas voçorocas, que parecem não ter sido influenciadas por ações antrópicas, com base na análise do mapa de potencial de voçorocamento.

Palavras-chave: SAGA, voçoroca, potencialidade de voçorocamento

INTRODUÇÃO

O objetivo desse trabalho foi realizar o levantamento preliminar da incidência de voçorocamento em uma bacia de drenagem através do SAGA (Sistema de Análise Automática em Geociências) a partir da identificação do potencial da área para a ocorrência desse tipo de erosão acelerada. A base para o diagnóstico foi o estabelecimento da relação

entre as características litológicas do substrato e a forma do relevo na qual as voçorocas ocorrem. O outro objetivo foi disponibilizar documentação cartográfica da área, através da confecção e digitalização de diversos mapas que, associados a uma fundamentação teórica, podem auxiliar na interpretação das causas e fatores associados ao desencadeamento dos processos erosivos na área estudada.

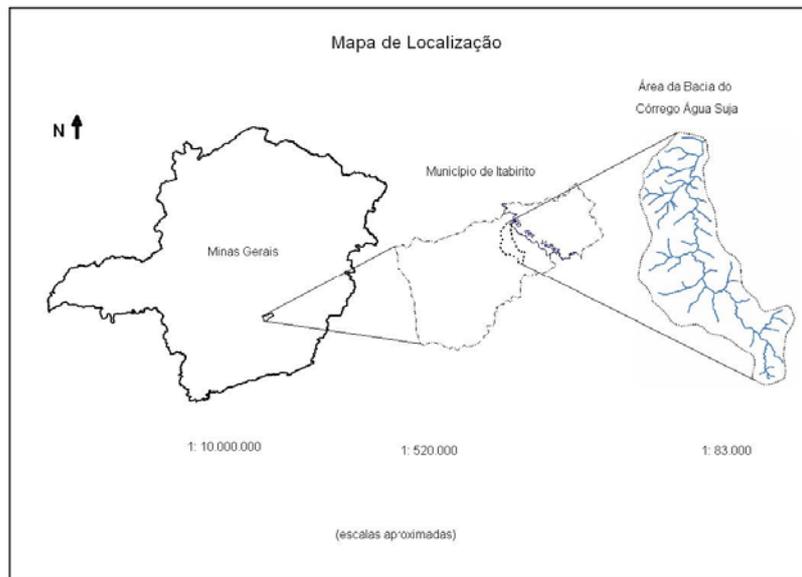


Figura 1 – Mapa de localização da bacia do córrego Água Suja, mostrando as escalas relativas.

As voçorocas ativas, estabilizadas ou em processo de estabilização, foram alocadas em mapas temáticos (litologia, declividade, etc.) buscando-se verificar a correspondência espacial das feições (voçorocas, vegetação, etc.) em cada um dos mapas temáticos (camadas) obtendo-se, dessa maneira, resultados de Assinatura referentes às formas erosivas nas diferentes camadas temáticas geologia, hipsometria, declividades entre outros.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Córrego Água Suja, um dos afluentes da margem esquerda do Rio das Velhas, que deságua no Rio São Francisco, em Minas Gerais (Figura 1), na qual é comum a presença de voçorocas.

A bacia localiza-se no município de Itabirito – MG, Brasil, entre as latitudes 20° 15' 00" S e 20° 10' 51" S e longitude 43° 47' 36" W e 43° 45' 00" W. O substrato rochoso é formado por rochas do complexo granítico cristalino do Bação, presente na porção central do

Quadrilátero Ferrífero. O complexo Bação constitui uma estrutura dômica que ocupa cerca de 385 km², bordejada por rochas metassedimentares e vulcano-sedimentares do grupo Nova Lima e cortada por rochas básicas e metabásicas (Barbosa & Rodrigues, 1967).

O clima é mesotérmico sub-úmido – Cwa, Classificação de Köppen – com duas estações bem definidas: inverno seco, com temperatura média de 14,6° C, deficiência hídrica, ocorrendo no período de março a setembro. O período chuvoso, de outubro a março, apresenta temperatura média de 23,2° C.

A vegetação predominante é o Cerrado em suas variações do Cerrado propriamente dito, caracterizado por árvores de porte médio que ocorrem isoladas no estrato gramíneo-herbáceo, predominante. Distinguem-se ainda florestas estacionais semidecíduas, mais densa e formada por árvores de grande porte, localizadas sobre rochas básicas e metabásicas. Além dessas, as matas ciliares e de galeria, com vegetação do tipo perenifólia, mais densa e rica quanto à diversificação botânica, são comumente encontradas nas cabeceiras e ao longo dos fluxos de água.

A erosão diferencial entre as áreas de rochas do complexo cristalino e as metassedimentares circunvizinhas provocou a inversão de relevo, com o rebaixamento do antigo sinclinal formado sobre o Bação e a manutenção em altitudes mais elevadas das rochas metassedimentares, algumas dobras em seqüências sinclinais, que constituem, hoje, topos de serras (Bacellar, 2000).

Na área de domínio do complexo Bação, especialmente sobre os granitos, granodioritos, anfibólitos, xistos verdes e filitos, desenvolve-se relevo ondulado, representado por colinas convexas e policonvexas, com topo alongado. A drenagem, densa, encontra-se encaixada em vales que não ultrapassam 50m de altura (Valadão & Silveira, 1992).

Os solos são em geral profundos, bem aerados, predominando os latossolos vermelho-amarelos e os cambissolos álicos. O córrego Água Suja, que constitui uma drenagem de 4ª ordem, é afluente do rio das Velhas, que deságua diretamente no rio São Francisco. O córrego tem cerca de 8 km de extensão, apresenta padrão dendrítico e encontra-se muito encaixado à jusante.

Atualmente, a região apresenta atividades econômicas secundárias, tais como comércio, agricultura e pecuária em pequena escala e, ainda, pouco expressivas extrações minerais.

METODOLOGIA

A documentação aeroespacial da área é composta de sete fotografias aéreas na escala 1:25.000 (1970) e de duas ortofotos na escala de 1:10.000 (CEMIG, 1986). Utilizou-se os mapas topográfico e geológico nas escalas de 1:50.000 (IBGE) e 1:25.000 (Programa de Cooperação Técnica BR-EUA), respectivamente. O reconhecimento e a compilação dos dados observados nas fotos aéreas e nas cartas serviram de base para o mapeamento de diversas unidades da área, resultando em mapas temáticos.

As ortofotos foram georreferenciadas e distribuídas em mosaico, possibilitando nova interpretação da área, por tratar-se de fotos mais recentes.

Através da fotointerpretação elaborou-se um mapa de ocorrências de voçorocas ao longo do curso principal como em seus afluentes (Fig. 2). Posteriormente, o mapa recebeu maior detalhamento a partir da análise das ortofotos, que são mais recentes (1986) e em escala de maior detalhe (1:10.000).

Em ambos os mapas foram representadas as seguintes feições: voçorocas ativas, voçorocas estabilizadas ou em processo de estabilização, cursos d'água, mata ciliar/galeria, topos e manchas de predominância de Cerrado, Campo Sujo, Mata Secundária e pastos/cultivos.

Os trabalhos de campo tiveram o apoio das cartas geológica e topográfica, das fotografias aéreas e de bússola e foram essenciais para o reconhecimento simultâneo da área e a comparação da realidade com aquela retratada pelos mapas e fotos aéreas, estas últimas datadas da década de 70. Analisou-se, durante a realização do mesmo, a ocorrência das grandes feições erosivas, assim como a situação atual destas, o relevo da bacia e do seu entorno, o encaixamento da drenagem, a vegetação e o uso do solo pelas atividades antrópicas.

Devido ao maior detalhamento, verificou-se diferenças das feições anteriormente mapeadas, em especial: nas manchas de vegetação, no 'desenho' do próprio curso do córrego da Água Suja e nas forma e intensificação da erosão nas voçorocas (tanto as ativas quanto as estabilizadas/em estabilização). Com esta atualização foi possível realizar uma terceira e mais recente análise da área da bacia estudada.

Foram elaborados mapas hipsométrico e de declividade da área da bacia para utilização no programa SAGA, a partir da base cartográfica de curvas de nível vetorizadas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística); carta de Rio Acima, escala 1:50.000, produzida em 1977 e vetorizada em 1999 (*in* www.ibge.gov.br).

Para uma análise espacial, confeccionou-se mapas digitalizados com diferentes cores, cada uma identificada com um elemento da realidade espacial e indexada como componente de legenda. Os mapas passaram, ainda, por um processo de Assinatura, que constitui um processo de tabulação cruzada que seleciona células em uma camada temática e verifica a correspondência de ocorrências nos outros temas, permitindo o cruzamento de variáveis por avaliação. Esta fase, denominada de Análise de Multicritério, se baseia, segundo Moura (2004), na obtenção da média ponderada a partir de pesos atribuídos às camadas temáticas e de notas aos componentes da legenda de cada camadas temáticas, de modo que o cruzamento final representa uma síntese das variáveis analisadas.

Na fase de Avaliação, foram destacados os pesos e as notas que predominaram na Assinatura. Buscou-se, assim, reconhecer as áreas que mostravam combinações de variáveis semelhantes às localizações das voçorocas (por exemplo, se na Assinatura foi obtido: geologia + cerrado = voçoroca, na Avaliação identificou-se todos os locais onde a mesma “soma” resultaria em voçorocamento), permitindo, portanto, o mapeamento de prováveis áreas potenciais de ocorrência (atual e futura) de voçorocamento.

Foi realizada uma quarta e última análise da área da bacia do Córrego Água Suja, utilizando-se os mapas hipsométrico, geológico, de declividades da área da bacia, além do gerado pela fotointepretação para, a partir da Assinatura e da Análise de Multicritério (ou Avaliação) produzir o mapa de potencial de ocorrência de voçorocamento a partir do SAGA.

Mapa Temático da Área da Bacia do Córrego Água Suja
Elaborado com Base em Ortofoto

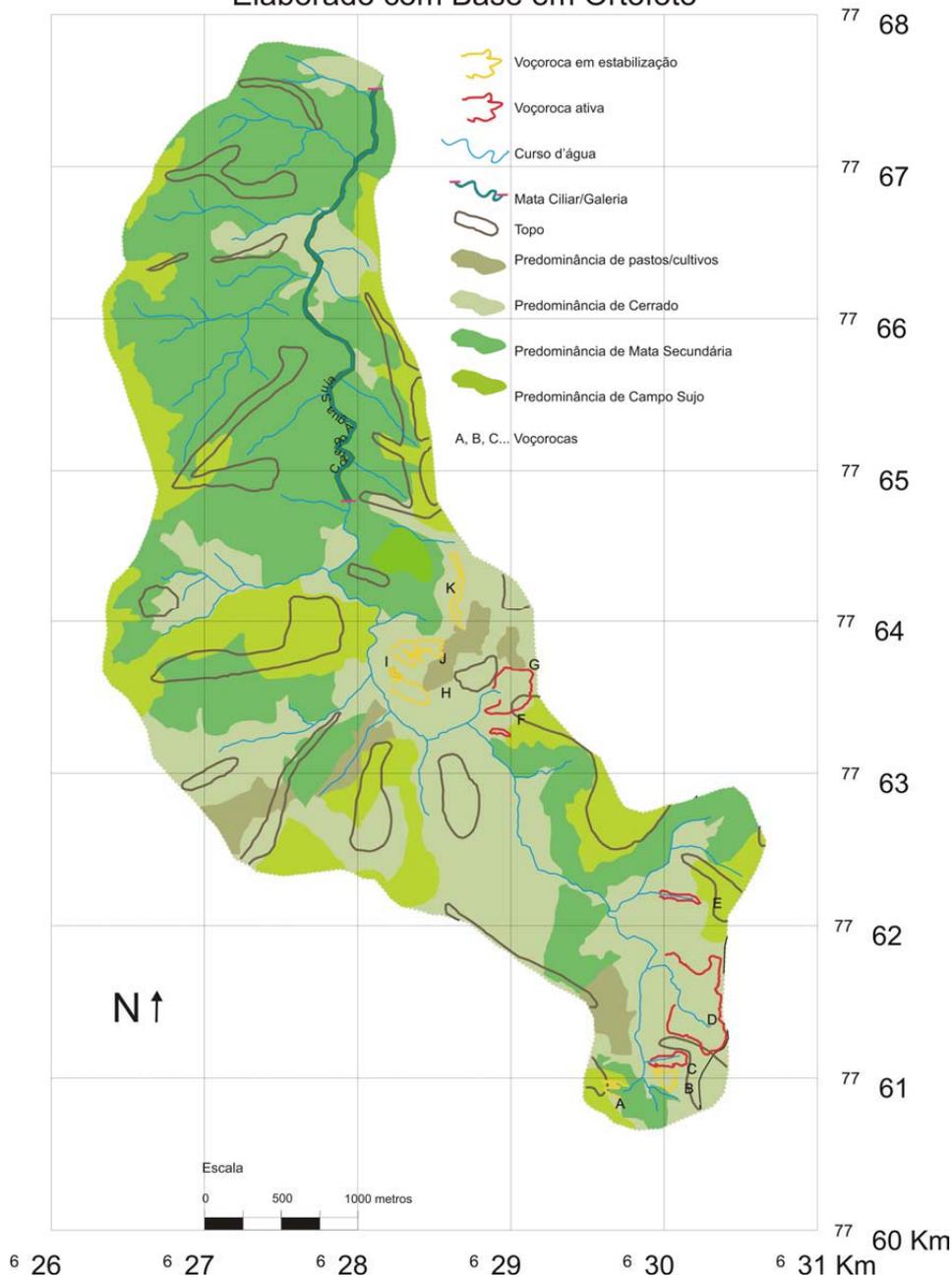


Figura 2 – Mapeamento da área da bacia, com base em ortofoto.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na região predomina o relevo ondulado com topos nivelados em cotas aproximadas de 1.000 m, nas quais ocorrem crostas lateríticas, em parte responsáveis pela redução dos

processos de dissecação do relevo e pela manutenção de platôs até 30 metros mais altos que outros ao redor, desprovidos de crosta laterítica. Colinas, mais suaves, formam colinas levemente convexas e mais baixas. As colinas desprovidas da crosta laterítica, mas com a presença de latossolo amarelo, são ocupadas por cobertura vegetal plantada como o capim braquiária, e o eucalipto, enquanto nas áreas menos dissecadas há espécies arbustivas e arbóreas, típicas de cerrado.

O córrego Água Suja tem suas cabeceiras localizadas em vertente íngreme e corre em vales relativamente abertos no médio curso, encaixando-se bastante à jusante, antes de desaguar no Rio das Velhas. Há evidências indiretas, como a largura da várzea, que apontam para o fato de que a vazão do córrego foi maior que a atual. O leito menor, que já não é tão largo, é pouco profundo devido ao grande aporte de sedimentos removidos principalmente das voçorocas.

Com base nos resultados das Assinaturas referentes às voçorocas, pôde-se observar que as voçorocas ocorrem predominantemente em rochas graníticas, em cobertura vegetal de Cerrado e em declividade de baixa a média. Assim, ao se aplicar o comando que combina estas variáveis no SAGA, já no processo de Avaliação, obteve-se o mapa de potenciais de ocorrência de voçorocas (Figura 3), com a indicação de que, nas áreas onde estas variáveis se cruzam, há grande probabilidade da ocorrência de voçorocas.

É possível perceber a presença de dois padrões predominantes de relevo e ocorrência associada de voçorocas na área: um padrão mais acidentado, na porção norte, com pouca incidência de voçorocas e, portanto, baixo potencial de voçorocamento; e o segundo padrão, mais suave, na porção sul, correspondente ao domínio das rochas graníticas, com muita incidência e alto potencial de voçorocamento.

Os resultados do mapa de potenciais e das diversas Assinaturas foram muito semelhantes para as voçorocas ativas e as estabilizadas, e as em intenso processo de estabilização. A partir da análise desses resultados, algumas observações podem ser ressaltadas:

Potencial de Ocorrência de Voçorocas na Área da Bacia
do Córrego Água Suja

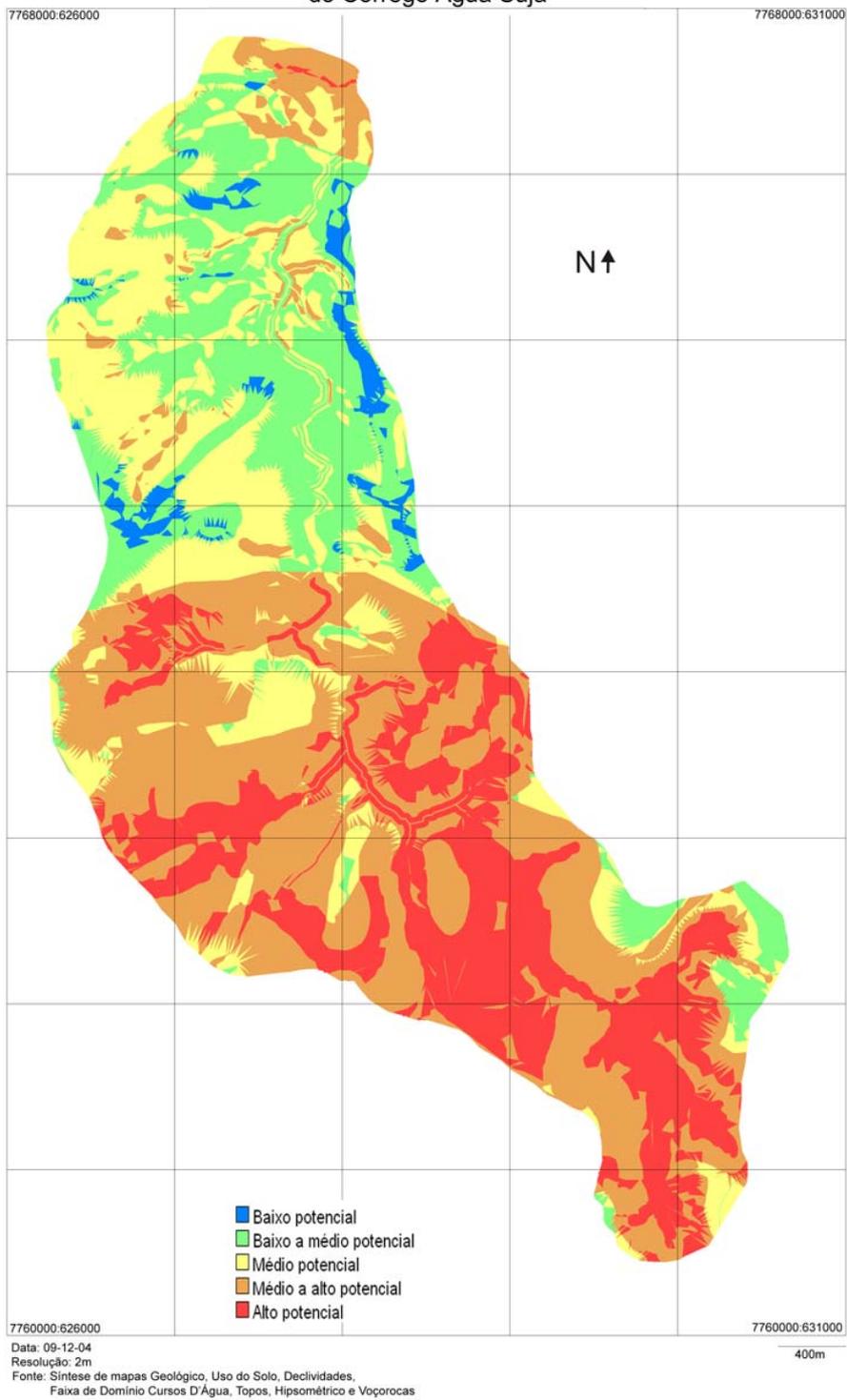


Figura 3 – Mapa de potenciais de ocorrência de voçorocas na área da bacia do Córrego Água Suja.

1) As voçorocas consideradas ativas apresentam uma maior relação com os cursos d'água que as voçorocas estabilizadas, sendo esta ligação ainda mais forte com relação ao *buffer*¹ dos mesmos. Esta correlação pode ser explicada pelo fato:

- de que as voçorocas em vias de se estabilizar tendem a “se afastar” da influência dos cursos de água permanentes, como resultado do aporte excessivo de sedimentos no fundo dos vales;

- ou de que haja o abandono dos próprios cursos d'água, que se afastam das voçorocas seja por elevação ou rebaixamento do relevo, ou por rebaixamento do nível freático provocados por abatimentos, surgimento de *horsts* e *grabens*, mudanças climáticas, entre outros fatores.

2) As voçorocas estabilizadas ocorrem no domínio da Mata Secundária com taxa relativamente alta de quase 9%, não tendo sido detectada presença de nenhuma voçoroca ativa nessa área. Esta correlação pode denotar que:

- é provável que ocorra a estabilização (permanente?) destas feições erosivas na Mata Secundária, por se tratar de um domínio caracterizado por seu caráter de “sucessão ecológica” em áreas anteriormente degradadas. Ainda, a cobertura mais densa dessa vegetação no terço final do curso da Água Suja, sugere que sua proximidade com a maioria das voçorocas estabilizadas/em estabilização (estas no médio curso) seja um fator natural de contenção dessas formas de erosão acelerada. Sendo assim, a presença da mata constitui, em si, um indicador de estabilização do nível de base, o que permite a instalação de processo de sucessão positiva.

3) As voçorocas ativas ocorrem preferencialmente em maiores altitudes quando comparadas àquelas estabilizadas ou em processo de estabilização. Esta correlação pode denotar:

- que estas se encontram instaladas mais à montante, na porção norte, área caracterizada por relevo mais alto e mais acidentado;

- a ocorrência de um processo de diminuição do gradiente hidráulico à jusante da bacia, no qual a erosão acelerada das voçorocas tem papel primordial².

4) As voçorocas ativas na porção norte, predominam em uma faixa de declividade mais suave do que a das estabilizadas. Esta correlação pode denotar que:

¹ Do inglês *buffer zone* (zona neutra), o termo é aqui entendido como a faixa de influência da drenagem. Esta faixa vai desde a nascente até a jusante, e abrange 15 metros além de cada margem dos cursos d'água.

² AUGUSTIN (1995) salienta que as voçorocas não podem ser consideradas apenas sob o ponto de vista de um processo erosivo que atua na vertente ou simplesmente um mecanismo erosivo. ...ela [a voçoroca] realiza um papel relevante na reformulação (*re-shaping*) da superfície....

- as voçorocas mais “recentes” (ainda ativas) talvez estejam mudando seu estágio evolutivo à medida que avançam à montante, ou então estejam com poder erosivo enfraquecido (devido a um déficit hídrico, ou à altitude – já que as voçorocas ativas encontram-se em áreas mais altas).

- há a possibilidade destas encostas pouco íngremes estarem apresentando uma taxa de infiltração muito alta, porém numa intensidade que não suportam, encharcando-se rapidamente e dando espaço à erosão superficial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação das fotografias aéreas da década de 70 e das ortofotos de 1986 com a realidade atual da área, permite verificar que não ocorreram mudanças significativas na ocupação antrópica, no uso do solo e na vegetação, à montante e meio curso do córrego Água Suja nesses últimos anos.

As grandes mudanças foram verificadas no próprio curso do córrego Água Suja e nas voçorocas. O córrego, quando comparados os três tempos (1970;1986 e atual) corre em um leito mais estreito, com menor volume de água e lateralmente mais largo, ocupado por depósitos aluvionares mais extensos. Por outro lado, as voçorocas estão mais controladas à jusante do córrego, área caracterizada pela intensificação da cobertura vegetal. A umidade no fundo das voçorocas contribui para o avanço e a permanência da vegetação, à semelhança de outras áreas com a presença de voçorocas (Augustin & Windsor, 1999). As paredes íngremes das voçorocas, contudo, oferecem ambiente inóspito para a vegetação, dificultando sua fixação. Mesmo nessas circunstâncias, como observado em campo, uma das voçorocas está até mesmo sendo habitada, o que constitui um sinal de tendência à estabilização destas feições na área.

Não há evidências de que as voçorocas da bacia do Córrego Água Suja tenham sido iniciadas pela ação antrópica. Entretanto, não é possível ainda estabelecer o modelo de evolução do voçorocamento na área. O mapa de potencialidades de ocorrência deste tipo de

erosão acelerada constitui uma etapa importante na obtenção de respostas às questões de gênese, evolução e estabilização destas feições, da qual o presente trabalho é um exemplo, que ainda precisam de aprofundamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANHA, P.R.A. *Contribuições às Ciências da Terra: Estudo das Coberturas Superficiais e sua Dinâmica na Região de Gouveia, Serra do Espinhaço, MG: Utilizando o radar de penetração no solo (GPR)*. Série D, V.1. UFOP, Ouro Preto, 2003. 305p.
- AUGUSTIN, C.H.R.R. *Geoökologische Studien in Südlichen Espinhaçogebirge bei Gouveia, Minas Gerais, Brasilen under besonderer Berücksichtigung der Landschaftsentwicklung*. 1995. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de Frankfurt. 121p., Frankfurt-Alemanha, 1995.
- AUGUSTIN, C.H.R.R. & WINDSOR, S. Gullies as Biodiversity Corridors: A Case Study in Gouveia, Minas Gerais, Brazil. In: *Anais Regional Conference on Geomorphologie*. Rio de Janeiro. p. 88. 1999.
- BACELLAR, L.A.P. *Condicionantes Geológicas, Geomorfológicas e Geotécnicas dos Mecanismos de Voçorocamento na Bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto, MG*. 2000. 226 f. Tese (Doutorado em Geologia) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- BARBOSA, G.V. & RODRIGUES, D.M.S. *Quadrilátero Ferrífero*. Belo Horizonte: UFMG, Instituto Central de Geociências, 1967. 130 p.
- CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. Ortofotos da folha de Rio Acima, cartas número 20 e 24. 1986.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Diretoria de Geociências – Departamento de Cartografia. *Carta de Rio Acima, nº 25731*. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em ago. 2004.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Secretaria de Planejamento da Presidência da República. *Folha de Rio Acima*. 1977. Mapa topográfico. Escala 1:50.000, projeção UTM.
- MOURA, A.C.M. Notas informais de aula - não publicadas. 2004.
- PROGRAMA DE COOPERAÇÃO TÉCNICA BRASIL-EUA. *Mapa Geológico e Seções da Quadrícula de Itabirito, Minas Gerais, Brasil*. 1960. Escala 1:25.000, projeção UTM.
- SERVIÇOS AEROFOTOGRAFÉTICOS CRUZEIRO DO SUL S.A. Fotos aéreas de Itabirito: faixas 6 (nº 11409, 11410 e 11411), 7 (nº 11381, 11382 e 11383) e 8 (nº 11354). 1970. Escala aproximada 1:25.000.
- VALADÃO, R.C. & SILVEIRA, J.S. Estratigrafia quaternária e evolução do relevo do Complexo de Baçõ. Dados Preliminares. *Revista da Escola de Minas, Ouro Preto*. V.45 (1 e 2), p 85-87.1992.