

## ANÁLISE SOBRE A RELEVÂNCIA DO VOLUME PLUVIOMÉTRICO NA EXPANSÃO DE UMA VOÇOROCA NO MUNICÍPIO DE NOVA LIMA, MINAS GERAIS

Matteus Carvalho FERREIRA, Eliane Silva Ferreira ALMEIDA (orientadora)<sup>1</sup>

**RESUMO:** *A discriminação dos fatores responsáveis pela evolução dos processos erosivos, especialmente àqueles em estágio avançado (voçoroca), são de fundamental importância para o estabelecimento de estratégias que visam a reabilitação da área e a proteção contra danos ambientais, sociais e econômicos. O presente estudo desenvolveu-se na bacia do córrego Estrangulado (coordenadas 19°58'28.51"S 43°55'40.48"O), no município de Nova Lima, estado de Minas Gerais, Brasil. O objetivo geral deste estudo foi determinar a relevância de fatores pluviométricos na evolução de uma voçoroca localizada em uma área em processo de urbanização, a partir de análise comparativa entre os dados primários de monitoramento do processo erosivo e secundários oriundos da Estação Automática: Belo Horizonte – Cercadinho (MG). Para a realização do monitoramento da voçoroca utilizou-se a metodologia proposta por Guerra & Cunha (2011) de estaqueamento. A técnica adotada consistiu na instalação de 23 estacas graduadas em diversos pontos do processo erosivo, feitas a partir de tubos de PVC de ½ polegada e 100 centímetros de comprimento e a realização de medidas mensais acerca do avanço das cabeceiras. Realizou-se a análise comparativa entre estes dados e os volumes pluviométricos mensais com o intuito de averiguar a existência de relações diretamente proporcionais, o que evidenciaria o grau da relação causa e efeito entre os fatores.*

**Palavras Chave:** *Pluviosidade, Erosão, Voçoroca, Monitoramento, Urbanização.*

**ABSTRACT:** *The discrimination of the factors responsible for the evolution of erosion, especially those at an advanced stage (gully), are of fundamental importance for the establishment of strategies for the rehabilitation of the area and protection against environmental, social and economic damage. This study was developed in Estrangulado stream basin (coordinates 19 ° 58'28.51 "S 43 ° 55'40.48" W), in Nova Lima, Minas Gerais, Brazil. The aim of this study was to determine the relevance of rainfall factors in the evolution of a gully located in an area in urbanization process, from comparative analysis of primary monitoring data from erosion and data acquired from Automatic Station: Belo Horizonte - Cercadinho (MG). To accomplish the monitoring of gully was used the method recommended by Guerra & Cunha (2011) of staking. The technique adopted consisted in the installation of 23 graded stakes in various parts of the erosion process, made from ½ inch PVC pipe and 100 cm length and executing monthly measurements about the progress of the headland. Was performed the comparative analysis of these data and the monthly rainfall volumes in order to ascertain the existence of directly proportional relationship, which would demonstrate the level of cause and effect relationship between the factors.*

**Key Words:** *Rainfall, Erosion, Gully, Monitoring, Urbanization.*

<sup>1</sup> ProPIC – Programa de Pesquisa e Iniciação Científica da Universidade Fumec, 2014-2015.

## 1- INTRODUÇÃO

A área de abrangência do estudo compreende a microbacia do córrego do Estrangulado, que faz parte da Bacia do Córrego do Cardoso ou Ribeirão Água Suja, inserindo-se na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos 5 – Bacia do Rio São Francisco e Sub Bacia do Rio das Velhas, que drena seu território do sul ao norte, pelo rio das Velhas (WILHEIM, 2006). Está contida na vertente sul da Serra do Curral, localizado no município de Nova Lima. Esta vertente integra uma área de especial interesse econômico e ambiental para a região central de Minas Gerais: o Quadrilátero Ferrífero. Região de aproximadamente 7000 km<sup>2</sup> responsável por 60% da extração de minério de ferro do Brasil e pelo abastecimento de água de grande parte da região metropolitana (RUCHKYS et al., 2007), além de ecossistemas raros como a canga ferruginosa com alto grau de endemismo de espécies da fauna e flora, assim como áreas de cerrado, campo rupestre e mata atlântica (DO CARMO, 2010).

Segundo Goudie (1990), existem vários trabalhos, realizados em várias partes do mundo, que evidenciam o fato da urbanização modificar as taxas de erosão do ambiente, tornando-os mais comuns devido a retirada da cobertura vegetal, compactação do solo e soterramento de nascentes.

Os processos erosivos podem se apresentar sob a ação mecânica ou química dos agentes modificadores da paisagem. No entanto, destaca-se que a água é o principal agente das erosões hídricas, que é a mais representativa no Brasil, podendo atuar sob duas formas, superficialmente ou subsuperficialmente (SAADI, 2012).

A expansão de processos erosivos pode estar relacionada, portanto, aos índices pluviométricos, apresentando uma correlação temporal diretamente proporcional entre as taxas de crescimento das cabeceiras de uma voçoroca com as chuvas que ocorrem na região, caso o principal agente causador seja o escoamento superficial (SAADI, 2012). Caso o agente causador primordial seja o escoamento subsuperficial, não se espera encontrar forte correlação entre os dois fatores supracitados, evidenciando a participação predominante de outros fatores no desenvolvimento do processo erosivo (SAADI, 2012).

Segundo Ab'Saber (1968) “[...]No caso das boçorocas situadas dentro ou às margens de um organismo urbano em expansão, não se pode esperar, em hipótese alguma, uma auto cicatrização” (p.06). Considerando a presença de diversos processos erosivos na região, observou-se a necessidade de se identificar os fatores que levam a expansão do estágio mais avançado desses processos, uma voçoroca com raio aproximado de 100m entre os extremos dos eixos Norte-Sul e Leste-Oeste, devido a ocupação atualmente proposta de residenciais multifamiliares. A partir da análise da real participação do volume pluviométrico no desenvolvimento deste processo ou da existência de outro fator principal, práticas visando o controle e recuperação desta área podem ser melhor implementadas. Grandes processos erosivos ativos possuem potencial de causar prejuízos materiais, ambientais e de afetar a segurança dos moradores atuais e futuros da região, sendo de grande valia o entendimento acerca de como se comportam.



#### 4- MATERIAIS E MÉTODOS

Para o monitoramento da voçoroca optou-se por utilizar a metodologia proposta por Guerra & Cunha (2011) na qual foram instalados um conjunto de 23 estacas graduadas para compor todo o perímetro em diversos pontos do processo erosivo, feitas a partir de tubos de PVC de ½ polegada e 100 centímetros de comprimento. Para a instalação das estacas em campo utilizou-se a média de 50 cm de profundidade.

Para a voçoroca do vale do Estrangulado definiu-se as três cabeceiras superiores como objeto de monitoramento. Esta adaptação suporta-se pelas características de evolução do processo erosivo ali instalado, uma vez que a maior parte das atividades de carregamento e desmoronamento ocorrem nas referidas cabeceiras centrais (Google Earth. Imagens retroativas 2002-2014). Justifica-se também por estas cabeceiras localizarem-se às margens dos empreendimentos imobiliários em construção no vale do Estrangulado.

As aferições tiveram início em janeiro de 2014 em intervalos de 30 em 30 dias, tendo então um monitoramento com 5 intervalos temporais de diferenciação das dimensões do processo, findando no mês de junho do mesmo ano, totalizando 5 meses de amostragem. Para evitar desvios com relação ao posicionamento da linha de medição determinada a priori, definiram-se referências em campo, como árvores ou blocos de rochas, que foram marcados e utilizados durante as visitas como ponto de menção das distâncias.

Segundo Guerra e Cunha (2012) “o monitoramento consiste em medir a nova distância, caso tenha avançado a erosão entre a borda da voçoroca e cada uma das estacas”. As estacas de monitoramento auxiliam nas medidas em linha reta até a borda do processo, o que permite averiguar o desprendimento das massas de solo das paredes da voçoroca, que por consequência culminam no avanço da linha de borda da erosão em direção aos piquetes, sendo passível a sua quantificação. Tais dados foram coletados durante as visitas a campo.

Com este conjunto de dados realizou-se, com auxílio do software ArcGis, aplicações de técnicas de geoprocessamento, bem como superposição de imagens e arquivos de extensão shape, para demonstrar as dinâmicas presenciadas durante o monitoramento (VIEIRA *et al*, 2015).

Os dados pluviométricos mensais da região foram obtidos através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Estes foram gerados na Estação Automática: Belo Horizonte – Cercadinho (MG), localizada nas coordenadas 19°58'44.54"S 43°57'30.99"O, a 3,2 km de distância da área de estudo.

A partir dos resultados obtidos através do monitoramento, comparou-se os valores de expansão encontrados com os respectivos valores pluviométricos encontrados no mesmo período a partir da Estação meteorológica do Cercadinho, buscando evidenciar a existência de relação direta entre os meses de maior avanço da voçoroca com aqueles de maior pluviosidade.

## 5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação das estacas e das medidas auferidas no dia da instalação destes (Aferição 1), e as medidas subsequentes até o final do estudo (Aferições 2,3,4,5 e 6) é apresentada a seguir na Tabela 1.

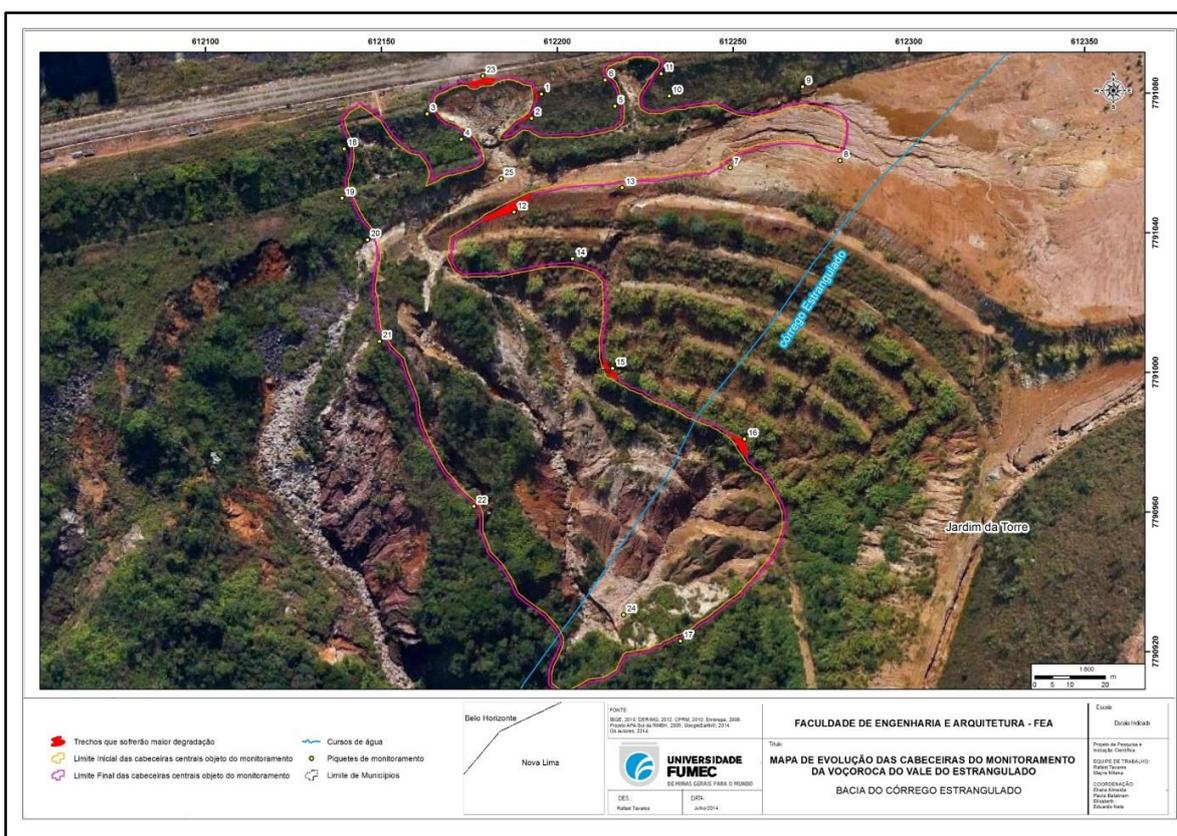
**Tabela 1 – Tabulação das estacas de monitoramento e suas respectivas medidas variáveis**

Piquete	Aferição 1		Aferição 2		Aferição 3		Aferição 4		Aferição 5		Aferição 6		
	Distância Inicial (m)	Distância (m)	Deslocamento LB (m)	Distância Final (m)	Deslocamento LB (m)								
1	2,40	1,55	0,85	1,40	0,15	1,30	0,10	1,30	0,00	1,30	0,00	1,30	1,10
2	3,18	1,85	1,33	1,43	0,42	1,19	0,24	1,08	0,11	1,08	0,11	1,08	2,10
3	3,07	2,73	0,34	2,52	0,21	2,25	0,27	2,25	0,00	2,25	0,00	2,25	0,82
4	3,37	2,96	0,41	2,80	0,16	2,63	0,17	2,62	0,01	2,62	0,01	2,62	0,75
5	2,58	2,36	0,22	2,27	0,09	2,16	0,11	2,16	0,00	2,16	0,00	2,16	0,42
6	2,13	2,02	0,11	1,11	0,91	0,92	0,19	0,92	0,00	0,92	0,00	0,92	1,21
7	3,15	2,96	0,19	2,83	0,13	2,58	0,25	2,53	0,05	2,53	0,05	2,53	0,62
8	2,86	2,75	0,11	2,64	0,11	2,55	0,09	2,55	0,00	2,55	0,00	2,55	0,31
9	5,33	5,06	0,27	4,90	0,16	4,75	0,15	4,60	0,15	4,60	0,15	4,60	0,73
10	4,29	4,10	0,19	3,92	0,18	3,80	0,12	3,80	0,00	3,80	0,00	3,80	0,49
11	2,44	2,08	0,36	1,96	0,12	1,62	0,34	1,62	0,00	1,62	0,00	1,62	0,82
12	3,20	1,14	2,06	0,77	0,37	0,45	0,32	0,45	0,00	0,45	0,00	0,45	2,75
13	2,44	2,27	0,17	2,22	0,05	2,07	0,15	2,07	0,00	2,07	0,00	2,07	0,37
14	2,09	1,85	0,24	1,41	0,44	1,15	0,26	1,15	0,00	1,15	0,00	1,15	0,94
15	2,96	2,25	0,71	1,12	1,13	0,71	0,41	0,71	0,00	0,71	0,00	0,71	2,25
16	2,97	2,30	0,67	0,67	1,63	0,35	0,32	0,23	0,12	0,23	0,12	0,23	2,74
17	2,09	1,68	0,41	1,54	0,14	1,24	0,30	1,24	0,00	1,24	0,00	1,24	0,85
18	3,01	2,78	0,23	2,78	0,00	2,62	0,16	2,32	0,30	2,32	0,30	2,32	0,69
19	3,11	3,00	0,11	3,00	0,00	2,80	0,20	2,80	0,00	2,80	0,00	2,80	0,31
20	3,20	3,02	0,18	3,02	0,00	2,92	0,10	2,92	0,00	2,92	0,00	2,92	0,28
21	2,23	2,04	0,19	1,98	0,06	1,81	0,17	1,81	0,00	1,81	0,00	1,81	0,42
22	1,71	1,56	0,15	1,56	0,00	1,52	0,04	1,52	0,00	1,52	0,00	1,52	0,19
23	2,94	1,47	1,47	1,21	0,26	1,21	0,00	1,21	0,00	1,21	0,00	1,21	1,73

*Fonte: Vieira et al. (2015).*

A coluna extrema direita, com destaque em vermelho, apresenta os deslocamentos totais verificados pela linha de borda da voçoroca do Vale do Estrangulado em relação aos valores de distância iniciais (Aferição 1) dos piquetes de monitoramento.

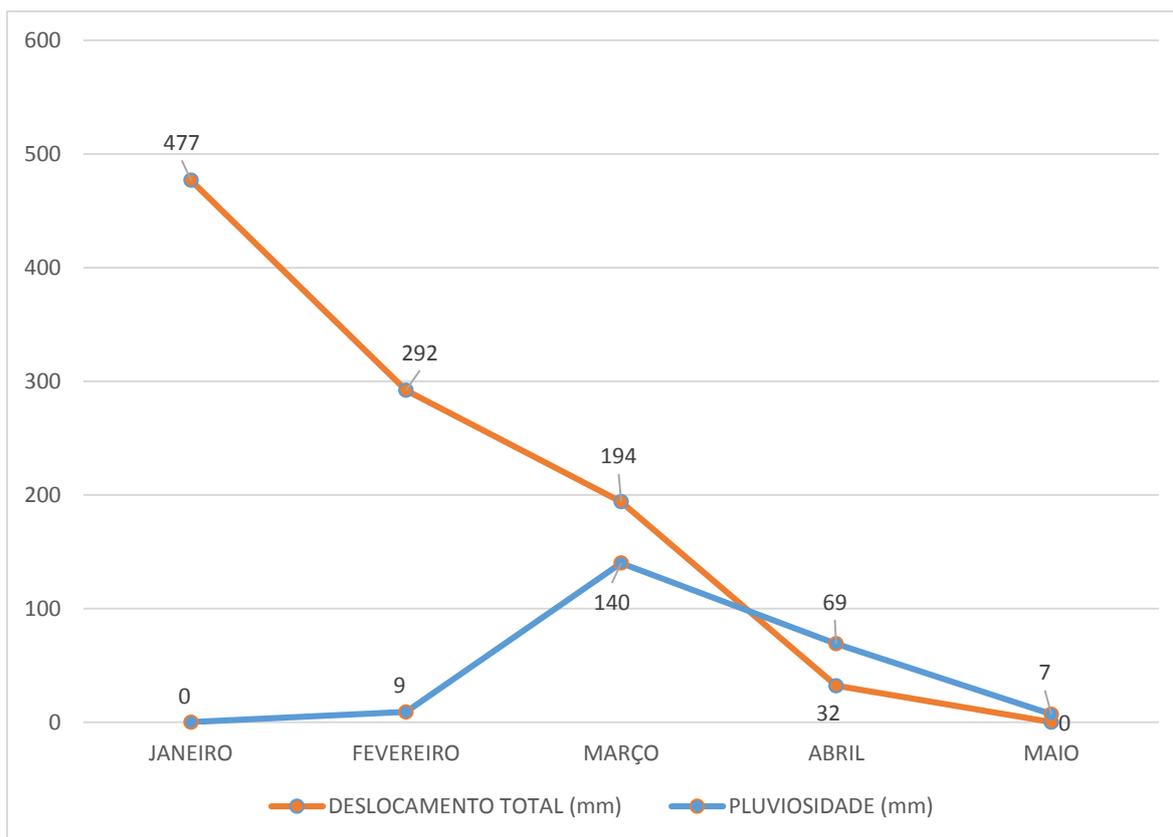
Com base nestas medidas construiu-se um mapa apresentando a configuração do perímetro das cabeceiras da voçoroca nos momentos inicial e final da realização das medições. A Figura 2, apresenta o mapa montado para demonstração da evolução das cabeceiras da voçoroca indicando os trechos da borda da voçoroca que sofreram maior degradação.



**Figura 2 – Mapa demonstrativo da evolução do processo erosivo**

*Fonte: Vieira et al. (2015).*

A partir dos dados coletados, os valores mensais totais de deslocamento foram determinados: 47,7 cm em janeiro, 29,2 cm em fevereiro, 19,4 cm em março, 3,2 cm em abril e 0,0 cm em maio. Os valores mensais pluviométricos: 0 mm, 9 mm, 140 mm, 69 mm e 7 mm respectivamente, foram coletados a partir da Estação meteorológica do Cercadinho e comparados temporalmente aos respectivos valores encontrados no estudo de campo realizado, se encontrando discriminado na figura 3.



**Figura 3 - Gráfico comparativo: Pluviosidade X Deslocamento total**

*Fonte (Pluviosidade): Adaptado de INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, 2015.*

*Fonte (Deslocamento total): Adaptado de Vieira et al. (2015).*

A partir dos dados de evolução mensais da voçoroca determinados a partir do monitoramento realizado, foi possível realizar uma análise comparativa com os valores de pluviosidade mensal na região, no período em questão.

Os meses de maior avanço do processo erosivo ocorreram nos primeiros meses do monitoramento, ocorrendo de maneira decrescente desde a primeira parcela temporal analisada (janeiro). Os dados pluviométricos apresentaram maior valor no mês de maio, apresentando comportamento crescente no período anterior e decrescente posteriormente, adquirindo a forma de uma parábola.

A não existência de uma relação diretamente proporcional entre esses dois fatores analisados evidencia a participação de outros processos como força motriz para o agravamento da voçoroca estudada. O papel do volume de pluviométrico médio apresenta pouco impacto frente ao crescimento do processo erosivo, haja vista a não correlação entre os períodos de maior valor de ambos os fatores.

A intensidade e concentração das chuvas durante os meses não foram contabilizados, no entanto a sua relevância no presente caso estudado é de menor porte, devido a inexpressiva taxa mensal pluviométrica observada nos dois maiores meses de crescimento da voçoroca (figura 3).

## 6- CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado é possível concluir que fatores relacionados ao volume pluviométrico não são a principal causa de agravamento da voçoroca localizada na região do Vale do sereno em Nova Lima, MG.

O processo de urbanização do vale do Estrangulado tem ocorrido de forma acelerada nas últimas décadas em função da expansão urbana do vetor sul da capital mineira. Tal processo ocorre em região frágil ambientalmente, de bioma mata atlântica com presença de fitofisionomias do cerrado e susceptível à ocorrência de diversos processos erosivos, especialmente nas áreas desmatadas.

O direcionamento da expansão do processo erosivo deve ser estudado visando compreender o papel das áreas compactadas, como uma estrada de terra e uma ferrovia em desuso localizadas acima de uma das cabeceiras da voçoroca, assim como o fluxo de água superficial oriundo das drenagens urbanizadas e nascentes concretadas pelas construções no entorno, o nível de matéria orgânica presente no solo nos diferentes pontos analisados e a estabilidade real que a esparsa vegetação presente na área oferece.

Observa-se a necessidade de se levar em consideração as águas subsuperficiais, para evidenciar a sua importância para o crescimento e aprofundamento da voçoroca, afim de possibilitar a futura reabilitação da região.

## REFERÊNCIAS

BACELLAR, L. de A. P. **Processos de formação de voçorocas e medidas preventivas e corretivas**. Ouro Preto/MG: UFOP, 2006.

BERTONI, J. F.; LOMBARDI NETO. **Conservação do solo**. São Paulo/SP: Cone, 1990.

BRADY, N. **The nature and properties of soils**. New York: Macmillan, 1983.

CABRAL, V. et al. **Seleção de espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio para utilização na recuperação de áreas mineradas pela Companhia Vale do Rio Doce**. In: Simpósio Nacional Sobre Recuperação De Áreas Degradadas: Água E Biodiversidade. Belo Horizonte/MG: Sobrade, 2002. p. 463-465.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento**. Boletim de Geografia Teórica. Rio Claro/SP, 1998.

COSTA, Heloísa S. M. **Natureza, mercado e cultura: caminhos da expansão metropolitana de Belo Horizonte**. Belo Horizonte/MG: Sobrade, 1998,

COSTA, Lucia Maria Sá Antunes - **Rios e Paisagens Urbanas em cidades Brasileiras – 1ª Edição – Rio de Janeiro/RJ: Vianna e Marley: Ed. PROURB, 2003.**

DO CARMO, Flavio. **Importância Ambiental e Estado de Conservação dos Ecossistemas de Cangas no Quadrilátero Ferrífero e Proposta de Áreas-Alvo para a Investigação e Proteção da Biodiversidade em Minas Gerais**. Dissertação. Belo Horizonte/MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

EDGAR Shinzato, CARVALHO, Filho Amaury. **PROJETO APA SUL RMBH: Estudos do meio físico, pedologia**. Belo Horizonte/MG: CPRM/EMBRAPA/SEMAD, 2005.

FRANCISCO, Alyson. NUNES, João. **Aplicação de metodologia de estaqueamento para estudo do processo de voçorocamento**. Caderno Prudentino de geografia. Rancharia/SP: Cenofisco, 2009.

GONÇALVES, L. F. H. **Avaliação e Diagnóstico da Distribuição Espacial e Temporal dos Movimentos de Massa com a Expansão da Área Urbana de Petrópolis/RJ**. Rio de JaneiroRJ: UFRJ, 1998.

GONÇALVES, L. F. H. GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. et al. **Movimentos de Massa na Cidade de Petrópolis/RJ**. In: Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro/RJ: Editora Bertrand Brasil. p. 189 - 248.

GOUDIE, A.S. **Techniques for Desert Reclamation**. New York: Wiley, 1990.

GUERRA, A. J. T. MORTLOCK, D. F. **Land degradation in Brazil** In. International symposium on gully erosion under global change. Leuven Book of Abstracts. Leuven: Universidade Católica de Leuven, 1998. v.1, n.1, p. 61-62.

GUERRA, Antônio J. T e CUNHA, Sandra B. **Geomorfologia e Meio Ambiente - 11ª Edição**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

HIGHLAND, L.M., and BOBROWSKY, Peter. **The landslide handbook – A guide to understanding landslides**. Reston, Virginia, U.S: Geological Survey Circular 1325, 2008. p. 129.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acesso: Outubro de 2014.

IPEAD - Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas Administrativas e Contábeis de Minas Gerais. **Classificação dos bairros de Belo Horizonte, 2000**. Disponível em: <<http://web.ipead.face.ufmg.br/site>>. Acesso: Setembro de 2014.

JUPIRA G. de; GODINHO, Maria H. L. et al. **População espaço e gestão na metrópole: novas configurações, velhas desigualdades**. Belo Horizonte/MG: PUC Minas, 2003. p. 159-179.

LOPES, S. L. GUERRA, A. J. T. **Monitoramento de voçorocas por satélites GPS em áreas de areia quartzosa podzolizada: Praia Mole, Florianópolis-SC**. In. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia/GO: Informare, 2001. v. 1, n. 1, p. 106.

MORTARI, Diógenes. CARVALHO, José Camapum. LIMA, Marisaides Cruz. **Considerações sobre prevenção e controle de Voçorocas**. In: VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Considerações sobre prevenção e controle de Voçorocas. Goiânia/GO: Informare, 2001. p. 1-10.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. BOTELHO, R. G. M. et al. **Erosão e Conservação dos Solos - Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand Brasil, 1999. p. 57-99.

RUCHKYS et al. **Geoparque Quadrilátero Ferrífero – Proposta**. Belo Horizonte: SEMAD, 2007.

SAADI, Allaoua. **A geomorfologia como ciência de apoio ao planejamento urbano em Minas Gerais – Belo Horizonte: UFMG, 2004**.

SAADI, Allaoua. **A Erosão nos Trópicos Úmidos: modalidades processos e resultados**. Catas Altas/MG: Ecocentro Escarpas do Caraça, 2012.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica, tempo, razão e emoção**. São Paulo: Hucitec, 1990.

TEIXEIRA, Renato. SOUZA, Lígia. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. Matas ciliares e áreas de recarga hídrica: Curitiba/PR: FINEP, 2003.

TEIXEIRA, Wilson et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

VIEIRA, Rafael Tavares de Lucena Lotti. FERREIRA, Matteus Carvalho. ALMEIDA, Eliane Ferreira Silva. **Efeitos da urbanização sobre a paisagem – Monitoramento de voçoroca no município de Nova Lima em Minas Gerais/Brasil**. In. XV Encuentro de Geógrafos de América Latina. Cuba/Havana, 2015.

ZAMUNER, L.D. **Erosão urbana em Maringá-Pr: O caso do Parque Florestal dos Pioneiros - Bosque II**. Dissertação (Mestrado). Maringá/PR: Universidade Estadual de Maringá, 2001.