

NOTAS SOBRE O RÁPIDO SURGIMENTO E EXPANSÃO DE VOÇOROCA EM VIA DE CIRCULAÇÃO PAVIMENTADA NO DISTRITO INDUSTRIAL 2 – MANAUS (AM)*

VIEIRA, A.F.G.¹

¹ Professor Assistente II, Departamento de Geografia da UFAM. Doutorando do Programa de pós-graduação em Geografia da UFSC. Bolsista da CAPES - Universidade Federal do Amazonas – UFAM Instituto de Ciências Humanas e Letras – ICHL, Departamento de Geografia, Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000 – Coroadó, CEP 69077-000 Manaus – AM, e-mail: fabiovieira@ufam.edu.br

MOLINARI, D.C.²

² Mestrando do Programa de pós-graduação em Geografia da UFSC. Bolsista do CNPq - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGG Campus Universitário Trindade – Caixa Postal – 476, CEP.: 88040-970 Florianópolis – SC, e-mail: molinari_geo@yahoo.com.br

RESUMO

A ocorrência de processos erosivos intensos em Manaus, em particular, no Distrito Industrial 2, constitui-se na área de maior ocorrência de voçorocas na cidade, com o total de 26 incisões. Nesta área, para este trabalho foi escolhida uma voçoroca em função do eminente risco que esta vem demonstrando para a circulação de pessoas e veículos e do seu rápido surgimento e evolução (surgiu no final do ano de 2005 e em apenas 05 meses atingiu a via de circulação). Acrescenta-se a esses os impactos socioambientais com risco à população (proliferação de doenças e risco de desabamento de moradias). Os objetivos deste trabalho foram o de monitorar a referida voçoroca, estimar as perdas em m² e m³, caracterizar as principais feições nela existentes, estimar em valores os danos materiais e descrever suas conseqüências no que tange à questão ambiental. Os dados relativos à área foram obtidos a partir do monitoramento da incisão por meio da técnica denominada *levantamento por ordenada* (COMASTRI, 1992). Duas principais feições foram observadas no interior dessa voçoroca, as alcovas de regressão e os filetes verticais. As *alcovas de regressão* são, segundo Oliveira (1999), “feições erosivas que podem ser observadas sob diferentes condições litológicas e climáticas, podendo ser esculpidas tanto por escoamento superficial na forma de filetes subverticais [...], quanto pela exfiltração do lençol freático [...], ou ainda pela combinação desses dois mecanismos”. Os *filetes verticais* também foram vistos com bastante freqüência nas paredes da voçoroca estudada. Cabe uma maior investigação a respeito dessas fraturas, pois essas linhas de fraqueza podem sofrer uma ruptura e resultar em blocos que se deslocam para o interior da incisão (movimentos de massa). Com o avanço da voçoroca sobre a via de acesso, alguns dados podem ser aqui destacados: destruição de 629,5m² de área que constitui aproximadamente 6592m³ de material evacuado, que juntamente com outras incisões próximas estão contribuindo para o assoreamento do canal a jusante. A principal característica desta feição erosiva é a velocidade do desenvolvimento, confirmado pela sua dimensão e evolução em direção a estrada num primeiro momento. Este último fato reforça a necessidade de entender o processo, com base técnica para as medidas de contenção a serem tomadas pelo poder público, na perspectiva de reduzir os impactos socioeconômicos e ambientais em curso.

Palavras-chaves: voçoroca, urbano, Manaus.

* O Distrito Industrial 2 de Manaus está inserido na área de estudo do primeiro autor, no desenvolvimento de sua tese de doutorado (em andamento). Trabalho ligado ao Grupo de Pesquisa *Geografia Física da Amazônia* (UFAM/CNPq).

INTRODUÇÃO

A deflagração de processos erosivos intensos em ambiente urbano constitui-se numa manifestação clara do desequilíbrio ambiental resultante da ocupação de área sem os devidos critérios geotécnicos e com desconhecimento dos mecanismos que envolvem a erosão dos solos.

Na cidade de Manaus, o Distrito Industrial 2 representa a área de maior ocorrência de voçorocas, com o total de 26 incisões. A partir de 1997, esta parte da cidade vem sendo alvo de inúmeros trabalhos, os quais visam compreender a dinâmica erosiva destas incisões. Entre esses trabalhos, citamos o *Cadastramento das voçorocas do Distrito Industrial II – Manaus/AM* (VIEIRA *et al*, 1999), *A Capacidade de infiltração de água no solo na área do Distrito Industrial II – Manaus/AM* (MOLINARI, 2004), *Impactos Ambientais Urbanos: causas e conseqüências das voçorocas do Distrito Industrial II – Manaus/AM* (MUNIZ, 2004), *Monitoramento de voçorocas a partir da técnica poligonais planimétricas na área do Distrito Industrial II – Manaus/AM* (SILVA, 2004), entre outros.

A escolha de uma única voçoroca da área acima citada para a exemplificação deste trabalho, deve-se ao fato de sua magnitude de evolução (esta voçoroca surgiu no final do ano de 2005 e em apenas 05 meses atingiu a via de circulação), representatividade na paisagem e suas implicações a circulação. Acrescente-se a esses os impactos socioambientais com o risco a população (proliferação de doenças e risco de desabamento de moradias).

Desta forma, os objetivos deste trabalho foram o de monitorar a referida voçoroca; estimar as perdas em m^2 e m^3 ; caracterizar as principais feições nela existentes, estimar em valores os danos materiais e descrever suas conseqüências no que tange à questão ambiental.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho, encontra-se inserida no limite urbano da cidade de Manaus, especificamente na área de expansão do Distrito Industrial, na zona leste, ocupando cerca de 9 km^2 , com grande concentração de processos erosivos (**figura 1**).

Esta área foi adquirida pela SUFRAMA em 1978, para atender a instalação de empresas, pois a primeira área destinada ao Distrito Industrial em Manaus revelou-se insuficiente à demanda de investidores. Juntamente com a ampliação ocorreu sua urbanização, contemplando: sistema viário pavimentado, rede de esgotos, água tratada, energia elétrica e telefone (MUNIZ *et al*, 2004).

Inserida na Formação Geológica Alter do Chão (Mesozóico), a qual é constituída de sedimentos vermelhos consolidados, compostos de argilitos, siltitos, arenitos e folhelhos. Aflora em vários pontos da área estudada (no interior de algumas voçorocas) o Arenito Manaus, de coloração vermelha a rósea, com mosqueados, composto também com concreções lateríticas (CARVALHO *et al*, 2003).

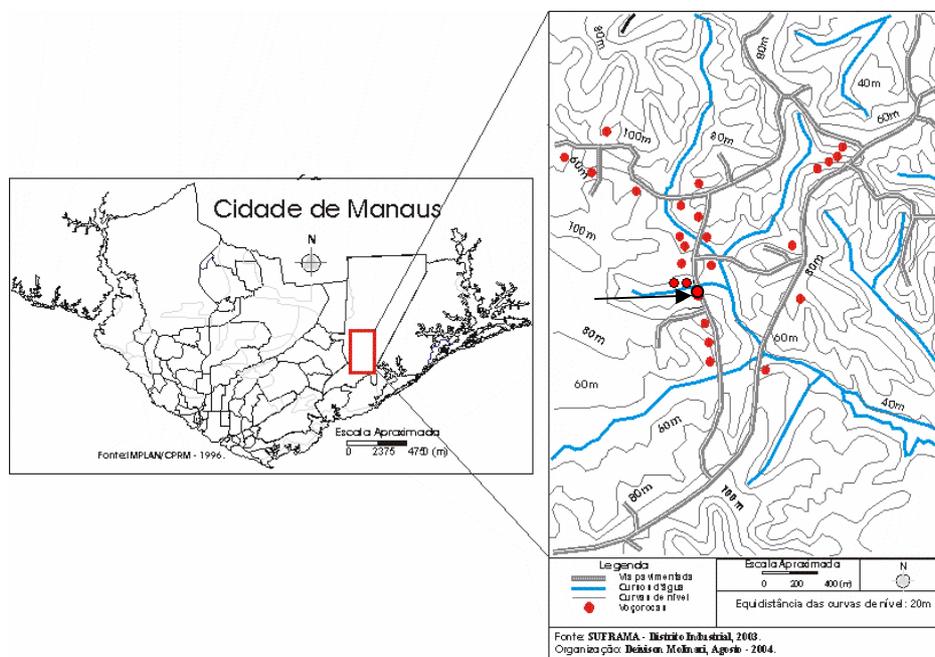


Figura 1 – Distrito Industrial II – Manaus (AM). A Seta na figura acima, indica a localização da voçoroca aqui estudada. Molinari (2004) modificado por Molinari (2006).

Sobre esta formação, desenvolvem-se solos do tipo *latossolo amarelo*, caracterizados pela textura argilosa nas camadas superiores com percentuais que variam de 75 a 90%. Por essa característica, teoricamente este solo deveria apresentar uma resistência maior à ocorrência de processos erosivos (VIEIRA, *et al.*, 2004).

Do ponto de vista geomorfológico, encontra-se no Planalto da Amazônia Oriental. Localmente a área apresenta um relevo bastante dissecado caracterizado por platôs com extensões que variam de 200m a 1200m que terminam em encostas de grande declividade, a maioria convexa. Entre os platôs observam-se vales encaixados preenchidos por uma densa rede de canais (igarapés).

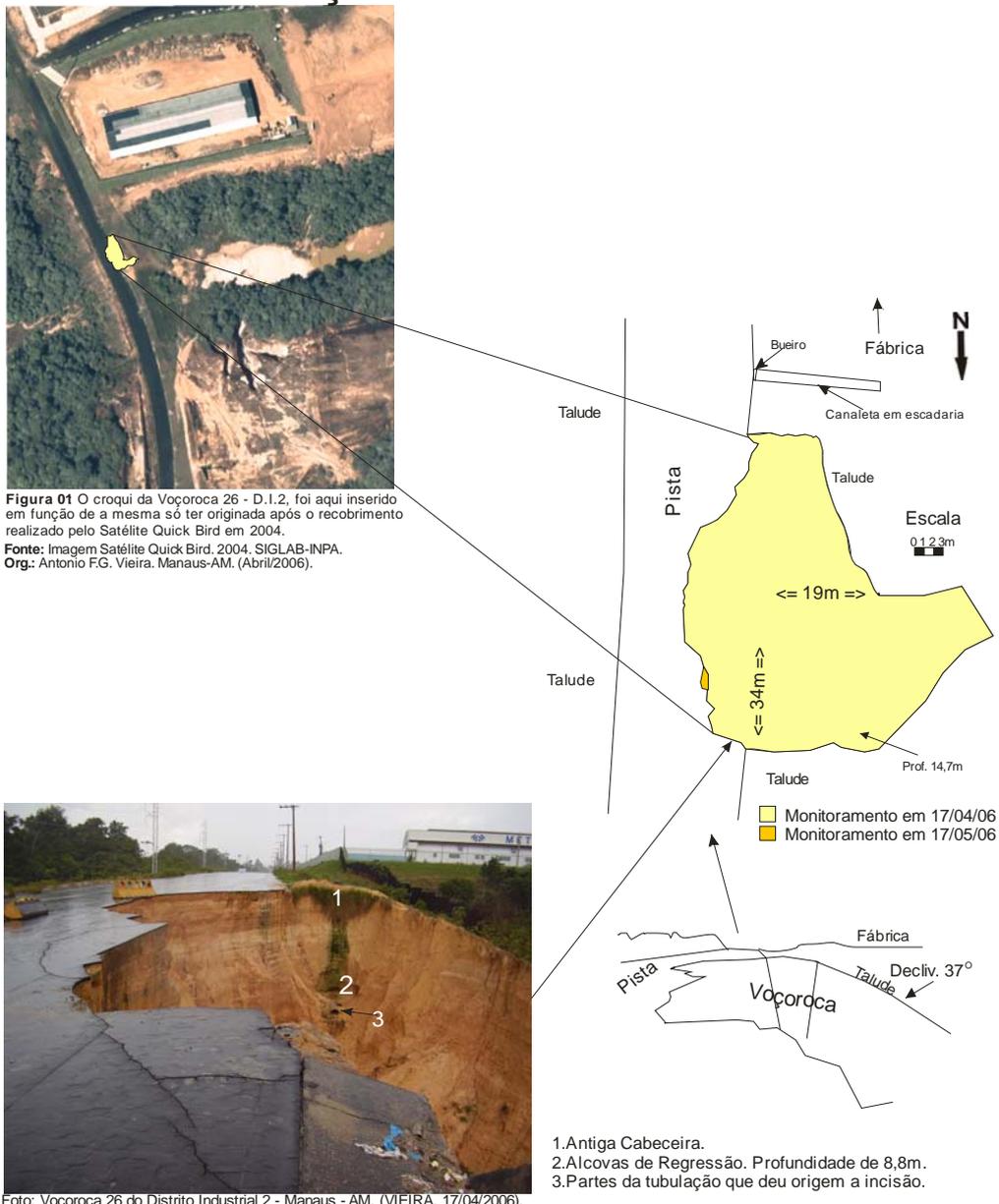
No que diz respeito ao clima, a cidade de Manaus está inserida no tipo climático Equatorial Quente e Úmido, com precipitação média anual entre 2250 e 2750mm, sendo geralmente o mês de março o mais chuvoso e agosto o de menor índice pluviométrico. As temperaturas médias anuais ficam entre 25,6°C e 27,6°C. A máxima fica em torno de 38°C e a mínima perto dos 16°C. A umidade média é de 80% (AGUIAR, 1995).

Originalmente, a cidade compreende a vegetação da Floresta Ombrófila Densa. No entanto, apesar da área ter sido bastante alterada, no entorno e no interior desta existe ainda uma dominância de espécies pertencentes a vegetação nativa que formam pequenas “ilhas verdes”.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A incisão escolhida para esse trabalho corresponde à Voçoroca N^o. 26 (**figura 2**), recentemente cadastrada (17/04/2006). Suas características morfométricas correspondem ao Tipo Conectada (OLIVEIRA, 1996) e Forma Retangular (VIEIRA, 1999).

VOÇOROCA 26 - D.I. - 2



Feições e mecanismos de retrabalhamento

Duas principais feições foram observadas no interior dessa voçoroca, as alcovas de regressão e os filetes verticais.

As *alcovas de regressão* são segundo Oliveira (1999) “feições erosivas que podem ser observadas sob diferentes condições litológicas e climáticas, podendo ser esculpidas tanto por escoamento superficial na forma de filetes subverticais [...], quanto pela exfiltração do lençol freático [...], ou ainda pela combinação desses dois mecanismos” (Figura 3).

Foi verificada nas paredes da voçoroca estudada a ocorrência de pequenas alcovas. O local de ocorrência desse tipo de feição demonstra a existência de camada menos resistente a erosão. A expansão dessas feições resulta em desmoronamento das camadas acima, uma vez que a base de sustentação deixou de existir pelo vazio deixado pela presença desta.

Em outras palavras, as alcovas de regressão, representam um importante papel para o entendimento dos materiais e mecanismos envolvidos na expansão das voçorocas.

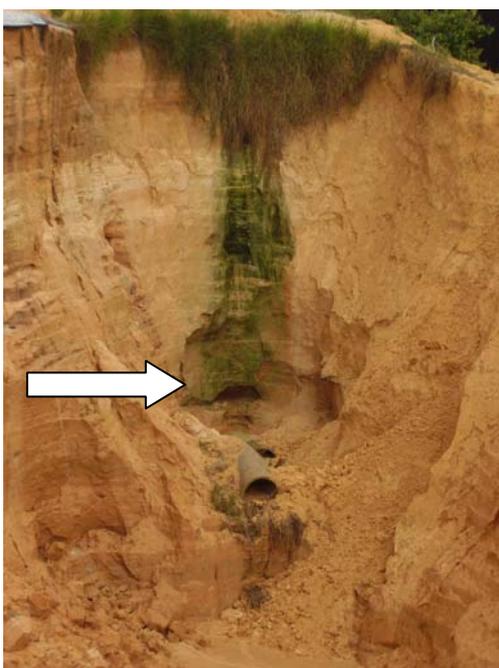


Figura 3 – A seta indica a alcova em evolução na antiga cabeceira pelo escoamento vertical e subvertical. Voçoroca 26 DI.2. – Manaus/AM. (VIEIRA, Abril/2006).

Os *filetes verticais* também foram vistos com bastante frequência nas paredes da voçoroca estudada. Em outras voçorocas na cidade de Manaus, a ocorrência de filetes verticais é bastante corrente. Lima (1999) estudando a Voçoroca Siderama2 (também na área do Distrito Industrial em Manaus) atribuiu a esses caminhos preferências da água da

chuva a linhas de fraturas. Cabe uma maior investigação a respeito dessas fraturas, pois essas linhas de fraqueza podem sofrer uma ruptura e resultar em blocos que se deslocam para o interior da incisão (movimentos de massa).

Esses movimentos gravitacionais de massa, deflagrados na forma de tombamentos, escorregamento e fluxo de lama podem ser identificados a partir das marcas nas paredes e por depósitos na base da incisão erosiva (**Figura 4**). De forma geral, estes movimentos de massa se diferenciam devido à velocidade do movimento, volume de água, modo de deformação e pela geometria da massa movimentada.

Os *tombamentos* também chamados de *queda em bloco* apresentam-se como movimentos abruptos de queda livre do solo, são movimentos extremamente rápidos pela ação da gravidade. Localmente, podem ser observados locais potencialmente susceptíveis a tombamento devido aos fraturamentos superficiais nas bordas da voçoroca. Além disso, os tombamentos contribuem decisivamente para a formação dos depósitos de base.

Nos *escorregamentos* visualizados, a movimentação do material é bastante acelerada, de maneira que o material transportado da parede da voçoroca ocasiona a formação de uma cunha vertical (superfície de arranque). Contudo, à medida que o escorregamento se desencadeia e os materiais se acumulam, estes tendem a se tornar mais estável adquirindo caráter retardado visualizado na formação de cones de dejeção na base da voçoroca.

Os *fluxos* verificados caracterizam-se por serem movimentos rápidos nos quais os materiais se comportam como fluidos altamente viscosos, geralmente associado à concentração excessiva dos fluxos d'água superficiais. Verificou-se que devido a quantidade de água e do material transportados os fluxos identificados são: de detritos ou de silte e areia (*debris flows*), corrida de terra (*earth flows*), corrida de lama (*mudflows*).

Em suma, os mecanismos de retrabalhamento verificados internamente na voçoroca, apresentam características e condicionantes diferentes. No entanto, uma similaridade se apresenta, ou seja, a formação de línguas de material acumulados no sopé da voçoroca e fendas transversais no material mobilizado, caracterizando a morfodinâmica acelerada e intensa na incisão erosiva em análise.



Figura 4 – Queda de imensos blocos indica a rápida evolução da incisão.
Voçoroca 26 DI.2. – Manaus/AM. (VIEIRA, Abril/2006).

Os danos materiais e ambientais

A voçoroca em questão apresenta 72m de comprimento, 18m de largura média e 11,7m de profundidade média. O sentido de evolução da parte mais a jusante até aproximadamente a metade da incisão segue em direção W-L, deste ponto até a cabeceira o sentido é N-S (N10E). Com o avanço da voçoroca sobre a via de acesso, alguns dados podem ser aqui destacados: destruição de 201m² da pista, perda de 428,5m² do talude totalizando 629,5m² de área que constitui aproximadamente 7365m³ de material evacuado, que juntamente com outras incisões próximas estão contribuindo para o assoreamento do canal a jusante.

A partir destes dados e com base no valor do m² do Distrito Industrial (R\$64,96 – Prefeitura Municipal de Manaus, 31/07/05) multiplicado ao total da área (629,5m²) obtêm-se o valor total de R\$ 40.892,32 relativos a danos materiais. Vale destacar, que nesse valor não está inserido o valor da pista (asfalto, meio-fio e canaletas), custos com mão-de-obra e máquinas, rede elétrica (poste e fiação) e rede de drenagem (tubulação de água tratada e pluvial).

Os dados relativos à área foram obtidos a partir do monitoramento da incisão por meio da técnica denominada *levantamento por ordenada* (COMASTRI, 1992). Este monitoramento ocorre a partir de uma linha que é esticada paralela a incisão. Obtêm-se seu azimute e a cada 1 metro uma segunda linha é estendida em direção a borda da voçoroca, formando um ângulo de 90° com a utilização de um simples transferidor. Mede-se a distância desse ângulo com uma trena e esse procedimento se repete a cada metro, até que

toda a borda da incisão tenha sido contornada. Repetindo esse monitoramento é possível verificar os pontos de evolução, o volume e área erodidos e a forma da incisão no período.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal característica desta feição erosiva é a velocidade do surgimento (em aproximadamente 6 meses a voçoroca surgiu e atingiu a atual configuração), confirmado pela sua dimensão e evolução em direção a estrada num primeiro momento. Este último fato reforça a necessidade de entender o processo, como sustentáculo técnico para as medidas de contenção a serem tomadas pelo Poder Público, na perspectiva de reduzir os impactos socioeconômicos e ambientais em curso.

Outro aspecto importante é a possível “captura de drenagem”, a qual pode ocorrer se forem mantidos o sentido de crescimento atual, o que resultaria no crescimento da voçoroca transversalmente a estrada, ocasionando uma retomada às condições geomorfológicas pretéritas desta paisagem. Pela atual configuração do ambiente, verifica-se que a pista foi construída com material de empréstimo, ou seja, essa “captura de drenagem” é, portanto, uma volta às condições do passado.

Ainda a esse respeito, as medidas de contenções preliminares ocorridas por meio da instalação de bueiro por onde escoam as águas pluviais para uma *canaleta do tipo escadaria* (**Figura 5**), conteve o crescimento de sua cabeceira na direção sul. Todavia, essa medida não conseguiu capturar toda água que escoam sobre a pista, fato que conduz a uma expansão da borda, de maneira, que esta pode configurar-se como futura cabeceira de drenagem, perpendicular a pista.



Figura 5 – Sem a construção desta canaleta, a grande quantidade de água por ela escoada propiciaria a rápida expansão da incisão. (VIEIRA, 2006).

Caso atinja o outro lado da pista, acreditamos que a expansão da incisão ocorrerá primeiramente pelo surgimento de ravinamentos e a posteriori movimentos de massa.

Após segunda visita ocorrida em 17/05/06, percebeu-se que o escoamento da estrada não contribuiu significativamente para a expansão da incisão. Sua progressão ocorre pela chuva que incide diretamente na voçoroca, formando fluxos concentrados, que promovem o solapamento na base de sua parede, uma vez que a área de contribuição (179,5m²) pouco fornece água por escoamento.

A expansão da voçoroca em termos de área foi de apenas 2,5m² e de 8,75m³ no período monitorado (17/04 a 17/05/06). No entanto, no interior da incisão verificou-se certo “alargamento” interno (sem que isso afetasse a área da incisão) da incisão, tornando as paredes da voçoroca mais verticais.

A presença de voçorocas que evoluíram em direção a vias pavimentadas no Distrito Industrial 2, não é fato novo. Em 1997, na mesma estrada, a aproximadamente 500m a montante, uma voçoroca atravessou a pista, causando sérios impactos socioeconômicos e ambientais, sendo contida através de aterros e instalação de canaletas de dissipação. Outras voçorocas também existentes na área tendem a evoluir em direção a pista.

Diante do exposto, estariam essas incisões ligadas a algum controle estrutural ou simplesmente resultante das obras ineficientes da rede de drenagem pluvial? Estudos estão sendo realizados para confirmar ou não essas e outras questões relativas à voçorocamentos em Manaus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, F. E. O. (1995). **As alterações climáticas em Manaus no século XX.** (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Geociências / Departamento de Geografia. 182.p.

CARVALHO, A. S.; SOUZA, V. S.; FERNANDES FILHO, L. A.; NOGUEIRA, A. C. R. (2003). **A Geologia da Região de Manaus.** In: VIII Simpósio de Geologia da Amazônia. Manaus (AM). (CD ROOM). Manaus: Geociências-Geologia/UFAM.

COMASTRI, J.A. (1992). Métodos de Levantamento Topográfico. **IN:** _____ . **Topografia Planimetria.** 2ª edição. Viçosa , MG: UFV, Impr.Univ. p.199-200

LIMA, M. C. (1999). **Contribuição ao Estudo do Processo Evolutivo de Boçorocas na Área Urbana de Manaus.** (Dissertação de Mestrado). Brasília – DF: Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília - Faculdade de Tecnologia. 150p.

MOLINARI, D.C. (2004). **A Capacidade de infiltração de água no solo na área do Distrito Industrial II – Manaus/AM.** Relatório Final de Iniciação Científica. Manaus: UFAM. 89p.

MUNIZ, L.da. S. (2004). **Impactos Ambientais Urbanos: causas e conseqüências das voçorocas do Distrito Industrial II – Manaus/AM.** Relatório Final de Iniciação Científica. Manaus: UFAM. 102p.

MUNIZ, L.da S.; VIEIRA, A.F.G.; ALBUQUERQUE, A.R.da C. (2004). Voçorocas do Distrito Industrial II – Manaus (AM). **In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia.** Santa Maria: UFSM. 13p.

OLIVEIRA, M.A.T.de. (1996). Evolução de voçorocas e integração de canais em áreas de cabeceira de drenagem: modelo conceitual, taxas de erosão e sinergia de mecanismos. **In: Geosul.** N^{os}. 19/20 – Ano X – 1o. e 2o. Semestres de 1995. Florianópolis: EDUFSC. p. 153-182

_____. (1999). Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. **In: GUERRA, A.J.T; SILVA, A.S.da; BOTELHO, R.G.M. (orgs.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. Pp. 7-99

SILVA, M.M.da. (2004). **Monitoramento de voçorocas a partir da técnica poligonais planimétricas na área do Distrito Industrial II – Manaus/AM.** Relatório Final de Iniciação Científica. Manaus: UFAM. 57p.

VIEIRA, A.F.G. (1999). Definições, classificações e formas de voçorocas. **In: Revista de Geografia da U.A.** v.1, n.1. Manaus: EDUA. p. 27-42

VIEIRA, A.F.G.; CUNHA, R.P.da; MARINHO, J.C.; COSTA, J.de F. (1999). Cadastramento das voçorocas do Distrito Industrial II – Manaus/AM. **In: 9a. Semana de Geografia do Amazonas.** Anais. Manaus: EDUA. p. 149-150

VIEIRA, A.F.G. e ALBUQUERQUE, A.R.da C. (2004). Cadastramento de voçorocas e análise do risco erosivo em estradas: BR-174 (Trecho Manaus-Presidente Figueiredo). **In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia.** Santa Maria: UFSM. p. 1-13