

PROCESSOS EROSIVOS LINEARES EM ÁREAS DE RECARGA DO AQUÍFERO GUARANI

HELOISA F. FILIZOLA ¹

RENÉ BOULET ²

MARCO ANTONIO FERREIRA GOMES ¹

¹EMBRAPA MEIO AMBIENTE

Caixa Postal 69 - 13820-000 - Jaguariúna - SP, Brasil

{filizola, gomes@cnpma.embrapa.br}

²Nupegel / ESALQ -USP

Av. Pádua Dias, 11 - 13418-900 - Piracicaba - SP

Resumo. Sulcos, ravinas e voçorocas presentes em grande parte do território brasileiro. Geralmente estão associados ao uso do solo, ao substrato geológico, ao tipo de solo, ao relevo e às características climáticas e hidrológicas. O desenvolvimento dos processos erosivos é geralmente atribuído a mudanças ambientais induzidas pelas atividades humanas. As áreas de recarga do Aquífero Guarani são áreas potencialmente frágeis frente aos processos erosivos. Trabalhos em desenvolvimento nestas áreas, próximas às nascentes do Rio Araguaia, nos Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, têm mostrado que, com o incremento da agropecuária a partir dos anos 70, os processos erosivos lineares, em especial aqueles de grande porte, têm aumentado de maneira considerável e que até agora não foi possível encontrar-se soluções duradouras e de baixo custo para a estabilização das voçorocas existentes, já que os processos de gênese e evolução das mesmas são ainda pouco conhecidos.

Palavras-chave: ravinas, voçorocas, gênese, Rio Araguaia.

1. Introdução

Sulcos, ravinas e voçorocas estão presentes em praticamente todo o Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e geralmente estão associados ao uso do solo, ao substrato geológico, ao tipo de solo, às características climáticas, hidrológicas e ao relevo. O desenvolvimento das ravinas e voçorocas descrito na literatura brasileira é geralmente atribuído a mudanças ambientais induzidas pelas atividades humanas (IPT 1986, 1988; Oliveira & Salomão, 1992; Salomão, 1994).

A grande maioria de trabalhos sobre as ravinas e voçorocas mostra que sua ocorrência está associada a formações sedimentares arenosas (Setzer, 1949; Prandini, 1974; Vieira, 1978;

Furlani, 1980; Rodrigues, 1982; IPT, 1986; Salomão, 1994), mas há também exemplos de voçorocas em solos provenientes de rochas cristalinas (Rodrigues, 1984; Meis et al., 1985; Oliveira & Meis, 1985; Silva, 1991; Bacellar et al., 2001). Segundo os dois últimos, a geologia das regiões do embasamento cristalino, com suas abruptas variações laterais, influi intensamente na propagação do voçorocamento. Contatos geológicos, diques ou até mesmo bandas internas à rocha de composição diferente são suficientes para acelerar, impedir ou desviar a propagação de uma voçoroca.

No Estado de São Paulo, os trabalhos desenvolvidos pelo DAEE e pelo IPT (1989) mostram que a predominância de erosões lineares está associada aos arenitos com cimentação carbonática, pertencentes às formações Marília e Adamantina do Grupo Bauru. As formações areníticas Caiuá, Santo Anastácio, Piramboia e Botucatu apresentam menores concentrações de ocorrências erosivas por unidade de área.

A influência do relevo no desenvolvimento de ravinas e voçorocas no Estado de São Paulo é enfatizada por vários autores, que as relacionam especialmente à forma e à declividade das vertentes. Oka-Fiori & Soares (1976), estudando a ocorrência de ravinas e voçorocas nas proximidades de Casa Branca e nas Folhas de Piracicaba, Rio Claro, São Pedro e Itirapina, verificaram que 95% dessas erosões se desenvolviam em encostas convexas. Conclusão semelhante foi observada por Vieira (1978), em voçorocas da cidade de Franca, e por Furlani (1980), na região de Casa Branca.

Já Bacellar et al. (2001) trabalhando na bacia do Rio Maracujá (MG) e Barbalho & Campos (2001), na alta bacia do Rio Araguaia (GO/MT), mostram que grande parte das voçorocas se desenvolve nos setores côncavos das cabeceiras de drenagem, com formas anfiteátricas (concavidades ou “hollows”). Estas formas propiciam a convergência natural das águas superficiais e subsuperficiais, favorecendo os movimentos de massa e o desenvolvimento de voçorocas.

As voçorocas atuais, que são mais frequentes nas concavidades do relevo, muitas vezes representam feições erosivas antigas, numa prova de que a erosão é recorrente e que tende a avançar pelas mesmas rotas já seguidas anteriormente, certamente devido ao condicionamento hídrico subsuperficial. Tal fato foi comprovado por Bacellar et al. (2001), que constataram que uma das voçorocas estudadas segue a trajetória de um antigo canal erosivo.

Estes autores chamam também a atenção para voçorocas com crescimento não concordante

com o gradiente topográfico local, que conduziu ao estudo da hidrologia subterrânea, dada a impossibilidade dos fluxos superficiais explicarem esta propagação anômala. Dados de levantamento geofísico por eletroresistividade sugerem que o crescimento desta voçoroca se deu em direção a uma zona subsuperficial com grande afluxo de água subterrânea. Levantamentos de campo demonstraram que estes afluxos de água acontecem ao longo de estruturas geológicas, principalmente fraturas e falhas.

Quanto à influência da cobertura pedológica no desenvolvimento de ravinas e voçorocas, observa-se concordância no que se refere a maior suscetibilidade dos solos de textura arenosa e média (Setzer, 1949; Christofolletti, 1968; Vieira, 1978; IPT, 1986; Salomão 1994).

Apesar de mais restrita, há possibilidades do desenvolvimento de ravinas e voçorocas em solos argilosos (Hsu, 1978; Folque, 1977), como os Latossolos Vermelho Escuro observados na região de Casa Branca, que estão associados à ocorrência de voçorocas, segundo Prandini et al. (1990). Neste caso, o desenvolvimento de voçorocas deve-se principalmente à presença de um horizonte C altamente erodível, proveniente da alteração de arenitos feldspáticos com intercalações de argilitos e siltitos pertencentes à Formação Aquidauana, que facilita o aprofundamento erosivo e a interceptação do lençol freático, desenvolvendo fenômenos de "piping".

Conclusão semelhante é manifestada por Parzanese (1991) com relação ao desenvolvimento de voçorocas em terrenos cristalinos constituídos por granitóides da região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais, que considera como principal condicionante a existência de um horizonte C de textura arenosa pouco coerente e extremamente erodível.

2. Processos de gênese e evolução de voçorocas

Na grande maioria dos casos, nas áreas agrícolas, as voçorocas começam com a formação de sulcos que evoluem para ravinas, na parte final das vertentes, devido a uma concentração de fluxos superficiais das águas de escoamento, geralmente provocada por desmatamento, trilhas de gado, construção de cercas, estradas ou caminhos mal posicionados ou de qualquer outra obra que interfira diretamente no regime hidrológico. Se o processo não for interrompido, a ravina aprofunda-se e progride longitudinalmente para montante.

Quando a ravina, aprofundando-se, atinge o lençol freático torna-se voçoroca (**Figura 1**); seu aprofundamento diminui pois o lençol torna-se seu nível de base (IPT, 1986). A dinâmica da

erosão muda por causa da intervenção das exportações de matéria sólida pela saída do lençol na base das paredes da voçoroca (piping). Estas exportações desestabilizam as paredes que caem em grandes blocos provocados por escorregamentos rotacionais, favorecidos pelos altos gradientes hidráulicos nos taludes. A voçoroca alarga-se e seu recuo, por erosão remontante, progride até que seu novo ponto de equilíbrio seja encontrado.



Figura 1.

Passagem de uma ravina a voçoroca.

O trabalho erosivo das águas superficiais persiste. Na borda das voçorocas, como das ravinas profundas, aparecem rachaduras paralelas a esta em consequência da decompressão do solo ligada à presença da parede (tension crack). A água de escoamento superficial, penetrando nestas rachaduras, provoca a queda dos blocos correspondentes.

Existem também voçorocas que se abrem de maneira abrupta por uma corrida de lama, como é o caso de duas voçorocas existentes próximas às nascentes do Rio Araguaia (Filizola, 2001).

3. As áreas de recarga do Aquífero Guarani

O Aquífero Guarani está localizado na região centro-leste da América do Sul, entre 12° e 35° de latitude Sul e entre 47° e 65° de longitude Oeste e ocupa, no Brasil, uma área de 840.000 km²,

abrangendo os Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (**Figura 2**).

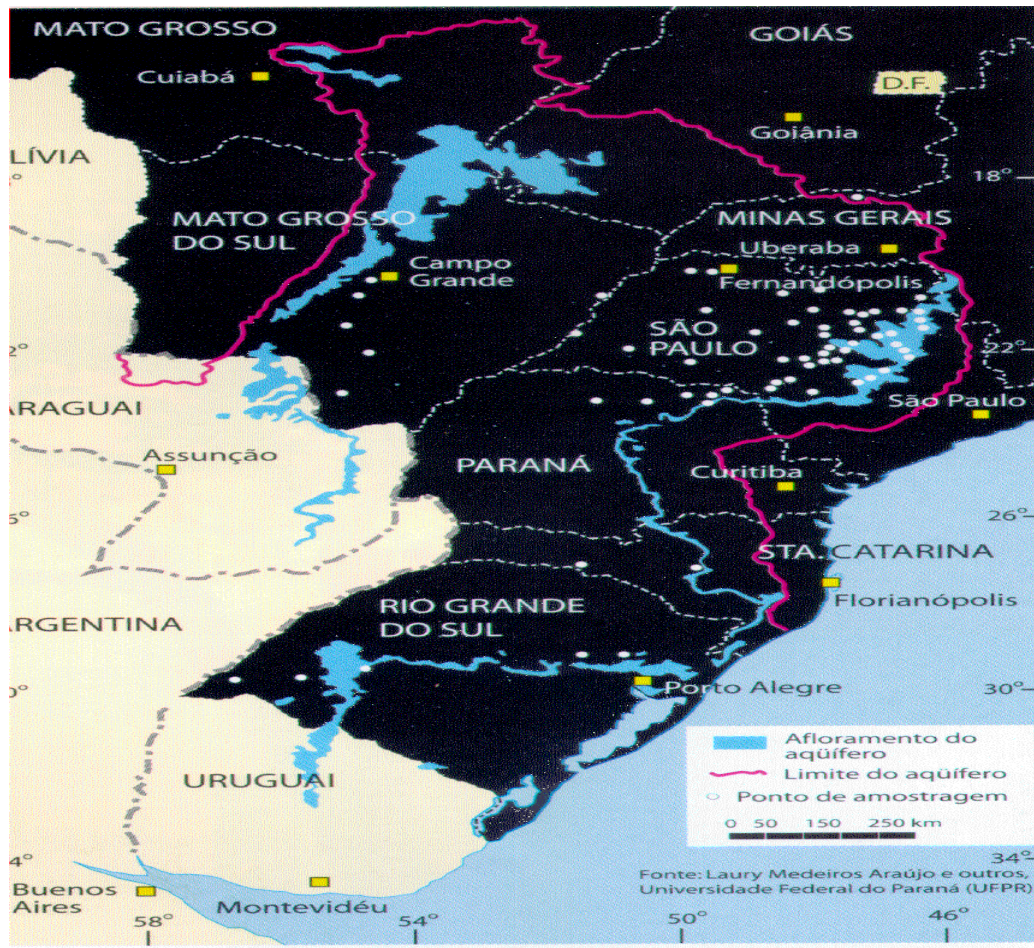


Figura 2. Localização das áreas de recarga do Aquífero Guarani.

Esse reservatório de água subterrânea é formado pelos sedimentos arenosos da Formação Pirambóia na base e pelo arenito Botucatu no topo e recoberto por derrames de basalto da Formação Serra Geral.

As áreas de afloramento das formações sedimentares acima são as áreas de recarga e estão localizadas principalmente nas bordas do aquífero. É através delas que a água, principalmente a da chuva, reabastece o aquífero. Sua recarga natural anual é de 160 km³/ano (DAEE, 2002).

Os solos desenvolvidos sobre os sedimentos arenosos das formações Botucatu e Piramboia são em grande parte classificados como Neossolos Quartzarênicos. São solos arenosos,

profundos, bem drenados, com seqüência de horizontes A-C, com baixíssimos teores de ferro e argila. Exibem, normalmente, cerca de 90% ou mais de quartzo nas frações areia fina e areia grossa, com ausência de minerais primários facilmente intemperizáveis. A estabilidade destes solos é baixa e quando não são utilizados com os devidos cuidados, os processos erosivos podem se instalar e progredir rapidamente.

Atualmente, a porção das áreas de recarga do Aquífero Guarani mais sujeita aos processos erosivos lineares está localizada nos Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

4. Processos erosivos lineares nas nascentes do rio Araguaia

Moreira (1999) mapeou 196 erosões lineares de grande porte em uma área de 90 X 100km, nas nascentes do Rio Araguaia (**Figura 3**). Destas, a maior parte evoluiu de maneira gradativa e sua gênese e evolução estão ligadas ao uso inadequado do solo. Nas fotos aéreas de 1964 e de 1977, não foi observada nenhuma voçoroca ou ravina de grande porte na região, o que significa que elas apareceram com o desenvolvimento agropecuário (Filizola et al., 2001).

Um trabalho desenvolvido em parceria com a Fundação Emas, na áreas das nascentes do Rio Araguaia, permitiu que tomássemos contato com o problema e tivéssemos maior conhecimento das grandes erosões lineares da região, das quais algumas serão apresentadas aqui, a título de exemplos.

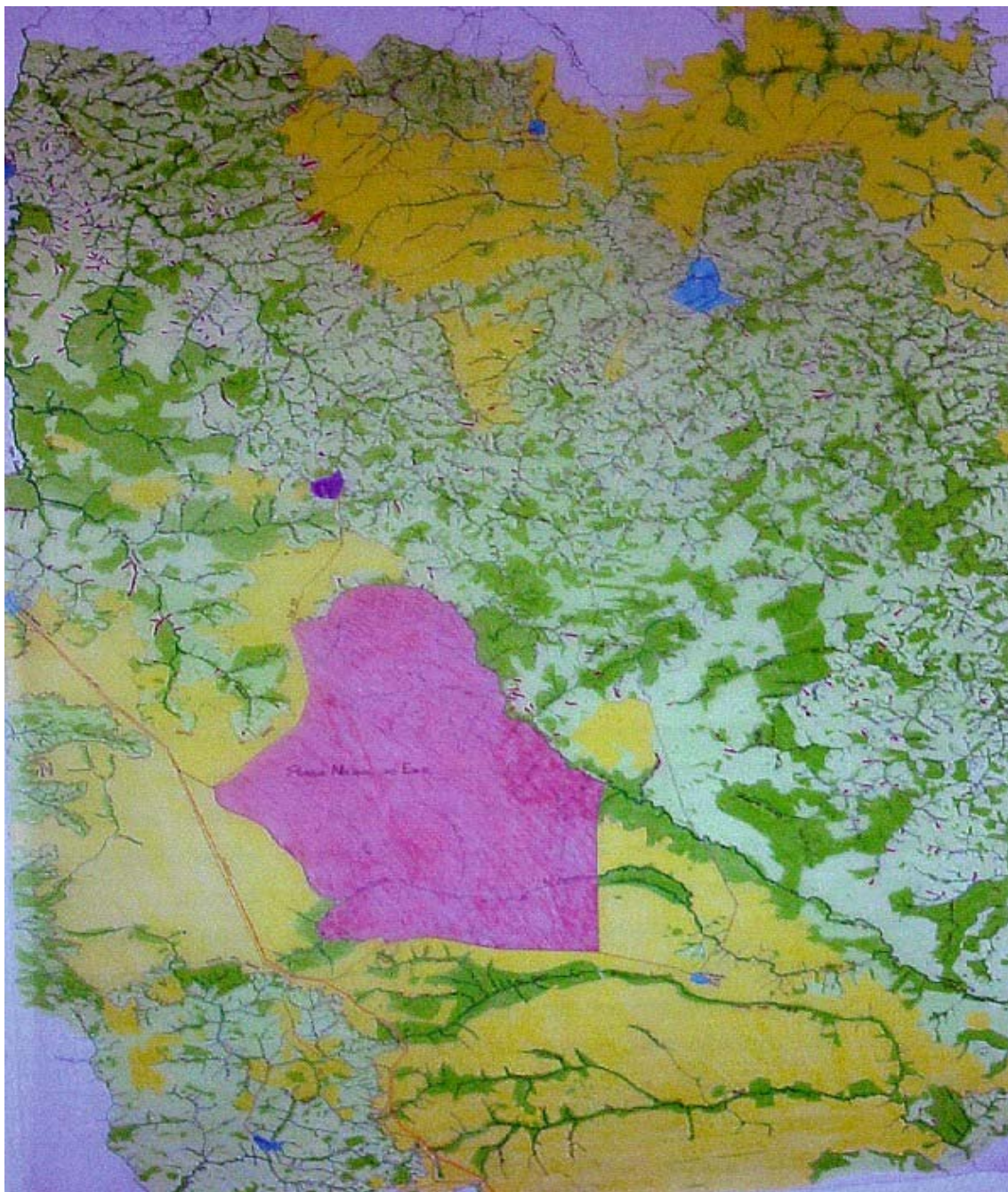


Figura 3. Localização de voçorocas e ravinas de grande porte (em vermelho), nas nascentes do Rio Araguaia.

Voçoroca Olho d'água: comporta dois braços, muito compridos e profundos. No braço direito, com mais de 800m de extensão e 30m de profundidade, o solo, na extremidade da cabeceira, é arenoso até 1,90m de profundidade e argilo-arenoso a partir de 2,50m. Na margem

esquerda deste braço, a textura é argilo-arenosa desde 20 a 60 cm de profundidade. Na margem da direita, a textura é arenosa. No braço da esquerda, com mais de 500m de extensão, a margem esquerda é argilo-arenosa desde 20 cm de profundidade e sobre várias centenas de metros de extensão a partir da cabeceira.

Isso parece mostrar que a textura não tem influência determinante sobre o crescimento longitudinal destas voçorocas e que são outros os principais fatores atuantes. As paredes da voçoroca não mostram cicatrizes de desmoronamentos recentes, dando a impressão que a voçoroca Olho d'água está praticamente parada.

Por outro lado, um morador do local conta que, no momento da abertura do braço da esquerda da Olho d'água em 1983, sua casa foi invadida por 50 cm de lama, indício de uma gênese catastrófica.

Na **Fazenda Roda Viva** existe uma grande voçoroca (> 400m de extensão), instalada num material muito arenoso, denominado localmente de areia. Na cabeceira desta voçoroca existia uma ravina profunda que foi fechada na estação de seca 2000. Em março 2001, data de nossa visita, observamos que a ravina não está se reconstituindo, mas a voçoroca continua funcional, alargando-se, já que a saída do lençol provoca o desmoronamento das paredes sob o efeito do piping e das águas de escoamento superficial.

Na **Fazenda Morro Limpo**, foram observadas várias voçorocas que correspondem ao modelo clássico. Começam por uma ravina profunda de 3 a 4 metros onde o papel das águas superficiais - desmoronamento do topo das paredes - é bastante perceptível. Foram construídas curvas de nível a montante da cabeceira das ravinas, que são refeitas a cada dois anos. Em uma das ravinas, foi construída uma barragem de terra que parece segurá-la. Mais para jusante podemos observar a passagem da ravina à voçoroca (**Figura 1**) por causa da saída do lençol no fundo da voçoroca. Lá, o problema da contenção muda por causa da intervenção do lençol. Foi feita uma barragem que foi destruída porque a água do lençol freático desestabilizou sua base.

Existe, na **Fazenda da Empresa Sementes Granada**, uma grande e profunda voçoroca instalada num material arenoso a areno-argiloso (**Figura 4**). Segundo um dos proprietários, existia inicialmente uma nascente que abastecia uma pequena represa onde havia uma roda de água. Em 1988, chuvas muito fortes derrubaram a represa e a roda de água foi colocada diretamente na nascente. Desenvolveu-se então uma voçoroca que progrediu 300 metros em 60 dias. Na estação seca de 1990, foi construída uma grande barragem para conter a voçoroca. A

barragem estourou em agosto do mesmo ano, ainda na estação seca, o que mostra que foi o lençol freático e não as chuvas, o responsável pela destruição da barragem. Após o acidente, foram construídas curvas de nível altas ao redor da voçoroca.



Figura 4. Vista parcial da voçoroca Granada.

Em março de 2001, quando visitamos a voçoroca, constatamos que as curvas de nível foram cortadas pela voçoroca (**Figura 5**).

Constatou-se também que, na margem direita, pedaços da plantação de eucaliptos desceram na parede da voçoroca (**Figura 6**). Mais para jusante, existe uma vegetação de mata nativa, que também está deslizando na parede da voçoroca. A **Figura 4** mostra o que permanece da barragem: um pedaço de rampa utilizado pelos animais silvestres quando vão beber água no fundo da voçoroca.

Esta voçoroca apresenta um dado muito interessante, que é a relação entre a ravina inicial e a voçoroca. Na cabeceira da voçoroca pode-se observar que a ravina está cortada pela voçoroca e que o último desmoronamento correspondente é recente (**Figura 7**). Coloca-se então o problema da velocidade de crescimento da ravina inicial e aquela da voçoroca. Visitamos esta ravina e parece que está parada por causa das curvas de contenção instaladas em 1990. Então, nada se pode concluir no que diz respeito à velocidade relativa de crescimento da ravina inicial e da voçoroca que deriva desta. Todavia, é provável que a voçoroca progrida mais rapidamente que a

ravina “matriz” e acabe por fazê-la desaparecer.



Figura 5. Curva de nível cortada pela voçoroca da Fazenda Granada.



Figura 6. Deslizamentos nas paredes da voçoroca Granada.



Figura 7. Ravina inicial cortada pela voçoroca Granada.

Nas **Fazendas Santa Rita e Vida Nova**, foi realizada, pelos proprietários, uma tentativa de contenção de voçorocas médias (menos de 10 m de profundidade) muito interessante, esquematizada na **Figura 8** e que consiste em estabelecer barragens com um tubo de PVC que elimina a maior parte da água da represa, deixando esta decantar e permitindo seu assoreamento. Esta obra apesar de ser recente (estação de seca 2000) parece eficaz. O que se quer é conservar a terra e eliminar a água. Porém, parece já existir um problema, que corresponde a um início de desmoronamento da barragem superior. Isso é exclusivamente devido à saída de água que exporta matéria na base da barragem.

A voçoroca Chitolina (**Figura 9**) foi estudada com detalhe e sua gênese parece ter sido similar a do braço esquerdo da voçoroca Olho d'Água. Houve dois episódios de abertura da Chitolina. O primeiro deixou um canal à esquerda do atual e um depósito, o segundo depositou o recobrimento observado na topossequência feita na várzea (**Figura 10**), abriu o caminho do atual canal e projetou blocos de couraça de até 70cm de diâmetro, presentes na cobertura pedológica da

vertente, a 40 m de distância do canal, assim como prismas do perfil da várzea associando a turfa e a argila branca.

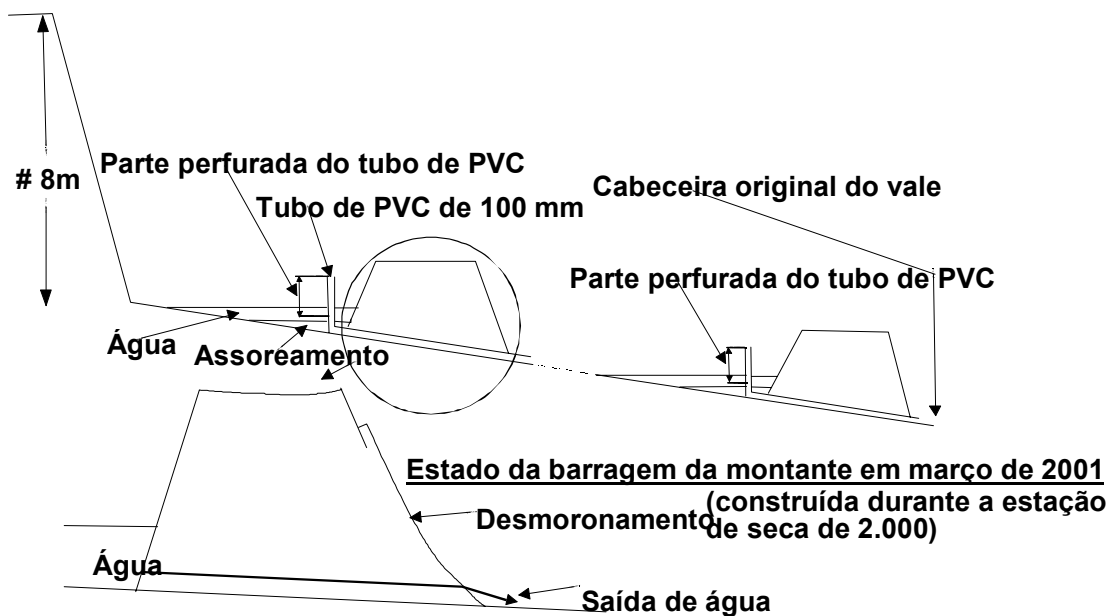


Figura 8. Obra de contenção de uma voçoroca na Fazenda Vida Nova (Mineiros - GO). Esquema sem escala.

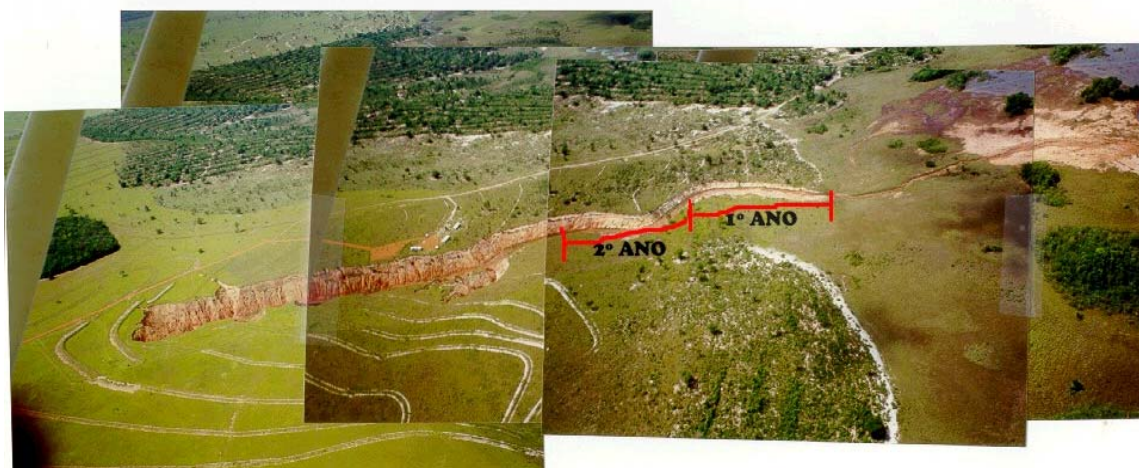


Figura 9. Vista aérea da voçoroca Chitolina, Mineiros GO.

Os depósitos barraram parcialmente o curso do Rio Araguaia, desviando-o e provocando assim a submersão de boa parte da mata galeria (**Figura 11**). A área destes depósitos delimitada na margem direita do rio Araguaia, atinge 11ha. Depois destes dois eventos catastróficos, a voçoroca começou a evoluir gradativamente, principalmente por piping, crescendo bastante rapidamente nos primeiros anos e diminuindo depois seu ritmo, atingindo 1300 m de comprimento em 2000. O volume de material erodido nestes quinze anos de existência da voçoroca foi calculado em 229.906 m³.

O delta do córrego (**Figura 9**) que aparece em bege claro a jusante do canal não corresponde a depósitos mas à presença de areia lavada na superfície do solo e à quase ausência de vegetação. Corresponde à área submersa por uma lâmina de água que transborda do canal durante a estação de chuva.

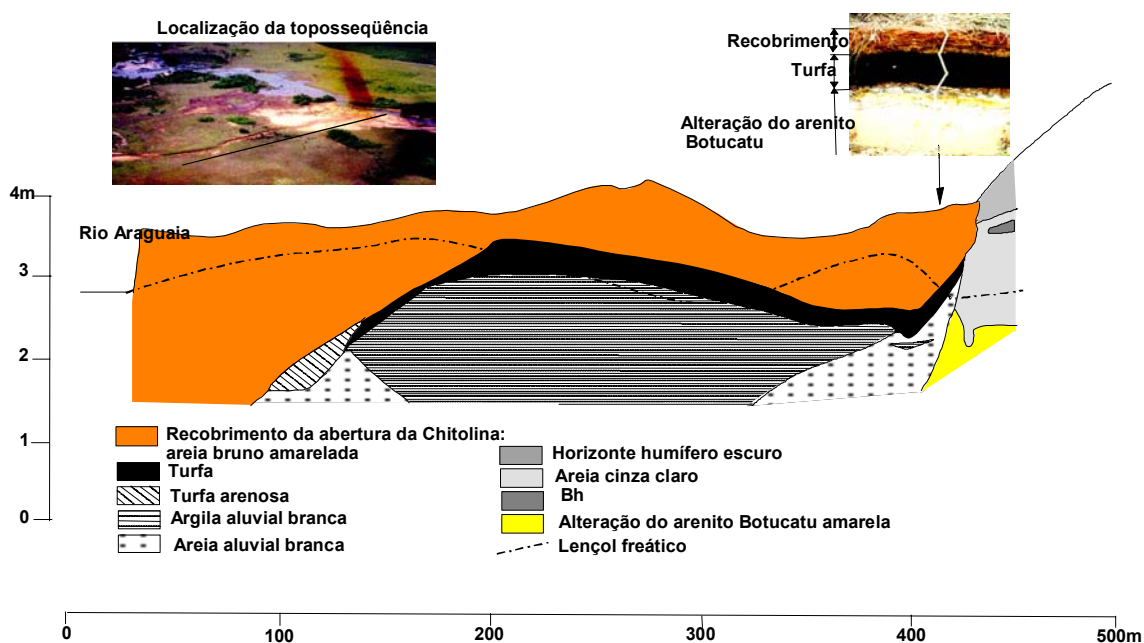


Figura 10. Topos sequencia na várzea do Rio Araguaia, margem direita do exutório da Chitolina.



Foto 11. Mata galeria submersa pelo desvio de curso do Rio Araguaia.

5. Gênese e evolução da voçoroca Chitolina

Na área onde hoje se encontra a voçoroca, a cultura da soja começou em 1981 com a utilização de curvas de contenção destinadas a eliminar o escoamento superficial e a erosão. A vegetação inicial era o cerrado, com predominância de gramíneas e, no período de introdução da agropecuária, houve relativamente poucas mudanças no ecossistema, particularmente no que se refere à pastagem, já que o cerrado era utilizado como pasto. A maior alteração foi provocada pelas trilhas de gado e caminhos e estradas que concentram as águas de escoamento superficial e provocam ravinamento. Mas, como a Chitolina não começou por uma ravina, podemos eliminar os fatores acima como causa da formação desta voçoroca.

As fotos aéreas de 1964 e 1977 mostram que, próximo da extremidade jusante de onde é hoje a voçoroca, havia um talvegue por onde corriam as águas pluviais. Estas fotos mostram também que a vegetação predominante era de campo limpo (pasto?), entremeada com áreas de campo sujo e capões de mato.

Segundo as declarações do ex-proprietário da área onde se encontra a voçoroca, “a Chitolina,

iniciou-se, da noite para o dia, em decorrência de uma chuva muito intensa. A utilização da área, para o plantio de soja, tinha sido iniciada dois anos antes. Nos anos de 1981 e 1982, as chuvas foram menos intensas e as curvas de nível baixas e com 2% de declividade suportaram bem as chuvas. Com as chuvas mais intensas do ano seguinte, as curvas foram levadas pelas águas e a voçoroca iniciou-se, em dezembro de 1983 com aproximadamente 150 m de extensão X 6m de profundidade e 8m de largura. No verão seguinte (1984/85) a voçoroca atingiu 300m de comprimento X 8m de profundidade e 10m de largura.”

O acompanhamento das imagens de Landsat, de 1984 a 1999, mostra que a Chitolina só é visível, na escala 1:100.000, em 1988; fica bem claro nesta imagem, e nas que a sucedem, que a voçoroca é marcada pelo córrego que passa a existir em seu fundo. O mapa planialtimétrico da área, assim como as fotos tomadas do avião, mostram que a Chitolina comporta mais de uma direção, chegando a apresentar uma forma meandrante em sua metade inicial.

Comparando uma fita vídeo de um vôo de 1995, com as fotos aéreas batidas em 2000, pode-se constatar que a voçoroca cresceu muito pouco longitudinalmente desde 1995 ou mesmo antes. Somente dois divertículos (A e B na **Figura 12**) existentes em 1995 cresceram com um estreito mas profundo entalhe. Um destes (A) atinge o pé da curva de nível e se formou depois da construção desta. Considerando que as curvas de contenção altas foram estabelecidas em 1997, papel destas curvas de contenção na quase parada do crescimento longitudinal da voçoroca permanece duvidoso. Um outro fator que pode ter diminuído o crescimento da voçoroca é que esta atingiu o material argilo-arenoso (25-40% de argila). Com efeito, os dois divertículos que cresceram estão do lado arenoso (**Figura 12**). A textura arenosa pode favorecer o voçorocamento, mas não parece ser determinante, como visto na voçoroca Olho d'Água.

6. Conclusões

No caso da voçoroca Chitolina, é provável que durante as chuvas excepcionais do verão 1983-84, a sobrealimentação do lençol tenha provocado a fluidificação do armazém do lençol no eixo de drenagem pluvial, provocando a corrida de lama e abrindo o primeiro estágio de abertura. A voçoroca Chitolina começou então por um processo cataclísmico que se repetiu no verão de 1984-85. Isso é um fenômeno raro e dificilmente previsível, que aconteceu também com a voçoroca Olho d'água.

Atribuímos as duas corridas de lama, que abriram a Chitolina, à sobrecarga do lençol devido aos

altos índices pluviométricos e às curvas de contenção que aumentaram a infiltração, deixando claro que isso não significa que estas curvas não permaneçam indispensáveis para impedir o ravinamento.



Figura 12. Vista longitudinal da voçoroca Chitolina, com os divertículos designados pelas letras A e B.

Foi constatado que o crescimento longitudinal da Chitolina quase parou entre 1995 (ou possivelmente antes) e 2000 o que mostra que as curvas de nível altas construídas em 1997, a montante da cabeceira, não tiveram um papel importante nesta parada.

A importância relativa dos dois mecanismos de evolução da voçoroca (ação do lençol freático e ação das águas superficiais) permanece desconhecida. A determinação é difícil, mas tem uma grande importância para a concepção de obras de contenção.

As evidências de processos de erosão interna no solo (piping), relacionados à ocorrência frequente de voçorocas em cabeceiras de drenagem e junto a fundo de vales, mostram a necessidade de pesquisas que subsidiem a compreensão das condições de seu desenvolvimento, especialmente aquelas relacionadas ao comportamento hídrico das vertentes. São praticamente ausentes na literatura especializada trabalhos que procuram identificar o comportamento diferenciado das águas superficiais e subsuperficiais em vertentes. Neste sentido, tendo em vista que a frequência das precipitações e os totais pluviométricos interferem nas oscilações do lençol freático e, portanto, no surgimento e desaparecimento de piping nas erosões lineares, e como potencialmente o nível do lençol está mais alto nos períodos chuvosos, são estes os períodos mais indicados para análise da dinâmica erosiva associada aos processos de piping.

Referências

- BACELLAR, L. A. P. **Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá, Ouro Preto, M.G.** 2000. 226 p. Tese (Doutorado) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.
- BACELLAR, L. A. P.; COELHO NETTO, A. L.; LACERDA, L. C. Fatores condicionantes do voçorocamento na bacia hidrográfica do Rio Maracujá, Ouro Preto, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 7., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABGE, 2001. CD-ROM.
- BARBALHO, M. G. S.; CAMPOS, A. B. Relações entre o relevo e as ocorrências erosivas na zona da alta bacia do Rio Araguaia (GO/MT). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 7., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABGE, 2001. CD-ROM.
- CHRISTOFOLETTI, A. O fenômeno morfogenético de Campinas. **Notícia Geomorfológica**, v. 8, n. 16, p. 3-92, 1968.
- DAEE/IPT. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de voçorocas urbanas.** São Paulo: Secretaria de Energia e Saneamento, Departamento de Águas e Energia Elétrica, 1989. 92 p.
- FILIZOLA, H. F. **Classificação dos domínios pedomorfoagroclimáticos e avaliação de riscos potenciais contraminação de águas subterrâneas Aquífero Guarani.** Relatório final do subprojeto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001.

FOLQUE, J. Erosão interna em solos coesivos, filtros de proteção. **Geotecnia**: Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia, v. 20, p. 35-50, 1977.

FURLANI, G. M. As boçorocas de Casa Branca e seu significado geomorfológico. **Geomorfologia**, v. 10, p. 12-15, 1980.

HSU, S. J. C. Aspectos de erosão interna ou "piping" em solos argilosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS, 6., 1978, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABMS, 1978. v. 1, p. 101-122.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Orientações para o combate à erosão no Estado de S. Paulo, Bacia do Peixe - Paranapanema**. São Paulo, 1986. 6 v. (IPT. Relatório, 24739).

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Orientações para o combate à erosão no estado de São Paulo Bacia do Baixo Tietê**. São Paulo, 1988. 3 v. (IPT. Relatório, 26 339).

MEIS, M. R. M.; COELHO NETTO, A. L.; MOURA, J. R. J. As discontinuidades das formações colúvias como condicionantes dos processos hidrológicos e de erosão linear acelerada. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 1985, Maringá. **Anais...** Maringá: ABGE, 1985. v. 1, p. 179-189.

MOREIRA, R. A. **Aqüífero Guarani**: caracterização agrícola das áreas de recarga na região de Mineiros-GO. 1999. 61 p. Trabalho de Graduação - Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior de Mineiros, Mineiros, 1999.

OKA-FIORI, C.; SOARES, P.C. Aspectos evolutivos das vossorocas. **Notícia Geomorfológica**, v. 16, n. 3, p. 114-124, 1976.

OLIVEIRA, M. A.; MEIS, M. R. M. Relações entre a geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal, SP). **Geociências**, v. 12, p. 87-99, 1985.

OLIVEIRA, A. M. dos S.; SALOMÃO, F. X. de T. (Coord.). Erosão e assoreamento. In: INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Tecnologia, ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: IPT, 1992. p. 47-54.

PARZANESE, G. **Gênese e desenvolvimento das voçorocas em solos originados de rochas granitóides da região de Cachoeira do Campo, M.G.** 1991. Dissertação (Mestrado) - UFV, Viçosa, 1991.

PRANDINI, F. L. Occurrence of boçorocas in Southern Brazil geological conditioning of environmental degradation. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR ENGINEERING GEOLOGY, 2., 1974, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: ABGE, 1974. v. 1, T-III-36.

RODRIGUES, J. E. **Estudo de fenômenos erosivos acelerados, boçorocas**. 1982. 162 p. Tese (Doutorado) - USP/ Escola de Engenharia, São Carlos, 1982.

RODRIGUES, J. E. **Estudo geotécnico de fenômenos erosivos acelerados (boçorocas)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4., 1984, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1984. v. 2, p. 169-182.

SALOMÃO, F. X. de T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP)**: regionalização cartográfica aplicada ao

controle preventivo urbano e rural. 1994. 199 p. Tese (Doutorado) - USP-FFCL, Departamento de Geografia, São Paulo, 1994.

SETZER, J. **Os solos do Estado de São Paulo**: relatório técnico com considerações práticas. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1949. 387 p. (Bibliografia Geográfica Brasileira. Publicação, 6).

SILVA, T. H. **Evolução geomorfológica e sedimentação de canais erosivos holocênicos no médio vale do rio Paraíba do Sul**. 1991. 166 p. Dissertação (Mestrado) - UFRJ-IGC, Rio de Janeiro, 1991.

SILVA, T. R. M. **Caracterização e erodibilidade dos solos de uma voçoroca na região de Ouro Preto, Minas Gerais**. 2000. 107 p. Dissertação (Mestrado) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

VIEIRA, N. M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Franca**. 1978. 226 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Franca, 1978.