

**PROCESSO DE EROÇÃO EM TÚNEIS E RECONHECIMENTO DE ROTAS DE FLUXO
SUBSUPERFICIAL CONCENTRADO NO CENTRO, SUL E CENTRO-OESTE
DO ESTADO DO PARANÁ (BRASIL)**

Msc. Mauricio Camargo Filho (*)
Gisele Camargo ()**
Prof. Dr. Marcelo Accyoli Teixeira de Oliveira (*)**
Luiz Gilberto Bertotti (**)**

SUMMARY - A survey conducted in the southern, central, and central-western regions of the Paraná State, Brazil, showed that tunnel erosions with formation of tunneling wells occur both in soils originated by the decomposition of sedimentary rocks and in basaltic rocks. Fieldwork, water-concentrated flowing routes recognizing in tunnels through the geophone, and the identification of stratigraphic sections in gullies' walls demonstrated that the routes of sub-superficial flowing in some hills affected by tunnel erosions can be in disaccord with the superficial drainage.

Key words: tunnel erosion; flowing routes; preterit sub-superficial flowing

RESUMO - Levantamentos efetuados nas regiões central, sul e centro-oeste do estado do Paraná (Brasil) mostraram que a erosão em túneis com formação de estruturas de abatimento ocorrem tanto em solos oriundos da decomposição de rochas sedimentares, como basálticas. Observações de campo, reconhecimento de rotas de fluxo concentrado de água em túneis através de geofone e levantamento de seções estratigráficas em paredes de voçorocas demonstraram que as rotas de escoamento subsuperficial em algumas encostas afetadas por erosão em túneis podem estar em desacordo com a drenagem superficial.

Palavras-chave: erosão em dutos, rotas de fluxo, fluxos subsuperficiais pretéritos

INTRODUÇÃO

As formas erosão por voçorocas e em túneis estão, no âmbito do sul do estado do Paraná (Brasil), relacionadas com a expansão de cabeceiras de drenagem e constituem processos naturais de erosão relacionadas principalmente com a ação da água de subsuperfície (CAMARGO, 1998).

Regionalmente a erosão em túneis com formação de estruturas de abatimento confere ao terreno uma topografia pseudo-cárstica. Essas feições estão bastante difundidas, tanto no Segundo, quanto no Terceiro planalto do Paraná (Brasil). Buscou-se através de cadastramento macro-regional reconhecer a amplitude da erosão em túneis no âmbito do centro, sul e centro-oeste do estado.

A fotointerpretação foi fundamental nesta etapa do trabalho. Em visitas ao campo reconheceu-se que as encostas concentram processos e formas erosivas bem características. Estão presentes ao longo do eixo de drenagem, evidenciando uma relação dinâmica entre si, ocorrem também subsidência da superfície, túneis subterrâneos e estruturas de abatimento. O eixo de drenagem é materializado por uma sucessão de depressões no terreno, onde alojam-se estruturas de abatimento e através das quais observam-se os dutos subterrâneos. Trata-se de formas relacionadas, principalmente, a ação do fluxo de água em subsuperfície. Entretanto, em outras encostas constatou-se que a rota dos túneis está orientada transversalmente à drenagem superficial da encosta. Isso pode ser identificado através de levantamentos com uso de geofone e reconhecimento de estruturas de dutos preenchidos em paredes de voçorocas.

METODOLOGIA

A proposta deste trabalho concentra-se no cadastramento macro-regional de erosão em túneis no âmbito dos terrenos sedimentares do Segundo Planalto e superfícies basálticas do Terceiro Planalto Paranaense e na caracterização das propriedades do fluxo. Para tal elegeu-se 4 encostas afetadas por erosão em túneis e -----

(*) Doutorando PPGG-UFSC – Prof. Univ. Est. Centro-Oeste – UNICENTRO - mauricio@unicentro.br

(**) Doutoranda PPGG-UFSC – Prof. Univ. Est. Centro-Oeste – UNICENTRO - mcamargo12@hotmail.com

(***) Dep. Geociências – UFSC - marcaccioly@hotmail.com

(****) Doutorando – UFPR – Prof. Univ. Est. Centro-Oeste – UNICENTRO - bertotti99@ig.com.br

estruturas de abatimento e subsidência da superfície. Nessas áreas foi efetuado levantamento topográfico das encostas e reconhecimento de rotas de fluxo concentrado em subsuperfície através de geofone. Seções estratigráficas foram efetuadas com vistas à identificação de estruturas de túneis pretéritos preenchidos com material sedimentar.

O geofone manual é um aparelho similar a um estetoscópio, no qual duas auriculares estão conectadas por um par de tubos plásticos à duas placas cilíndricas de cobre de 20 centímetros de diâmetro. Os cilindros possuem base plana de cobre, a qual é sobreposta por uma placa de chumbo e esta por outra placa de cobre. O princípio está centrado na repercussão da vibração do som através das camadas de solo. Dessa forma o fluxo de água concentrado que flui de forma turbulenta dentro do túnel é captado e sentido em diversas magnitudes.

ÁREA DE ESTUDO

O cadastramento de processos erosivos em túneis com formação de estruturas de abatimento está sendo implementado a partir de 1995. Após estudo detalhado no sul do Segundo Planalto do estado do Paraná, foram incorporadas encostas com esta categoria de erosão em porções do Terceiro

O sistema de túneis é representado por um conjunto de estruturas de abatimento estabilizadas e ativas. As estruturas estabilizadas apresentam-se revegetadas nas paredes e na base. As estruturas de abatimento ativas apresentam as paredes bem verticais e desprovidas de vegetação, a água no duto flui com maior velocidade pois não encontra a resistência da vegetação e este aspecto contribui para a evolução do processo erosivo por ação mecânica da água sobre as paredes do **túnel**.

O Segundo Planalto do Paraná é representado por rochas sedimentares paleozóicas, neste setor incluem-se os municípios de Lapa, Porto Amazonas, Palmeira, Ponta Grossa e Prudentópolis. As litologias ao sul deste setor são compostas rochas sedimentares do Grupo Itararé, formados por arenitos, siltitos, arenitos sílticos-conglomeráticos. Na porção central, em Ponta Grossa e Prudentópolis predominam rochas sedimentares do Grupo Campos Gerais, representados por arenitos da Formação Furnas e folhelhos da Formação Ponta Grossa, e por arenitos e argilitos do Grupo Passa Dois.



Figura 1 - Localização da área de estudo.

A porção Centro-Oeste, onde se incluem os municípios de Guarapuava, Pitanga e Lorangeiras do Sul, é formada por basaltos da Formação Serra Geral.

O clima da região é úmido com média pluviométrica de 1.1655 mm na Lapa, de 1.500. mm em Ponta Grossa e 1850 mm em Guarapuava. As chuvas são bem distribuídas o ano todo sem a presença de estação seca ou chuvosa. A cobertura vegetal nativa era representada por campos limpos e mata de araucárias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através de fotointerpretação é possível identificar nas encostas a ocorrência de estruturas de abatimento, em visitas ao campo pudemos reconhecer o grau de atividade do processo e algumas transformações que se operaram ao longo do tempo.

As fotografias aéreas revelam que a erosão em túneis e a formação de estruturas de abatimento são bastante freqüentes nas regiões Centro, Sul e Centro-Oeste do estado do Paraná. Elas podem ser percebidas numa observação mais acurada por meio de estereoscópio de espelho, e com maior detalhe com o uso de binoculares.

O túnel (*pipe*) é a forma de erosão resultante de processos de desprendimento e remoção de partículas de solo pela ação da água que circula em subsuperfície (Figura 2).

De acordo com SWANSON et al.(1989), seu desenvolvimento envolve três estágios: 1) eluviação lateral de argilas (*soil piping*); 2) desenvolvimento de um conduto subsuperficial no qual o fluxo concentrado erode suas paredes (*tunneling*) e 3) expansão do túnel até o ponto em que ocorre o colapso do teto. O desabamento de forma descontínua da superfície do solo localizada acima do teto do túnel dá origem a cavidades circulares descritas inicialmente por RODRIGUES (1984) como estrutura abatimento. Trabalhos desenvolvidos na área por CAMARGO (1998) indicam que a erosão em túneis ocorre na maioria das vezes associada com erosão em voçorocas. Numa mesma encosta podem funcionar ativos a voçoroca e o sistema de estruturas de abatimento, as vezes podem funcionar de forma independente, e as vezes apresentando uma clara conexão entre elas.

Regionalmente a erosão por fluxo subsuperficial dá origem a subsidência de parte da superfície do solo, que na encosta pode estender-se de montante para jusante de dois a três sistemas de dutos materializados inicialmente por uma sucessão de áreas deprimidas. OLIVEIRA e CAMARGO (1996) com base em MUSY e SOUTTER (1991) propuseram que a perda de volumes de solos organo-minerais hidromórficos gerados pela alteração estrutural do solo após liberação de drenagem impedida pode gerar subsidência da superfície.



Figura 2 – Aspecto de túnel e estrutura de abatimento em terreno oriundo da decomposição do basalto (Laranjeira do Sul-PR). Foto de Aldori J. Dirksen em outubro de 1997.

Através do cadastramento destas formas erosivas (*tunnel erosion*) nesta porção do Paraná, foi possível reconhecer que este processo de erosão não se restringe aos terrenos sedimentares do Segundo Planalto do Paraná, eles ocorrem igualmente em solos oriundos de rochas basálticas no oeste e sudoeste do estado.

As estruturas de abatimento identificadas no cadastramento, têm formato circular, com paredes verticais e fundo plano. Uma vez que elas estão conectada aos túneis subterrâneos são sempre úmidas, criando ao longo do tempo um ambiente favorável ao desenvolvimento de um núcleo de vegetação mais densa, desde que a erosão não esteja ativa. Quando isso ocorre, os mecanismos erosivos atuam de acordo com as características do solo e da intensidade e volume da precipitação (CAMARGO, 1998).

A água que flui nesse meio poroso traz consigo material fino ou dissolvido, trata-se de um mecanismo contínuo presente na maioria das incisões, as vezes com aporte de água suficiente para gerar fluxo contínuo no canal.

A água de subsuperfície que flui através de macroporos ou cavidades fissurais pode resultar na formação de túneis ou dutos. Os menores, com poucos centímetros de diâmetro, geralmente são visíveis nas paredes das voçorocas e servem para dar vazão à uma dada descarga de água subterrânea. Os dutos maiores, ou setores dos dutos com mais de 0,50 m de diâmetro geram fluxos maiores de água: a superfície com face livre para exfiltração da água é maior. São nessas porções, onde o diâmetros dos dutos aparentemente são maiores, que se desenvolvem as estruturas de abatimento, cujas dimensões variam de 0,2 a 3 metros de diâmetro e profundidade que varia de 0,5 a cerca de 4 metros. Associada a estas estruturas ocorre a subsidência da superfícies do terreno criando depressões topográficas ao longo do eixo de drenagem da encosta (CAMARGO, 1998).

As estruturas de abatimento podem ter suas dimensões ampliadas pelos mesmos mecanismos de água de exfiltração que aflora nas paredes da voçoroca e também, pela água que flui nos dutos após as chuvas, podendo assumir um caráter turbilhonar após os episódios de alta precipitação.

Esses aspectos apresentados anteriormente conferem ao terreno uma topografia pseudo-cárstica, onde são identificados incisões em canais, túneis subterrâneos e estruturas de abatimento.

Regionalmente algumas estruturas de abatimento se mantêm na forma original por tempo suficientemente longo para permitir a instalação de vegetação arbórea ou arbustiva no seu interior. As condições topográficas e hidrológicas da encosta favorecem essa situação. As estruturas de abatimento indicam linhas de fluxo subterrâneo ao longo do perfil longitudinal da encosta.

(CAMARGO, 1998) reconheceu que os atributos do terreno, como cavidades circulares, depressões topográficas, textura diferenciada da vegetação, permitiram o tratamento de aerofotos com falsa-cor. Foram realçadas as pequenas diferenças de níveis de cinza da imagem monocromática. Considerando que a imagem materializa-se pela diferença de reflectância dos materiais ou ambientes, a falsa-cor realçou na encosta o ambiente com cobertura vegetal mais densa ou com maior capacidade clorofiliana. No presente caso essa situação é condicionada pela maior umidade das unidades superficiais do solo (Figura 3).

Nesta imagem observa-se as estruturas dispersas pela encosta, orientadas em cinco rotas que convergem diretamente para os depósitos aluviais do rio Iguaçu. Neste caso, apesar da alta densidade de estruturas de abatimento, o canal erosivo ainda não se formou.

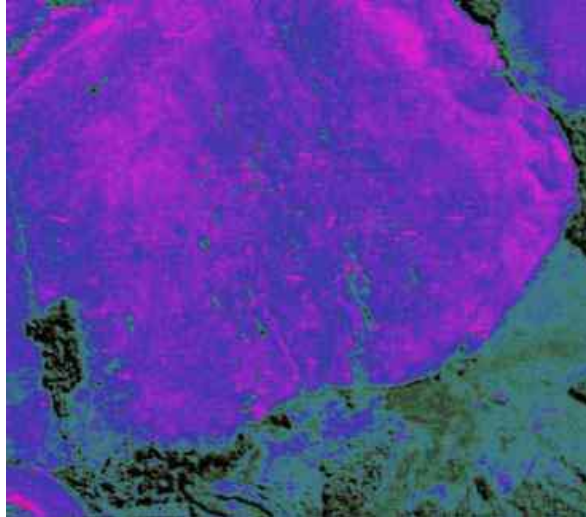


Figura 3- Imagem em falsa-cor realçando as estruturas de abatimento em uma encosta à margem direita do rio Iguaçu - Porto Amazonas - PR (vôo 1980).

Nesta situação as estruturas de abatimento aparentemente dão vazão a uma dada quantidade de água que circula no túnel e não se integram para formar um canal contínuo.

Rotas de fluxo superficial e subsuperficial

O levantamento de rotas de escoamento subsuperficial concentrado em túneis efetuado com geofone mostrou que os fluxos superficiais concentrados e em dutos coincidem com a topografia do terreno. As depressões formadas pela subsidência criam e definem rotas para o escoamento superficial concentrado. Entendemos que nestes caso a perda de material fino e a expansão de macroporos definem no interior do solo a orientação do dutos. Estes três aspectos associados antecedem e favorecem a formação de depressões, materializando na superfície do terreno a presença de dutos em subsuperfície.

Na encosta Porteira (Lapa-PR) isto está muito claro através da sucessão de estruturas de abatimento que evidenciam a presença e orientação dos túneis e a rota estabelecida através do geofone que confirmou a orientação dos dutos (Figura 4).

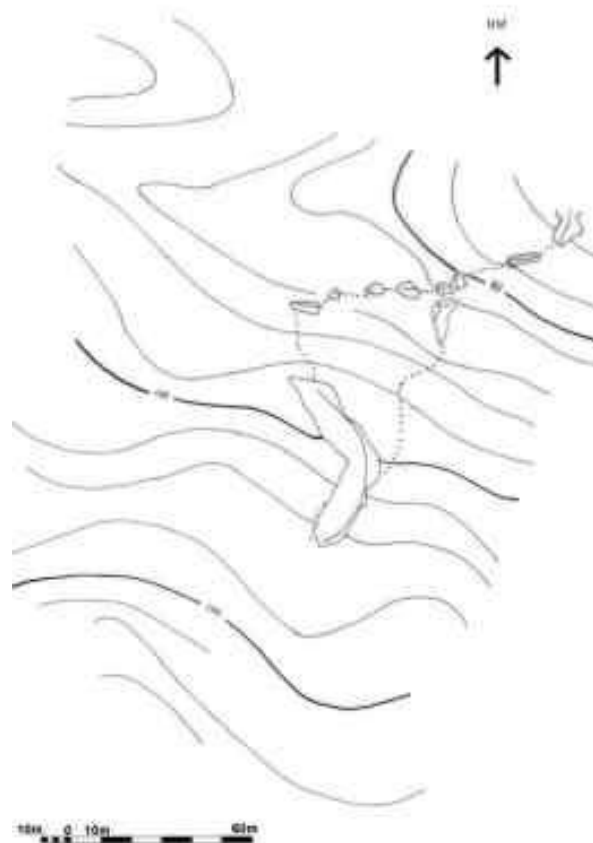
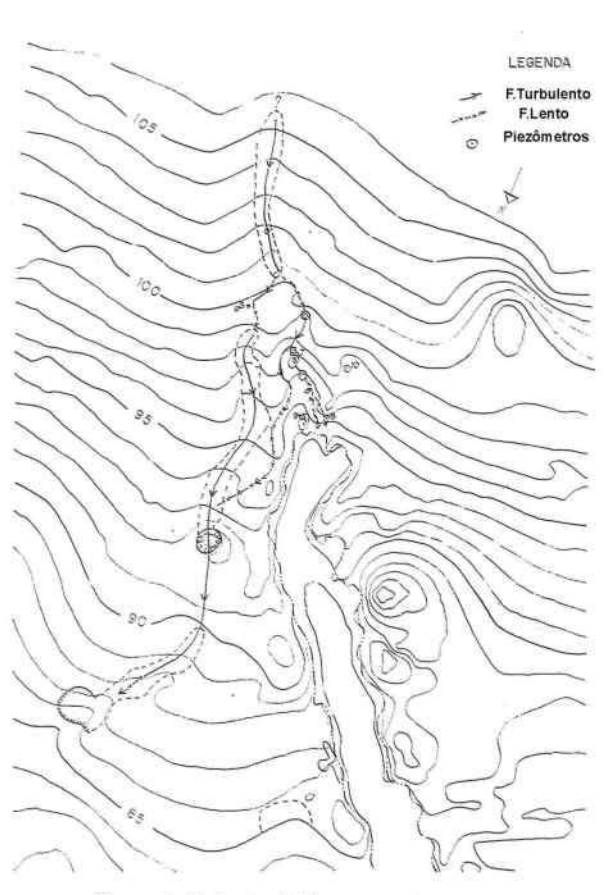


Figura 4 - Planta altimétrica de encosta destacando erosão por voçórocas, estrutura de abatimento e rotas de fluxo subsuperficial concentrado em túneis na encosta Porteira (Lapa-PR)

Na encosta São Bento (Lapa-PR) ocorrem de forma muito ativa processos de voçorocamento, erosão em túneis e formação de estruturas de abatimento. O monitoramento da erosão nesta encosta a partir de 1995 por Camargo e Oliveira (1996) e Camargo (1998), colocam em evidencia perdas de solo significativas. O levantamento de rotas de fluxo subsuperficial mostrou que a partir da média encosta, as rotas se bifurcam. Uma segue em direção à cabeceira da voçoroca, sendo seu curso formado por seis estruturas de abatimento, sugerindo que a erosão tende a integra-las num canal contínuo. A segunda rota de túneis segue paralela à primeira, a uma distância média de 5 metros. Neste caso não houve a formação de voçoroca, contudo as estruturas de abatimento podem atingir profundidade de até 5 metros e diâmetro de 6 metros. A Figura 5 mostra que as rotas de fluxos superficial e subsuperficial estão em conformidade com a topografia do terreno.

Figura 5 - Planta altimétrica de encosta destacando erosão por voçorocas, estrutura de abatimento e rotas de fluxo subsuperficial concentrado em túneis na encosta São Bento (Lapa-PR)



Na encosta Prudentópolis o levantamento com geofone colocou em evidência que as rotas do fluxo de água concentrado em túneis está em desacordo com o eixo de drenagem superficial da encosta e com a própria topografia do terreno. Neste caso a rota do túnel segue transversalmente ao eixo atual de drenagem da encosta.

Na encosta Monjolo (Lapa-PR) em duas voçorocas ativas constatamos a presença de antigos dutos que foram preenchidos por material sedimentar (Figura 6) . Estas estruturas estão localizadas em paredes laterais das voçorocas ativas, o que sugere que os dutos, como processo erosivo, são recorrentes na região, ou seja, eles já estiveram ativos em tempo geológico recente, tendo sido posteriormente preenchidos. As estruturas são encontradas em profundidades de 1,63 m e 1,24m. A posição dos dois dutos indicam que a rota pretérita também era diferente da atual. Sua posição é aproximadamente transversal ao eixo de drenagem ativo nos dias de hoje (figura 7).

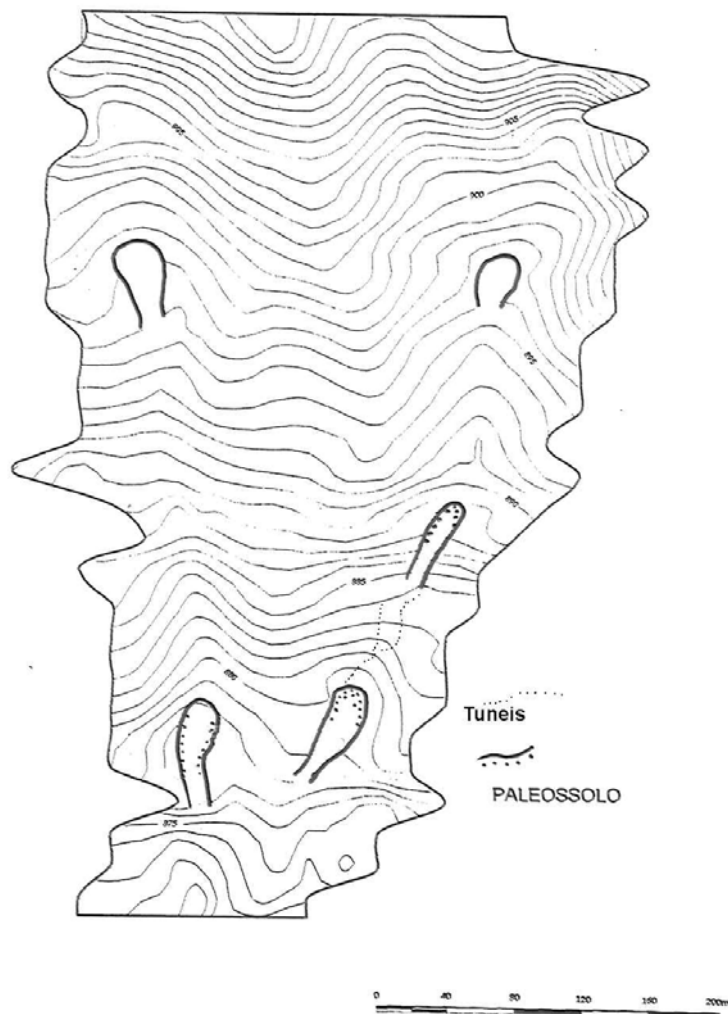
A importância do fluxo subsuperficial na instalação e desenvolvimento da erosão

A migração de água no interior do solo é controlada pelo volume e intensidade de precipitação, pelas propriedades (físicas, químicas, mecânicas e hidráulicas) do solo, pela natureza da cobertura vegetal e pelas características (de declividade e morfológicas) das encostas (FERNANDES, 1990).

Figura 6 - Estrutura de túnel preenchido localizada em parede de voçoroca na encosta Monjolo (Lapa-PR) Foto de Maurício Camargo Filho em outubro de 1999.



Figura 7 - Planta altimétrica de encosta destacando erosão por voçorocas, estrutura de abatimento e rotas de fluxo subsuperficial concentrado em túneis na encosta Monjolo (Lapa-PR)



A infiltração e o armazenamento da água no solo são influenciados pela distribuição dos poros em relação às suas estruturas e textura (DUNNE e LEOPOLD, 1978 apud FERNANDES, 1990). De acordo com DIETRICH e DUNNE (1993), os dutos estão relacionados às fraturas de tensão, rede de raízes de plantas ou cavidade de animais. Para THOMAS, (1994) eles estão associados a contrastes texturais que reduzem a permeabilidade a uma dada profundidade do solo e à presença de uma zona do solo potencialmente dispersiva.

A importância dos dutos subsuperficiais (pipes, ou túneis) está no fato de eles serem responsáveis por diversos processos de erosão que eventualmente evoluem para canais em superfície (DIETRICH e DUNNE, 1993).

Com a remoção contínua dos materiais ao longo dos túneis, estes tornam-se mais largos, podendo evoluir então, não para estruturas de abatimento, mas também para a formação de canais contínuos, dando origem a um novo ramo de erosão em voçorocas (THOMAS, 1994; ZACHAR, 1982; MORGAN, 1986; SWANSON *et al.*, 1989).

De forma simplificada CAMARGO (1998) prevê a evolução da erosão de encosta afetada por erosão em túneis conforme figura 8.

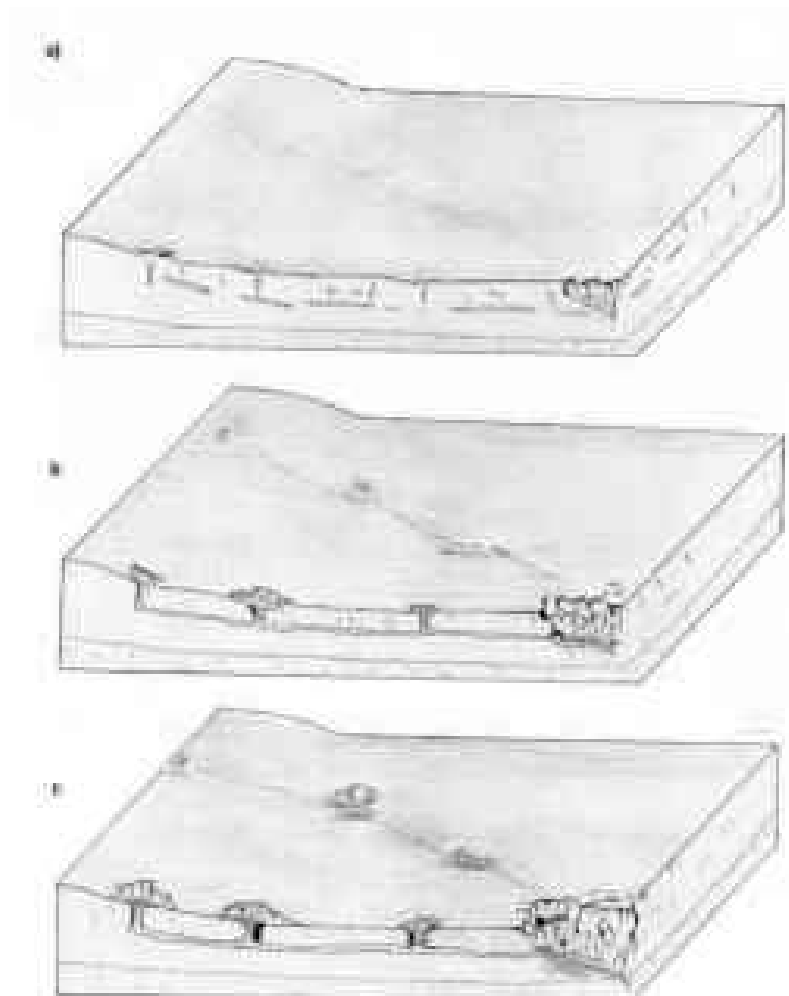


Figura 8 - Hipótese de evolução da erosão em dutos e formação de estruturas de abatimento.

Inicialmente a rede de canais formada por erosão em túneis apresenta estruturas de abatimento distantes umas das outras, porém se o substrato for solúvel ou dispersivo, a erosão avança rapidamente, podendo consumir uma unidade geológica inteira (DIETRICH e DUNNE, 1993).

A erosão nas estruturas de abatimento parece evoluir de forma remontante, por ação da água de exfiltração na parede da estrutura, pela ação mecânica da água concentrada no duto e por ação da água de escoamento superficial. A forma inicialmente circular evoluiu para elíptica.

As estruturas de abatimento indicam linhas de fluxo subterrâneo ao longo do perfil longitudinal da encosta. SWANSON et al.(1989) identificaram através de aerofotos o comportamento diferenciado da vegetação sobre a superfície onde ocorrem os dutos, ou seja as linhas de fluxo subsuperficial podem condicionar uma vegetação diferenciada ao longo da encosta. CAMARGO (1998) reconheceu em as fotografias aéreas ampliadas e tratadas com falsa-cor o adensamento da vegetação gerado pela maior umidade na estrutura de abatimento na encosta. Quando a vegetação ocupa a cavidade erosiva ela tende estabilizar. Nesta situação as estruturas de abatimento aparentemente dão vazão a uma dada quantidade de água que circula no túnel e não se integram para formar um canal contínuo.

CONCLUSÃO

O trabalho de cadastramento tem demonstrado que a erosão em túneis com formação de estruturas de abatimento é muito comum nos terrenos sedimentares e basálticos do Segundo e Terceiro Planaltos do Paraná, respectivamente. Observa-se que as rotas de fluxo concentrado em túneis, nem sempre coincidem com as rotas dos fluxos superficiais concentrados. Estruturas de túneis preenchidos por material sedimentar sugerem que este processo de erosão é recorrente na região e suas rotas também não coincidem com os eixos de drenagem das encostas estudadas. Entendemos que estes resultados preliminares podem ser interpretados como rotas de fluxo pretéritas, definidas por atributos do terreno, diferentes dos atuais.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ATKINSON, T.C. Techniques for measuring subsurface flow on hillslopes. In: KIRKBY, M. J. (Ed.): Hillslope hydrology. New York: John Wiley & Sons, 1979, p. 73-120
- CAMARGO, Gisele. Processo de erosão no Centro e Sul do Segundo Planalto Paranaense: evolução de encosta e influência da erosão subterrânea na expansão de voçorocas. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998, 210p.
- CAMARGO, G. ; OLIVEIRA, M. A. T. de. Análise tridimensional de volumes de solo e evolução de encosta em área afetada por erosão em voçorocas e em túneis no sul do Segundo Planalto paranaense. Geosul, v. 14, n. 27, p. 430-437. nov. 1998.
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, Antônio J. T.; CUNHA, Sandra B da (Orgs.): Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, p. 93-148.
- COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. de S. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p.103-138.
- DIETRICH, W. E.; DUNNE, T. The channel head. In: BEVEN, K.; KIRKBY, M. J. (Ed): Channel Network Hydrology. John Wiley & Sons Ltd, 1993, p.175-219.
- DUNNE, T. Hydrology, mechanics, and geomorphic implications of erosion by subsurface flow. In: Groundwater Geomorphology. Geological. Soc. Am. Spec. Pap. 252, 1-28,1990.
- FERNANDES, N. F. Hidrologia subsuperficial e propriedades físico-mecânicas dos "complexos de rampa"-Bananal (SP). Rio de Janeiro, 1990. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- GORDON, N. D.; McMAHON, T. A.; FINLAYSON, B. L. Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists. England, John Wiley, 1994, 526p.
- GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B da (Orgs.): Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, p. 149-209.
- GUERRA, Antônio J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, Antônio J. T. & CUNHA, Sandra B da (Org.): Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, p. 149-209.
- GUERRA, Antonio J. T. Processo erosivos nas encostas. In: CUNHA, Sandra B. da ; GUERRA, Antonio J. T. Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- MAACK, R. Geografia Física do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: José Olympio, 1981. 450p.
- MCCAIG, M. Contributions to storm quickflow in a small headwater catchment: the role of natural pipes and soil macropores. Earth Surface Processes and Landforms. v.8, p 239-252, 1983.

- MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH, W. E. Source area, drainage density and channel incision. *Water resources research*, v.25, n. 8, p. 1907-1918, 1989.
- MORGAN, R.P.C. Soil erosion and conservation. Longman Group, Inglaterra, 1986, 298p.
- OLIVEIRA, M. A. T. de. Erosion disconformities and gully morphology: a threedimensional approach. *CATENA*, v.16, n. 4 e 5, p. 413-423, 1989.
- OLIVEIRA, M. A. T. de. Morphologie des versants et ravinement: héritages et morphogénèsse actuelle dans une région de socle tropical. Le cas de Bananal, São Paulo, Brésil. Paris, 1992. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de Paris IV, 401p.
- OLIVEIRA, M. A. T. de.; COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. de S. Morfometria de encostas e desenvolvimento de boçorocas no médio vale do rio Paraíba do Sul. *Geociências*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 9-23, 1994.
- OLIVEIRA, M. A. T. de.; CAMARGO, G. Integração de estruturas de abatimento e erosão por voçorocas. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, n.15. p. 117-120. 1996.
- OLIVEIRA, M. A. T. de.; MEIS, M. R. M. Relações entre geometria do relevo e formas de erosão acelerada (Bananal, SP). *Geociências*, São Paulo, n. 4, p. 211-238, 1985.
- OLIVEIRA, M. A. T. de.; SBRUZZI, G. J.; PAULINO, L. A. Taxas de erosão acelerada por voçorocas no médio vale do rio Paraíba do Sul. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA (4: Goiânia). Anais. Goiânia, 1995.
- OLIVEIRA, M. A. T. de. Towards the integration of subsurface flow and overland flow in gully head extension: issues from a conceptual model for gully erosion evolution. *South African Geographical Journal. Special Edition*. 1997, p. 120-128.
- RODRIGUES, José Eduardo (1984): Estudo geotécnico de fenômenos erosivos acelerados (boçorocas). Anais 4^o Congresso Brasileiro de Geografia Física, 169-182, 1984.
- ROLOFF, G. Gully development as influenced by regolith stratigraphy in the tuck loessial region of Central Missouri. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Missouri, Columbia, 1978, 128p.
- SCHNEIDER, R. L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA (28: Porto Alegre). ANAIS ... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974, p. 41-65.
- SELBY, M. J. Hillslope materials & processes. New York, Oxford University Press, 1982.
- SWANSON, M, L.; KONDOLF, G. M.; BOISON, P. J. An example of rapid gully initiation and extention by subsurface erosion: Coastal San Mateo County, Califórnia. *Geomorphology*, n. 2, p. 393-403, 1989.
- THOMAS, M. F. Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes. John Wiley & Sons Ed. Wichester, England, 1994.
- ZACHAR, D. Soil Erosion. Bratislava: Elsevier Scientific Publishing Company, 1982.