

# A contribuição da geomorfologia no estudo dos recursos hídricos

*Antonio José Teixeira Guerra\**

## Resumo

Este artigo enfoca o papel da Geomorfologia nos recursos hídricos, considerando a Geomorfologia como uma ciência que pesquisa e analisa as formas de relevo, onde a água tem um papel importante. Além disso, também enfatiza como a Geomorfologia pode ser empregada para diagnosticar a degradação de terras. O estudo das encostas, em conjunto com a rede de drenagem é também destacado neste artigo.

**Palavras-chave:** recursos hídricos, geomorfologia, degradação de terras, encostas, bacia de drenagem.

## Abstract

*This paper regards the role of Geomorphology on water resources. Therefore, in order to achieve this objective, the paper considers Geomorphology as a science which aims to investigate landforms, taking into account the materials as well the processes involved, where water plays an important role. Furthermore, it is outlined how Geomorphology can be used to assess land degradation. The study of the slopes, together with the study of the drainage basins is also outlined in this paper.*

**Key words:** water resources, geomorphology, land degradation, slopes, drainage basin.

## A CIÊNCIA GEOMORFOLÓGICA

A Geomorfologia tem como principal objeto de estudo as formas de relevo, investigando os processos que deram origem a essas formas e os materiais que foram trabalhados nesses processos que implicam suas diferentes formas.

O mau uso da terra pode provocar graves danos ambientais, que repercutem em prejuízos para o homem, até com perdas de vidas humanas. "Os relevos constituem os pisos sobre os quais se fixam as populações humanas, desenvolvendo suas atividades, derivando daí valores econômicos e sociais que lhes são atribuídos. Em função de suas características e dos processos que sobre eles atuam, oferecem, para as populações, tipos e níveis de benefícios ou riscos dos mais variados. Suas

maiores ou menores estabilidades decorrem, ainda, de suas tendências evolutivas e das interferências que podem sofrer dos demais componentes ambientais ou da ação do homem" (MARQUES, 2001).

Nesse sentido, a Geomorfologia passa a ter um importante papel, juntamente com a Pedologia, no diagnóstico de áreas degradadas, porque todas, ou quase todas, as atividades que os seres humanos desenvolvem na superfície terrestre, estão sobre alguma forma de relevo e algum tipo de solo. Existe uma grande interface entre a Pedologia e a Geomorfologia e, do conhecimento integrado desses dois ramos do saber, torna-se mais fácil não só diagnosticar danos ambientais, mas também utilizar esses conhecimentos para que possam estar à disposição dos técnicos e da sociedade como um todo, para prognosticar a ocorrência dos danos e, conseqüentemente, evitá-los.

Finalmente, o conhecimento dos processos geomorfológicos pode ser de grande valia na recuperação de áreas degradadas, pois, quando o técnico

\* Professor Adjunto do Departamento de Geografia da UFRJ e coordenador do Lagesolos (Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos - UFRJ. [www.lagesolos.ufrj.br](http://www.lagesolos.ufrj.br)), pesquisador 1A do CNPq e Ph.D. pela London University. [antonio Guerra@openlink.com.br](mailto:antonio Guerra@openlink.com.br)

compreende bem os mecanismos existentes na dinâmica do relevo, pode tornar sua atuação mais efetiva (ABRAHAMS, 1986; GOUDIE, 1989 e 1990; BACCARO, 1999; BOTELHO, 1999; ALMEIDA; GUERRA, 2001).

A ciência geomorfológica procura compreender as formas de relevo em diferentes escalas espaciais e temporais, explicando sua gênese e evolução. Para tanto, associa os conhecimentos em vários campos do saber, como a Pedologia, a Climatologia, a Geologia, a Biogeografia, etc. Isso porque as formas de relevo e os processos associados têm sua origem na combinação dos eventos que ocorrem no interior do planeta (forças endógenas) e no exterior (forças exógenas), vindos da atmosfera.

Assim, o geomorfólogo precisa estar sempre atento à conjugação dessas forças, já que, desde o surgimento do homem na Terra, ocorre uma aceleração dos processos externos, tendendo, quase sempre, à instabilidade. Como consequência, se observa danos ambientais gradativos: de assoreamentos de rios aos grandes deslizamentos de terras, como os que têm acontecido no município de Petrópolis, nas últimas décadas, provocando danos ambientais e perdas de vidas humanas (GONÇALVES; GUERRA, 2001).

#### O ESTUDO DAS FORMAS DE RELEVO E DOS PROCESSOS ASSOCIADOS

O estudo das formas de relevo é de importância fundamental para a recuperação de áreas degradadas. Posto que o homem desenvolve diversas atividades na superfície terrestre, a partir do momento que ele altera essa superfície, aquela forma de relevo dará uma resposta, mais ou menos catastrófica, dependendo do tipo do uso e manejo do solo e das características do meio físico (GERARD, 1992; GOUDIE, 1995; GOUDIE; VILES, 1997; GUERRA, 1999 e 2001; CUNHA; GUERRA, 2000; FERNANDES; AMARAL, 2000).

Assim, esse estudo das formas de relevo é útil não só na recuperação de áreas degradadas, mas,

também, na prevenção da ocorrência de tais processos, que acontecem, em especial, sobre as encostas. Essas formas, que dominam grande parte da superfície terrestre, se caracterizam por possuírem declividades a partir de 2º a 3º apenas, limitadas nas suas partes mais elevadas por um interflúvio e, nas partes mais baixas, por um talvegue.

Além das encostas, existem áreas mais ou menos planas, entre 0º e 2º de declividade, que podem caracterizar áreas deprimidas, como planícies, ou áreas elevadas, como o topo das chapadas. Nas planícies, os processos geomorfológicos associados dominantes referem-se à deposição de materiais e infiltração e ao acúmulo de água nos solos, não ocorrendo quase erosão. Mas no topo das chapadas, com superfícies quase planas, predominam os processos de infiltração de água que podem alimentar mananciais nas suas vertentes. O risco de erosão é muito

pequeno no topo das chapadas, mas aumenta muito à medida que nos aproximamos de seu bordo. Quando o topo das chapadas possui declividade superior a 3º, já é suficiente para produzir voçorocas, às vezes com mais de um quilômetro de comprimento e vários metros de largura, possuindo de 1 metro a 10 metros de profundidade, desde que haja solo suficiente. O recuo das cabeceiras das voçorocas situadas nas suas vertentes, em direção ao topo das chapadas, pode causar uma série de impactos ambientais, muitas vezes de difícil recuperação. Esses impactos podem ser cicatrizes de movimentos de massa ou, mesmo, de voçorocas.

No estudo das formas e dos processos associados, também os materiais que constituem as formas de relevo e que são trabalhados pela ação dos processos geomorfológicos são analisados. O especialista que trabalha na recuperação de áreas degradadas deve reconhecer os diferentes materiais onde as obras serão executadas, identificando-os como sendo de maior ou menor resistência à ação dos agentes externos. Por exemplo, solos com maior teor de areia fina e silte possuem maior suscetibilidade aos processos erosivos do

que os solos mais argilosos, considerando-se, neste caso, apenas a textura (LUK, 1979; HADLEY, *et al.*, 1985; KERR, 1998; MAFRA, 1999; GUERRA, 2002; GUERRA, *et al.*, 2002; LIMA-E-SILVA, *et al.*, 2002).

No caso de uma encosta a ser recuperada, após a ocorrência de um movimento de massa, uma série de variáveis deve ser estudada: textura, contato solo/rocha abrupto, existência de fraturas no material rochoso, presença de matações na matriz do solo, forma e declividade das encostas, etc.

Em resumo, caso todos esses parâmetros, aqui abordados, não sejam levados em conta em um projeto de recuperação de áreas degradadas, corre-se um grande risco de insucesso, com o consequente desperdício de recursos e, mesmo, colocando em risco a vida das pessoas no entorno da obra executada.

#### CONTRIBUIÇÃO DA GEOMORFOLOGIA NO DIAGNÓSTICO DE ÁREAS DEGRADADAS

Como as várias formas de degradação ambiental ocorrem sobre alguma forma de relevo, a Geomorfologia pode dar uma grande contribuição nesse campo, ao estudar as formas de relevo esculpidas por processos associados e constituídos por diferentes materiais.

O que temos visto, na maioria dos casos, são obras de recuperação que não consideram a dinâmica do relevo, ou seja, como uma determinada forma de relevo evoluiu e como o impacto ambiental associado chegou a acontecer. Sem isso, essas obras acabam durando pouco tempo e têm custos mal dimensionados.

E a área atingida fatalmente tem alguma implicação geomorfológica. Portanto, a análise das formas de relevo, dos processos associados e dos materiais constituintes contribui para que a obra seja bem sucedida, evitando gastos futuros ou colocando em risco a segurança das pessoas que vivem no seu entorno.

De fato, através do reconhecimento científico dos processos geomorfológicos pelos quais a área atingida passou, o engenheiro responsável pela obra pode dimensionar melhor o tipo de obra e de materiais necessários para que esta seja, ao mes-

mo tempo, eficaz, duradoura e atinja os objetivos propostos.

#### A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DAS ENCOSTAS

As encostas possuem uma grande importância na recuperação das áreas degradadas porque, na maioria das vezes, a degradação acontece sobre alguma encosta, já que as áreas que apresentam alguma declividade, limitadas nas suas partes mais elevadas por interflúvio e, nas suas partes mais baixas, por um talvegue, são, geralmente, aquelas mais afetadas.

O técnico precisa, conseqüentemente, saber identificar muito bem que tipo de encosta está sendo analisada, quais os materiais ali existentes, quais os processos geomorfológicos que estão atuando no presente e quais os principais processos que deram origem àquela encosta, conhecendo a dinâmica daquela área. Ou seja, a recuperação da área terá a garantia de durabilidade, já que é baseada em um diagnóstico preciso, com a estimativa de um custo exato.

O estudo detalhado das formas das encostas (côncava, convexa e retilínea), sua declividade, seu comprimento, a identificação do tipo de solo e suas propriedades físicas e químicas; a compreensão da dinâmica dos processos atuantes, a presença de erosão ou de movimentos gravitacionais de massa, quando grandes quantidades de solo e/ou rocha podem ser transportados num tempo muito curto, são elementos indispensáveis para se conseguir entender a dinâmica das encostas e resolver com maior eficácia o problema ambiental que tenha ocorrido. Evita-se, assim, a realização de obras após obras, nas mesmas áreas atingidas, muitas delas em intervalos de poucos anos apenas.

#### A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

As bacias hidrográficas também têm grande importância na recuperação de áreas degradadas, até porque grande parte dos danos ambientais que ocorrem estão situados nas bacias hidrográficas. Nesse sentido, é preciso conhecer a sua formação, constituição e dinâmica, para que as obras de recu-

peração não sejam apenas temporárias e sem grande eficácia.

As bacias se caracterizam por serem constituídas por um rio principal e seus afluentes, que transportam água e sedimentos ao longo dos seus canais. São delimitadas pelos divisores de águas, que separam uma bacia da outra, e, internamente, existem elevações, denominadas de interflúvios, que dividem sub-bacias hidrográficas.

A análise de uma bacia hidrográfica prende apenas aos processos que ocorrem no leito dos rios, já que grande parte dos sedimentos que transportados são oriundos de áreas situadas mais a montante, vindos das encostas que fazem parte da bacia hidrográfica. Assim, qualquer dano que aconteça em uma bacia hidrográfica vai ter conseqüências diretas ou indiretas sobre os canais fluviais. Os processos de erosão de solos e os movimentos de massa fazem com que o escoamento superficial transporte os sedimentos oriundos desses danos ambientais para algum rio que drena a bacia. Conforme a proximidade da área atingida, esses materiais podem chegar imediatamente ao rio ou não, mas, fatalmente, causa o assoreamento dos rios, dos reservatórios construídos para a produção de energia hidrelétrica e dos açudes para a obtenção de água, em especial nos períodos de seca (BOTELHO, 1999; CUNHA; GUERRA, 2000; COELHO, 2001; BLUM, 2002).

Os técnicos envolvidos em obras de recuperação de canais fluviais devem conhecer a dinâmica das bacias hidrográficas, porque qualquer obra que seja feita nos canais vai ter uma repercussão, a curto, médio ou longo prazo, sobre o próprio canal e sobre a bacia como um todo. Obras de retificação de canais, por exemplo, se, por um lado, aliviam as enchentes que ocorrem num determinado ponto da bacia, geralmente aumentam significativamente a velocidade dos rios, aumentando a carga de sedimentos transportada, podendo causar assoreamento mais a jusante, no próprio rio ou em alguma baía, lago, ou reservatório. É o que acontece, por exemplo, com a Baía de Guanabara, no estado do Rio de Janeiro, acelerado, no caso, pelo desmatamento que ocorre há séculos na serra do Mar e no seu entorno.

Assim, qualquer obra que seja feita num canal

fluvial ou em encostas situadas numa bacia hidrográfica, deve contemplar os estudos geomorfológicos, sob o risco de não atender plenamente os objetivos propostos.

### CONCLUSÕES

É muito difícil, ou quase impossível, se fazer um trabalho adequado de recuperação de áreas degradadas sem compreender a dinâmica do relevo terrestre onde se esteja atuando. Os conhecimentos teóricos, conceituais e metodológicos, resultantes do avanço das pesquisas em Geomorfologia estão à disposição dos técnicos, do poder público e da sociedade em geral, para que tais obras possam realmente ser benéficas para a população e para o meio ambiente atingido por um longo prazo e por um custo não necessariamente elevado.

A Geomorfologia, preocupada com as formas de relevo existentes na superfície terrestre e com os processos e materiais que deram origem a essas formas, procura entender não só o quadro atual das diversas áreas, mas, também, através de modelos e do emprego de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), procura prognosticar o futuro de uma área, definindo quais as áreas de maior risco em termos de deslizamentos, enchentes, etc. Através desse conhecimento científico, o técnico que está atuando em um determinado ambiente consegue uma margem de acerto muito maior, economizando recursos financeiros, poupando vidas humanas e conservando os bens materiais existentes.

A Geomorfologia pode e deve dar sua contribuição na recuperação de áreas degradadas, através da atuação de grupos interdisciplinares, onde o geomorfólogo é o profissional que fornece os subsídios, ao restante da equipe, nas questões que dizem respeito ao relevo, solos, hidrologia, enfim, ao terreno onde a obra está sendo feita. Sem esse conhecimento, é difícil que as obras tenham durabilidade e resistência.

Afinal, todas as maneiras de ocupação na superfície terrestre são, obviamente, feitas sobre alguma forma de relevo e sobre algum tipo de solo. E eles darão as suas respostas se não forem respeitados, conforme o nível de degradação provocado e o grau de resistência do meio físico atingido.

### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. G.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos Solos e impactos ambientais na cidade de Sorriso (Mato Grosso). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. (Org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 253-274.
- ABRAHAMS, A. D. *Hillslope processes*. Londres, Inglaterra: Allen and Unwin, 1986. 416 p.
- BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no domínio do Cerrado. In: *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 195-227.
- BLUM, W. E. H. The Role of Soils in Sustaining Society and the Environment: Realities and challenges for the 21<sup>st</sup> Century. Key-note Lectures. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 17<sup>th</sup>, Bangkok, Tailândia, 2002. p. 67-86.
- BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). *Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1999. p. 269-300.
- COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 19-45.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia e meio ambiente*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 337-379.
- GONÇALVES, L. F. H.; GUERRA, A. J. T. (). Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 189-252.
- GOUDIE, A. *The Encyclopaedic Dictionary of Physical Geography*. Oxford, Inglaterra: Basil Blackwell, 1985. 528 p.
- \_\_\_\_\_. *The nature of the environment*. Oxford, Inglaterra: Basil Blackwell, 1989. 370 p.
- \_\_\_\_\_. *The human impact on the natural environment*. Oxford, Inglaterra: Basil Blackwell, 1990. 388 p.
- GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). *Questão ambiental: diferentes abordagens*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.191-218.
- \_\_\_\_\_. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p.149-209.
- \_\_\_\_\_. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 15-55.
- \_\_\_\_\_. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 149-209.
- \_\_\_\_\_. Processos erosivos nas encostas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p. 139-155.
- GUERRA, A. J. T. et al. Gully Erosion Monitoring in São Luís City, Maranhão State, Brasil. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 17<sup>th</sup>: Soil Science Confronting New Realities in the 21<sup>st</sup> century. Bangkok, Thailand: WASWO, 2002. Paper 209, 1-7. v. 4.
- HADLEY, R. F. et al. *Recent Developments in Erosion and Sediment Yield Studies*. Technical Documents in Hydrology. International Hydrological Programme. Paris: UNESCO, 1985. 127 p.
- KERR, J. The economics of soil degradation: from National Policy to Farmers' Fields. In: VRIES, F. W. T. Penning de; AGUS, F.; KERR, J. (Org.). *Soil erosion at multiple scales: principles and methods for assessing causes and impacts*. Wallingford, Inglaterra: CABI Publishing, 1998. p. 21-38.
- LIMA-E-SILVA, P. P.; GUERRA, A. J. T.; DUTRA, L. E. D. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). *Avaliação e perícia ambiental*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p. 217-261.
- LUK, S. H. Effect of soil properties on erosion by wash and splash. *Earth Surface Processes*, n. 4, 1979. p. 241-255.
- MAFRA, N. M. C. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 303-322.
- MARÇAL, M. S.; GUERRA, A. J. T. Processo de urbanização e mudanças na paisagem da cidade de Açailândia (Maranhão). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 275-303.
- MARQUES, J. S. Ciência geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 23-50.