

GEOMORFOLOGIA E MUDANÇAS GLOBAIS: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES*

Lylian Coltrinari**

Um olhar ainda que superficial sobre a história humana revela uma trajetória crescente de transformações e alterações da Terra, do sistema geosfera-biosfera que sustenta a vida tal qual a conhecemos. Essas transformações não têm acontecido de modo uniforme, caracterizando-se por períodos de rápido crescimento nas escalas e taxas de mudança concentrando-se em áreas específicas do mundo (TURNER II *et al.*, 1990).

A mais recente dessas grandes 'explosões' de mudanças, em especial nos últimos cinquenta anos, difere das anteriores em magnitude, andamento e tipo; é realmente de dimensões globais, tem progredido com velocidade inusitada e envolve mudanças maiores e diferentes nos fluxos biogeoquímicos básicos da geosfera-biosfera. Carrega, em síntese, o potencial de alterar os grandes sistemas dessas esferas. Compartilha, com os episódios anteriores, duas características: muitas das atividades humanas que provocam estas transformações estão fortemente concentradas, da mesma forma que o estão suas conseqüências ambientais, e as modificações das paisagens terrestres continuam sendo componentes importantes dessas mudanças

Entretanto, para alguns cientistas, as profundas alterações induzidas pelas ações do homem no planeta levantam questões que devem ser analisadas com cuidado no contexto do discurso ambiental global emergente (TURNER II *et al.*, 1990). É importante, em primeiro lugar, esclarecer o significado de global, assim como as escalas espaciais de análise a serem utilizadas na pesquisa das mudanças globais, já que os estudos sobre essas alterações expandiram-se até alcançar as dimensões humanas

e as pesquisas devem – ou deverão – considerar inevitavelmente áreas do conhecimento com metodologias, tradições e perspectivas que não seguem aquelas das ciências naturais.

Antes disso, deve ser esclarecido o significado das palavras/expressões *meio*, *meio ambiente*, *ambiente*. Algumas áreas das ciências sociais utilizam esses termos para referir-se ao meio social ou às circunstâncias da vida humana: nesse caso, por ambiente entende-se *tudo que está fora do objeto imediato de estudo*' (SCHNAIBERG, 1980, *apud* TURNER II *et al.*, 1990). Este conceito abrange não só as condições materiais externas ao indivíduo – casa, local de trabalho ou vizinhança, como as não-materiais, como as relações e cenários familiares e/ou profissionais, por exemplo.

Não é este o sentido que prevalece nas ciências naturais e nas áreas das ciências humanas próximas a elas, onde o termo refere-se exclusivamente às condições físicas da Terra, os componentes e sistemas da geosfera-biosfera (solo, clima, vegetação), ainda que modificados pela atuação do homem. Quando nos referimos às mudanças ambientais globais, incluindo aí suas dimensões humanas, empregamos claramente este segundo significado, e isso acontece porque a mudança física em si constitui o problema fundamental e deve ser demarcado, pelo menos no início das pesquisas.

(*) Texto baseado em palestra proferida na Mesa Redonda "Mudanças Ambientais Recentes e Geomorfologia", 1º Encontro de Geomorfologia do Sudeste, Rio de Janeiro, novembro de 1995

(**) Professora Assistente Doutora do Departamento de Geografia -USP.

Quanto a *global* o termo tem, pelo menos, dois significados mas, no caso, ambos são apropriados para as pesquisas a que nos referimos no início. No primeiro sentido, ou significado sistêmico, global refere-se à *escala espacial de operação ou funcionamento de um sistema*. Um sistema físico é global se seus atributos, em qualquer lugar, podem em princípio afetar seus atributos em outro lugar diferente, ou ainda, modificar o estado global do sistema. Por exemplo, as emissões de gases estufa pela indústria e o uso do solo, e as mudanças de albedo da superfície terrestre e/ou sua cobertura, que têm impacto direto sobre o funcionamento do sistema ambiental terrestre, causando mudanças na temperatura da atmosfera e os oceanos, que induzem alterações nas zonas climáticas atuais e no nível do oceano global (TURNER II *et al.*, 1990).

No sentido cumulativo, global refere-se à *acumulação espacial ou substantiva de mudanças localizadas*. Nesse caso, uma mudança é global se acontece em escala mundial, ou representa uma fração significativa de um fenômeno ou recurso ambiental global. São mudanças locais, amplamente espalhadas e multiplicadas que, em sua totalidade, constituem ou suscitam mudanças em todo o ambiente humano; abrangem as transformações de florestas, pradarias e baixadas úmidas, assim como os fluxos biogeoquímicos – subsistemas do grande sistema global – como os óxidos de enxofre e nitrogênio, o ozônio troposférico e a poluição da água.

A discussão anterior relativa aos conceitos de mudanças ambientais globais ficaria incompleta sem a consideração das escalas temporais e espaciais de operação dos processos do Sistema Terra, particularmente porque o tema proposto refere-se especificamente às mudanças ambientais recentes.

Os modelos conceituais formulados pela NASA (1988) distinguem os processos do Sistema Terra ou mudanças globais que operam/ocorrem em escalas temporais de *mil a milhões de anos*, e as mudanças ou processos que se desenvolvem no lapso de *décênios a séculos*. Integram o primeiro grupo três conjuntos principais de processos: aqueles do núcleo e

do manto, que comandam o campo magnético primário e envolvem necessariamente toda a massa e energia cinética do planeta; os processos de tectônica de placas, cujos efeitos dão origem à superfície sólida por meio da formação e destruição da crosta, e também à formação de continentes. Finalmente, os processos impulsionados pelo Sol, que tendem a degradar o relevo da crosta terrestre acima e abaixo do nível do mar, mas que também são responsáveis pela riqueza e diversidade do sistema climático físico e os ciclos biogeoquímicos.

Do ponto de vista das geociências é nessa escala que encontramos os registros da história da Terra, com ênfase tradicional na datação dos grandes eventos mediante as evidências geológicas e os fósseis. Ao mesmo tempo, as pesquisas revelam detalhes das variações climáticas passadas, de importância fundamental para o estudo coincidente dos processos que operam em escalas temporais mais curtas e, conseqüentemente, relevantes para a habitabilidade do planeta.

Na escala de décadas a séculos, as mudanças naturais exercem maiores efeitos na humanidade e, reciprocamente, os efeitos das atividades humanas nos processos globais são mais pronunciados. Nesse lapso são reconhecidos, por um lado, o *sistema climático físico* que incorpora os subsistemas da física/dinâmica atmosférica, a dinâmica dos oceanos, e o balanço umidade/energia da superfície terrestre, e por outro, os *ciclos biogeoquímicos* que incorporam como subsistemas a biogeoquímica marinha, os ecossistemas terrestres e a química troposférica. O subsistema estratosfera-troposfera fica a cavaleiro da divisão conceitual entre os dois subconjuntos mencionados; além disso, tanto o sistema climático quanto os ciclos biogeoquímicos estão intimamente relacionados pela presença ubíqua da água em qualquer um de seus estados (NASA, 1988). É então neste segundo conjunto de processos que se inscrevem as mudanças ambientais recentes a que se refere o tema da mesa.

Mas, será que é a esse intervalo temporal de ordem menor que deve limitar-se a consideração

do papel da geomorfologia face às mudanças ambientais? Parece-me que não, não só por uma questão de método, mas também porque mencionei antes a relevância dos processos que ocorrem nas ordens temporais maiores para o entendimento das condições atuais da superfície sólida. De fato, os materiais e formas de que o homem se apropria, em muitos casos de forma inadequada, fazem parte dos conjuntos de fragmentos das paisagens do passado que a Geomorfologia estuda.

Assim como até a primeira metade do século XVII a história da Terra era lida a partir das Escrituras, é a partir do *Prodromus* de STENO (1669, *apud* DAVIES, 1989)¹, que começa a ser aceita a noção de que, a partir de rochas, minerais, fósseis e formas de relevo, poderia se compor uma narrativa dos eventos passados da história da superfície do globo. Com base nos princípios da Revolução Stenoniana a história da Terra incorpora hoje a seqüência fantástica de transgressões marinhas, colisões de placas e ciclos glaciais que fazem parte do desenho – tido hoje como verdadeiro – da história da Terra (DAVIES, 1989)

Neste ponto, gostaria de deter-me em algumas questões que merecem atenção quando se pensa na superfície da Terra enquanto cenário das mudanças ambientais de ordem temporal maior, na necessidade de monitoramento e na crescente intervenção da humanidade no retrabalhamento de formas e materiais.

É a partir de restos desordenados, pertencentes a ‘gerações’ geomorfológicas várias, que os geomorfólogos têm invocado – ao longo do tempo – tipos diversos de paleoambientes para explicar os mesmos conjuntos de fenômenos que hoje são estudados. É inevitável que a retrodição seja problemática já que, de acordo PRETORIUS (1973, *apud* SCHUMM, 1991), “*the geologist operates at all times in an environment characterized by a high degree of uncertainty and ornamented with end-products which are the outcomes of the interactions of many complex variables. He sees only the end, and has to induce the processes and the responses*

that filled the time since the beginning (O geólogo trabalha sempre num ambiente caracterizado por um alto grau de incerteza e ornamentado com resíduos que são consequência das interações de muitas variáveis complexas. Ele vê só o final, e deve induzir os processos e as respostas que preencheram o tempo desde o começo)”.

Em outras palavras, lidamos sempre com *reconstruções subjetivas* do que acreditamos ter acontecido, não com a *seqüência real* de processos de gênese e evolução das formas e materiais que estudamos, qualquer que seja a escala de nossa pesquisa. Do mesmo modo, as possibilidades de reconstruções confiáveis das grandes mudanças ambientais globais são relativas, estando também sujeitas a discussão: a teoria da tectônica de placas foi formulada há pouco mais de trinta anos, e já está sendo considerada ‘um falso dogma’ por diversos cientistas.

Outra limitação importante nas tentativas de reconstrução é o tempo, ou melhor, a noção de tempo com que trabalhamos. BRUNSDEN (1990) lembra que as formas de relevo respondem às mudanças, ritmos e limiares da Terra. Ritmo ou, quem sabe, *tempo*, andamento, como na música, conforme sugere GAGE (1970). As condições geológicas e climáticas mudam com o tempo (dimensão contínua em que os eventos ocorrem) segundo *tempos* (andamentos) diferentes; com isso, acredito que deva ser revista nossa concepção sobre as múltiplas e multi-dimensionais ações e reações de que resultam relevo e modelado, já que a natureza das morfogêneses interna e externa não muda. Entretanto muitas interpretações sobre a evolução do relevo e do modelado, de depósitos correlativos e dados climatológicos, continuam assumindo a atuação constante

(1) *De Solido Intra Solidum Naturaliter Contento Dissertationis Prodromus*. Em 1671 foi publicada em Londres a tradução para o inglês de Henry Oldenburg com o título *The Prodromus to a Dissertation Concerning Solids Naturally Contained within Solids*. Outra tradução, de J.G Winter, encontra-se em University of Michigan Studies: Humanistic Series, XI, part 2, 1916, p.165-283 (DAVIES, 1989).

dos processos, conforme o ponto de vista uniformitarista.

Ao contestar os princípios uniformitaristas embutidos na interpretação da geomorfologia climática sobre a evolução das formas da superfície, DOUGLAS (1980) enfatiza que espaço e tempo têm significados desiguais em geomorfologia. Considera que, muitas vezes, os processos responsáveis por efeitos generalizados ocorrem somente em poucas áreas discretas e, ao longo de intervalos dados de tempo, o grosso das mudanças geomorfológicas de uma área podem ocorrer em poucas localidades que representam uma fração restrita da extensão total da unidade. O tempo deve ser visto como uma sucessão de eventos de significado desigual para a evolução do relevo, que pode resultar de longos períodos de quiescência onde se intercalam surtos de atividade em que é realizado volume importante de trabalho morfogenético, conforme TRICART escrevera em 1965.

Junto com as dificuldades relativas ao tempo e seu significado outro problema merece consideração. A ênfase no papel do clima como fator determinante da dinâmica de superfície tem levado ao esquecimento ou, pelo menos, à consideração secundária dos fatores estruturais no desenvolvimento das formas da superfície. Se as influências do clima vão desde processos puramente climáticos até processos bioclimáticos, e têm influência secundária na ação de alguns processos e zonas terrestres, também as influências estruturais se associam a fatores que operam em diferentes escalas temporais e espaciais, como a litologia, as estruturas tectônicas e a tectônica global das placas.

Na consideração das mudanças de curto prazo, o campo diminui e aumenta a profundidade da análise, e as pesquisas relativas ao tipo e grau de modificações que afetam as formas e os materiais da superfície sólida enfrentam a dificuldade de distinguir entre causas naturais e antrópicas. Em diversos casos a discriminação não é possível, como nas mudanças de traçado de um rio, as causas de um escorregamento ou o avanço do deserto; em outros,

as mudanças são irreversíveis na escala temporal importante para a humanidade, como a contaminação da água subterrânea, a degradação e perda dos solos, ou a fusão dos solos permanentemente gelados. Muitas dessas mudanças têm sido objeto de estudo das geociências, em particular da geomorfologia, mas com frequência os fatores geológicos ou geomorfológicos são preteridos como indicadores de mudanças globais, em favor dos fatores biológicos, ecológicos e sócio-econômicos. Mas, quais seriam os indicadores geológico-geomorfológicos – os geo-indicadores – dessas mudanças e seus respectivos parâmetros espaço-temporais?

A idéia de estabelecer parâmetros, avaliar os componentes naturais das mudanças e precisar a contribuição das geociências à compreensão das mudanças de curto prazo naturais e induzidas pelo homem surgiu no âmbito da Comissão de Ciências Geológicas para o Planejamento Ambiental (COGEOENVIRONMENT) da IUGS (International Union for Geological Sciences) que criou há cerca de quatro anos um Grupo de Trabalho sobre Geoindicadores. Em julho de 1994, durante um workshop sobre indicadores geológicos de mudanças ambientais rápidas realizado em Corner Brook (Canadá), diversos grupos de trabalho discutiram os geoindicadores para suas respectivas áreas ou processos de interesse e sugeriram parâmetros espaço-temporais para cada um deles, além de incluir informações complementares para sua efetiva utilização.

Nessa reunião foi também debatida a definição de geoindicator, sendo aceita a seguinte: *geo-indicadores são medidas de magnitudes, frequências, taxas e tendências de processos ou fenômenos geológicos que ocorrem em períodos de 100 anos ou menos na – ou próximo à – superfície terrestre, sujeitos a variações significativas para a compreensão das mudanças ambientais-rápidas. Os geo-indicadores medem os eventos catastróficos e os mais graduais, mas evidentes no intervalo de uma vida humana. Sua aplicação pode ser complexa e de custo elevado, mais a maioria é relativamente simples e de baixo custo.*

As dificuldades surgiram ao intentar avançar além da enumeração dos geoindicadores. Entre os problemas apontados estiveram, por exemplo, a forma de compatibilizar procedimentos de avaliação e monitoramento da degradação de uma turfeira, do permafrost siberiano e do Sahel, e a incerteza quanto à forma de avaliar a origem dos fenômenos tidos como decorrentes de mudanças ambientais rápidas, considerando a insuficiência do conhecimento sobre a dinâmica geomorfológica natural e, conseqüentemente, das variações de magnitude e frequência dos processos, quando influenciados pela intervenção antrópica (COLTRINARI & McCALL, 1995).

A idéia original dos organizadores era finalizar a reunião com uma lista que, depois de editada, seria base de publicações a serem divulgadas principalmente entre organizações 'leigas' em questões ambientais, isto é políticos, planejadores, e público em geral. Para tanto, na plenária final houve consenso quanto à preparação de uma lista de geoindicadores de mudanças ambientais rápidas para uso de organismos e pessoas responsáveis pelo manejo, conservação e preservação de recursos naturais no mundo inteiro. Os participantes aprovaram também a "Declaração de Gros Morne", texto que enfatiza a importância do monitoramento ambiental de longo prazo e o papel fundamental que os geoindicadores deveriam jogar na avaliação da saúde dos ecossistemas terrestres e o estado do ambiente global. Os documentos citados, assim como as contribuições dos pesquisadores participantes do Workshop de Corner Brook e de especialistas convidados foram publicados no ano passado (BERGER & IAMS, 1996) estando portanto à disposição de cientistas, técnicos e interessados do mundo todo.

REFLEXÕES FINAIS

A primeira que gostaria de fazer refere-se à participação da geomorfologia na avaliação e di-

mensionamento das mudanças ambientais, em particular na interface com a urbanização ou o uso agrícola. A carta do delta do Senegal, realizada pelo Centre de Géographie Appliquée de Estrasburgo (França) sob a coordenação de Tricart nos anos 50, é um dos primeiros exemplos da aplicação do conhecimento geomorfológico para o melhor uso da terra, entre outros objetivos. Nela, a discriminação da qualidade dos materiais constituintes das formas – herdadas de episódios quaternários mais antigos – orientaram o uso das terras baixas pela agricultura, não só para obtenção de melhores colheitas mas também para impedir a degradação das áreas mais frágeis.

Era a fase inicial da geomorfologia aplicada francesa, cujos princípios foram sistematizados em "L'épiderme de la Terre", e da confecção e uso generalizado das cartas geomorfológicas como instrumento de análise e sistematização de dados. Delas derivaram outras, como as cartas de risco, também antecessoras da cartografia que, espero, poderá surgir das pesquisas de geomorfologia aplicadas à pesquisa ambiental.

A outra reflexão diz respeito às pesquisas de geomorfologia no âmbito das pesquisas ambientais. Por duas vezes tive oportunidade, há pouco tempo, de expor meu ponto de vista sobre o estado atual da pesquisa em geografia física e, de passagem, da geomorfologia, em nossos cursos de pós-graduação. Nas duas ocasiões, porém, escolhi não considerar a questão das relações entre as pesquisas em Geografia Física, as questões ambientais e as mudanças globais.

Decidi fazê-lo agora, como contribuição a esta reunião. O que vou dizer exprime uma opinião pessoal, e tem a ver com o que me parece ser uma tendência a esconder ou disfarçar trabalhos de pesquisa em geografia física sob o manto ou rótulo de pesquisas ambientais ou assemelhados.

Do meu ponto de vista, pesquisas de climatologia, pedologia, geomorfologia ou hidrologia, quando voltadas para seus objetos específicos de estudo, preocupam-se com os paradigmas vigen-

tes, uma certa ordenação dos conteúdos, linguagem, e, até, formas de referenciar bibliografia, que lhes são específicas. Textos especializados, estão voltados para um público que sabe o que procura e o que espera encontrar neles. É a fase da produção do conhecimento especializado, que poderá ou não servir mais adiante como instrumento de intervenção na realidade.

Quando entramos no campo dos trabalhos interdisciplinares, como é o caso daqueles sobre mudanças ambientais globais, seja na escala que for, esse conhecimento especializado, produzido num ambiente específico, terá necessariamente que combinar-se com outros, de campos diversos, para produzir resultados – estudos, diagnósticos, pareceres, denúncias, projetos de recuperação – que apontem soluções para problemas que extrapolam laboratórios, parcelas experimentais e salas de aula.

A preocupação deixa de ser a opinião da banca ou o parecer do consultor do periódico especializado porque o que se procura é demorar o máximo possível alguma das várias mortes anunciadas para a Terra.

A interação é complexa e difícil, e o confronto de interesses, freqüente. Contudo, penso que nada impede que as pesquisas de geomorfologia e as relativas às mudanças ambientais andem lado a lado, interagindo quando necessário, mas sem perder de vista as circunstâncias específicas. É fundamental que rigor científico e engajamento andem juntos porque o objetivo comum é a preservação do planeta e, com ele, da humanidade.

Afinal de contas é bom não esquecer, parafraseando LACOSTE (1993), que a geomorfologia serve – entre outras coisas – para cuidar da Terra...

BIBLIOGRAFIA

- BERGER, A.R.; IAMS, W.J., eds. (1996) *Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in Earth systems*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- BRUNSDEN, D.(1990) Tablets of stone: toward the Ten Commandments of Geomorphology. *Z.Geomorph.Suppl.* – Bd. n.79, p.1-37.
- COLTRINARI, L.(1991) Global Quaternary changes in South America. *Global Planet. Change*, v.7, n.1, p.11-23.
- COLTRINARI, L.& McCALL, H.J.(1995) Geo-indicadores: Ciências da Terra e mudanças ambientais. *Revista do Departamento de Geografia*, n.9, p. 5-11.
- DAVIES, G.L.H.(1989) On the nature of geo-history, with reflections on the historiography of geomorphology. In: TINKLER, K.J., ed. *History of Geomorphology: From Hutton to Hack*. Unwin Hyman, The Binghamton Symposia in Geomorphology, International Series, n. 19. p.1-10.
- DOUGLAS, I.(1980) Climatic geomorphology: Present-day processes and landform evolution: Problems of interpretation. *Z. Geomorph. Suppl.*-Bd. n.36, p. 27-47.
- GAGE, M. (1970) The tempo of geomorphic change. *Journal of Geology*, v.78, n. 5, p. 619-625.
- LACOSTE, Y.(1993) *A Geografia – isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra*. 3.ed. Campinas, Papirus. 262p.
- NASA (1988) *Earth System Science – A closer view*. Washington, D.C., National Aeronautics and Space Administration Advisory Council, Earth System Science Committee.
- SCHNAIBERG, A.(1980) *The environment, from surplus to scarcity*. Oxford, Oxford University Press.
- TINKLER, K.J., ed. (1989) *History of Geomorphology: from Hutton to Hack*. Unwin Hyman, The Binghamton Symposia in Geomorphology, International Series. n. 19. 344p.
- TRICART, J.(1965) *Principes et méthodes de la géomorphologie*. Paris, Masson.
- TURNER II, B.L.; KASPERSON, R.E.; MEYER, W.B.; DOW, K.M.; GOLDING, D.; KASPERSON, J.X.; MITCHELL, R.C.; RATICK, S.J. (1990) Two types of global environmental change: definitional and spatial scale issues in their human dimensions. *Global Environmental Change*, v.1, n.1, p.14-22.

ABSTRACT

Relationships between geomorphological research and global change issues as well as the difficulties for geoscientists to reconstruct past landscapes and the processes that originated them are considered. Concepts as 'global' and 'environment' are dis-

cussed especially when considering the different meanings given by geoscientists and social sciences researchers. Cooperation between theoretical and applied approaches is emphasized as well as between geomorphologists and planners.