

METODOLOGIAS EM GEOMORFOLOGIA AMBIENTAL

Neide Oliveira de Almeida*

O meio ambiente é um sistema complexo, constituído por componentes abióticos e bióticos que, através da harmonia de suas inter-relações, mantém seu equilíbrio dinâmico.

No passado geológico este equilíbrio dinâmico só era interrompido por grandes alterações tectônicas ou climáticas. Nesta segunda metade do século XX a humanidade constata perplexa que o homem, parte componente deste sistema, foi capaz de provocar desequilíbrios ambientais tão profundos quanto aqueles originados pelas alterações tectônicas e climáticas, e o que é mais grave, em curto espaço de tempo.

A civilização ocidental, com seus padrões e valores gerados pelo desenvolvimento tecnológico em ritmo exponencial, foi responsável pela crise ecológica causada pelo uso indiscriminado dos recursos naturais. Assim, a sobrevivência desta civilização se vê ameaçada, e é oportuno enfatizar a colocação de Jean Dorst (1973:8) "a despeito da fé que a maioria dos nossos contemporâneos professa numa civilização mecanicista, o homem permanece estreitamente dependente dos recursos renováveis, e, essencialmente da produtividade primária, a fotossíntese representando o primeiro estágio."

Se o desenvolvimento tecnológico, responsável por tão profundas alterações ambientais, legou um razoável nível de vida

*Professor do Departamento de Geociências da UFSC.

para as populações dos países desenvolvidos, o mesmo não ocorreu para as populações do terceiro mundo. Como importadores de tecnologia e capital e, basicamente, fornecedores de matérias-primas e alimentos, os países subdesenvolvidos, entre eles o Brasil, assistem a uma degradação ambiental sem um concomitante desenvolvimento econômico capaz de melhorar as condições de vida da população.

No Brasil a extração da madeira e a ocupação agrícola das áreas florestais, tanto no passado como nos dias atuais, não obedecem aos mínimos requisitos de conservação dos recursos naturais (vegetação, fauna, solo, mananciais hídricos). Quando analisa a legislação florestal brasileira CARUSO (1981:129-49), afirma que o desflorestamento irracional e indiscriminado realizado até 1934 por falta de leis adequadas, está amparado pelos códigos florestais de 1934 e de 1965, e que também estes favorecem a implantação de matas homogêneas em detrimento das florestas heterogêneas propiciando o desequilíbrio irreversível dos ecossistemas.

Sobretudo a partir da década de 60 verifica-se, no Brasil, a intensificação dos processos industrial, urbano e de modernização da agricultura (mecanização, uso de fertilizantes e defensivos agrícolas). Estes processos não tendo sido acompanhados de uma legislação de proteção ao meio ambiente, capaz de minimizar suas conseqüências, foi responsável pelas elevadas taxas de poluição da água e do ar, que em certas áreas atingiram pontos críticos, e comprometeram profundamente tanto a cobertura vegetal como o próprio solo agrícola.

É chegado o momento de se debater amplamente os problemas ambientais, é um assunto que interessa a todos, segundo Jean Dorst (1973:17) "só uma reconciliação entre o homem e o meio ambiente pode permitir-nos não apenas a sobrevivência, mas uma vida plena, e colocar-nos nas condições mais favoráveis ao desabrochar de uma civilização de nível superior".

Se de um lado as pesquisas científicas assumem grande relevância, estas nada valem se não for assumida uma postura política para defender e restabelecer a qualidade ambiental. Se a

legislação vigente (Código Florestal, Código de Águas, Código de Minas, etc.) é contraditória, incompleta e permissiva, é necessário discuti-la, revisá-la e aprimorá-la para que cumpra suas funções a contento. Um terceiro aspecto, de importância decisiva, é a participação das comunidades de base na discussão dos problemas ambientais; é assim que através de uma educação permanente, as pessoas individual e coletivamente se conscientizam de suas responsabilidades, estudam e buscam soluções alternativas, e quando necessário exercem pressão junto aos órgãos que detêm o poder de decisão.

Com o objetivo de promover o controle e a fiscalização relacionados com a conservação do meio ambiente, a poluição hídrica e o uso racional dos recursos naturais do Estado de Santa Catarina foi criada, pelo Decreto nº 662 de 30/07/75, a Fundação de Amparo à Tecnologia e ao Meio Ambiente (FATMA).

Como resultado dos trabalhos desenvolvidos pela FATMA estão em vigor dois instrumentos legais que visam a proteção e a melhoria da qualidade ambiental, são eles a Lei nº 5.793 de 15/10/80 e o Decreto de regulamentação nº 14.250 de 05/06/81.

As diretrizes e normas estabelecidas nos referidos instrumentos legais são de grande importância para a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais. Com o objetivo de contribuir para o seu aperfeiçoamento, foram analisados alguns aspectos dos dispositivos referentes à proteção do solo contidos naqueles textos legais por ser esta a preocupação central do presente trabalho.

A erosão do solo reflete uma quebra do equilíbrio ambiental, que por sua vez desencadeia uma seqüência de eventos que alteram substancialmente a qualidade ambiental. A expansão em área das atividades agropecuárias em Santa Catarina (agricultura itinerante-sistema de rotação de terras) e a exploração descontrolada dos recursos vegetais, em especial madeira para exportação, fez com que os 85% da cobertura florestal nativa ficassem reduzidos a apenas 10% (CARUSO, 1981). Neste caso, além dos recursos vegetais terem sido dizimados, a implicação mais imediata diz respeito a vulnerabilidade dos solos a erosão. Sem a proteção florestal, sob as condições de clima úmido e fortes

declives, os processos morfogenéticos foram ativados (movimentos de massa, escoamento superficial) e a degradação do solo assumiu proporções indesejáveis.

Os processos de decapagem e ravinamento dos solos das encostas afetam, diretamente, a produtividade agrícola e a qualidade dos corpos d'água. Estes corpos d'água (rios, lagos, represas, lagoas e o mar) passam a receber maior volume de carga detrítica, diminuindo a disponibilidade de oxigênio e provocando o assoreamento; assim, além de alterar os ecossistemas aquáticos aqueles processos erosivos provocam diminuição dos períodos de recorrência das inundações, com os desastrosos efeitos conhecidos.

Diante destes fatos não se pode admitir que medidas de controle à erosão se restrinjam às ÁREAS DE PROTEÇÃO ESPECIAL, como consta no Decreto nº 14.250 de 05/06/81, uma vez que a implantação destas áreas, segundo o art. 62 - Seção V, dependerá de decretos específicos do Chefe do Poder Executivo Estadual.

Se o problema da degradação do solo é fato que ocorre em todo o território catarinense, as diretrizes de controle à erosão devem ser gerais, assim o caput do art. 49 do referido decreto deveria fazer parte da Seção II do Capítulo II. Ainda com referência ao art. 49, se faz necessário explicitar que as "demais formas de vegetação natural" são tanto formações vegetais nativas como secundárias (estágios da regeneração espontânea).

Geomorfologia e Análise Ambiental

A análise ambiental é uma área de estudo interdisciplinar, na qual a geomorfologia, por seu objeto específico, fornece importantes subsídios. Tricart (1963:22) diz que "a geomorfologia profundamente renovada, fortalecida de métodos novos e baseando-se em concepções novas, acha-se capaz de desempenhar seu papel na enorme tarefa que o homem moderno enfrenta: salvaguardar as riquezas naturais e utilizá-las melhor para lutar contra a miséria e a fome".

A ênfase que foi dada à análise dos processos e das interações de fatores imprimiu características pragmáticas à geomorfologia. Reconhecendo esta linha de atuação, a União Geográfica Internacional, em 1956, no Rio de Janeiro, criou a Comissão de Geomorfologia Aplicada, com o objetivo de tornar os esforços mais produtivos. Em 1970, no Simposium de Binghamton (New York - EUA) foi proposta a designação de Geomorfologia Ambiental para a geomorfologia aplicada à restauração ou manutenção do balanço natural (ORELLANA, M.M.F., 1976). Na análise ambiental para fins de planejamento regional ou global, a geomorfologia tem contribuído efetivamente e várias propostas metodológicas têm sido apresentadas e discutidas.

Na Austrália a CSIRO* tem trabalhado no mapeamento dos "Land Systems", que são unidades ecológicas complexas caracterizadas por um padrão, identificado pela relação morfologia, solo e vegetação, através da observação de fotografias aéreas (MABBUT & STEWART, 1963; COOKE & DOORNKAMP, 1974; OLLIER, 1977). Assim, os limites dos "land systems" são traçados em grandes mosaicos e posteriormente ajustados pelo exame estereoscópico de pares de fotografias aéreas. Neles são identificadas as "land units", que são subunidades caracterizadas geomorfologicamente e que encerram relativa homogeneidade de propriedades físicas. Previamente estas são delimitadas e caracterizadas através da observação de estereopares de fotografias na escala entre 1:20.000 e 1:30.000. Numa segunda etapa são executados trabalhos de campo por uma equipe interprofissional que avalia as definições preliminares e armazena informações por amostragens. O mapeamento "land system" é complementado por um relatório ilustrado por blocos diagrama ou por estereo-pares de fotografias. Metodologia semelhante tem sido adotada, por outras instituições, em estudos realizados em países da África, no Japão, na U.R.S.S., na Polônia e em Illinois - E.U.A. (COOKE & DOORNKAMP, 1974). As vantagens desta abordagem têm sido reconhecidas pela simplicidade com que ela fornece uma considerável massa de dados necessários à monitoria ambiental, porém tem

*CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.

sido criticada por não refletir a dinâmica ambiental (TRICART, 1976:17 e 18; COOKE & DOORNKAMP, 1974:344), não tendo um fluxo de massa/energia como guia para seu estabelecimento.

O mapa geomorfológico corresponde a uma síntese de estudos especializados, é um documento que contém grande número de informações necessárias a monitoria ambiental pois retrata a distribuição espacial de formas, materiais e processos. O "que" e "como" representar tem sido objeto de estudos e debates. A partir do Congresso da União Geográfica Internacional-Stocolmo, em 1960, foi criada a subcomissão sobre Levantamento e Mapeamento Geomorfológico que tem contribuído com uma série de trabalhos normativos. A classificação dos fatos geomorfológicos proposta por J. Tricart e A. Cailleux tem sido de fundamental importância para o mapeamento geomorfológico, pois de acordo com a ordem de grandeza ficam definidos os fenômenos a serem representados e a respectiva escala temporo-espacial (MOREIRA, 1969).

Atualmente as fotografias aéreas e as imagens fornecidas por sensores remotos constituem instrumento de trabalho imprescindível para a elaboração de cartas geomorfológicas de boa qualidade. As cartas geomorfológicas são ricas em informações, porém sua leitura nem sempre é acessível a outros especialistas. Assim, para atender a objetivos específicos, as cartas geomorfológicas podem ser desdobradas em mapas interpretativos. O mapeamento geomorfológico além de constituir uma metodologia de pesquisa geomorfológica orienta a definição de critérios de regionalização, auxilia outras disciplinas correlatas e fornece subsídios ao planejamento de uso do solo (construção de estradas, construção de barragens, planejamento urbano, etc.).

G. Bertrand ao propor uma metodologia de estudo da paisagem define o GEOSSISTEMA como unidade básica para a análise da organização do espaço não urbanizado (BERTRAND, 1972). O geossistema constituído por um "potencial ecológico" (geomorfologia + clima + hidrologia), uma "exploração biológica" (vegetação + solo + fauna) e uma ação antrópica não apresenta, necessariamente, homogeneidade fisionômica, é sim um complexo essencialmente dinâmico. Esta unidade básica pode por sua vez ser decomposta em unidades menores fisionomicamente homogêneas, os geo-

fácies e os geótopos. Conforme a interação entre as partes componentes do geossistema e com base na teoria bioresistástica de H. Erharts foi criada uma tipologia de geossistemas agrupados em dois conjuntos dinâmicos. "Os GEOSSISTEMAS EM BIOSTASIA, com atividade geomorfogenética fraca ou nula" (BERTRAND, 1972:21), de acordo com a maior ou menor estabilidade do potencial ecológico, classificam-se em "climácicos", "paraclimácicos", "degradados com dinâmica progressiva" e "degradados com dinâmica regressiva". Os GEOSSISTEMAS EM RESISTASIA são aqueles em que a geomorfogênese domina a dinâmica da paisagem. Conforme a causa da ativação geomorfogenética se classificam em geossistema em resistasia natural e geossistema em resistasia antrópica. Esta tipologia dinâmica, passível de representação cartográfica na escala média (1:100.000 e 1:200.000), ao caracterizar a organização espacial oferece subsídios ao planejamento ambiental, possibilitando a definição de áreas de preservação, de controle e de recuperação.

Tricart (1976) faz uma proposta semelhante à anterior. Procura aplicar a relação entre morfogênese e pedogênese e classifica as unidades naturais em função da sua susceptibilidade à degradação. Inicialmente distingue meios morfodinâmicos estáveis, intermediários (ou "intergrade") e muito instáveis. Nos meios estáveis a morfogênese é quase imperceptível e a pedogênese se processa livremente desde que haja aportes de detritos orgânicos. Nos meios intermediários a morfogênese e a pedogênese atuam concomitantemente, enquanto a pedogênese se processa em profundidade, a morfogênese trunca o perfil do solo por decapagem ou agradação. Nos meios muito instáveis a morfogênese domina a dinâmica natural. A fase seguinte do trabalho classificatório proposto por Tricart corresponde à avaliação integrada das características regionais, que compreende: a) definição do quadro regional (análise das condições climáticas e morfoestruturais); b) análise morfodinâmica (sistema morfogenético, processos atuais, influências antrópicas, grau de estabilidade morfodinâmica); c) recursos ecológicos (recursos e regimes hídricos, condições ecoclimatológicas, solos, diagnóstico agroecológico); d) problemas de ordenação, levando em consideração a dinâmica do meio natural, os fatores humanos e econômicos.

Esta abordagem atende as exigências de estudos integrados no meio ambiente. Levando em consideração a dinâmica e os vínculos de interdependência do meio físico e dos elementos humano e econômico, permite emcaminhar diversas propostas de "ordenação" e prevê as alterações que estas possam acarretar. Assim, tanto Tricart como G. Bertrand, propõem uma regionalização baseada na dinâmica ambiental.

A bacia hidrográfica como unidade ambiental tem sido objeto de atenção especial de muitos geomorfólogos (LEOPOLD *et alii*, 1964; CHORLEY, 1969; COOKE & DOORNKAMP, 1974; SCHUMM, 1977; e outros). É uma unidade geomorfológica natural que espelha a dinâmica de um sistema aberto cujos limites são, de modo geral, fáceis de identificar. Neste sistema, bastante complexo, verifica-se uma interdependência entre suas partes componentes. Assim, além das interações entre os componentes naturais, as características de forma e drenagem ao mesmo tempo que influem na ocupação humana, no fluxo de pessoas e mercadorias sofrem sensíveis alterações. Na análise das bacias hidrográficas são levantados dados importantes à monitoria ambiental sobre forma, processo e material, bem como dados referentes à hidrologia e atividades biológicas (vegetação, solo, fauna). Segundo DOORNKAMP & KING (1971) estes dados analisados numericamente podem ser transformados em modelos matemáticos probabilísticos que permitem fazer previsões e/ou servir para regionalizar. No entanto esta unidade geomorfológica natural encerra ambientes bastante diversificados com potencialidades e limitações específicas, em alguns casos até contrastantes, como por exemplo alto curso e baixo alvéolo.

Dada a diversidade de características ambientais inscritas numa bacia hidrográfica, objetivando bases mais consistentes para o planejamento ambiental, XAVIER-DA-SILVA (1978:103 e 104) propõe como base espacial as unidades de manejo ambiental. Segundo o autor estas seriam "conjuntos estruturados, capazes de fornecer um fundamento adequado para as previsões imprescindíveis ao planejamento regional".

As unidades de manejo ambiental seriam geradas a partir do grau de similaridade apresentado pelo conjunto de variáveis geo-

ambientais das unidades experimentais. Estas seriam unidades topograficamente individualizadas das bacias hidrográficas, estabelecidas com base nas cartas topográficas (escalas 1:50.000 e 1:100.000), cujos limites passam pelas linhas de cumeeada dos divisores das bacias e dos esporões que marcam a sua compartimentação.

As informações ambientais são fornecidas por um elenco de variáveis geoambientais selecionadas e medidas. A matriz de dados, após análise do comportamento estatístico e da normalidade das variáveis, é submetida a análise de grupamento. Como o objetivo é estabelecer as unidades de manejo ambiental na análise de grupamento usa-se como parâmetro indicador do grau de similaridade entre as unidades experimentais o coeficiente de distância

$$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m (X_{ik} - X_{jk})^2}{m}, \text{ onde } X_{ik} \text{ e } X_{jk} \text{ são as } n\text{-ésimas}$$

variáveis medidas nas unidades experimentais i e j respectivamente, m é o número de variáveis observadas e d_{ij} é a distância entre as unidades experimentais i e j .

O dendrograma, resultado final do tratamento numérico, permite distinguir, a níveis de similaridade específicos, grupos de unidades experimentais que formam as unidades de manejo ambiental.

Esta abordagem permite armazenar os dados numéricos levantados em sistemas de processamento automático.

(Texto extraído da Dissertação de Mestrado de Neide Oliveira de Almeida. **Delimitação e caracterização de unidades de manejo ambiental: uma contribuição metodológica.**

Parte referente a introdução. Rio de Janeiro, 1982).

BIBLIOGRAFIA

01. BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. (Paysage et géographie physique globale). **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo, Ed. USP, nº 13, 1972. 27p.
02. CARUSO, Mariléa Martins Leal. Legislacion forestal. In: **La desforestación y la reforestación en la isla de Santa Catarina - Brasil.**

- México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1981. 168p., cap.9, p.129-49. (Tese de Mestrado)
03. CHORLEY, Richard J. The drainage basin as the fundamental geomorphic unit. In: _____ (ed.). **Water, earth and man**. London, Methuen, 1969. 588p., cap.2, p.77-110.
 04. COOKE, Ronald U. & DOORNKAMP, John C. **Geomorphology in environmental management - An introduction**. London, Oxford, 1974. 413p.
 05. DOORNKAMP, John C. & KING, Cuchlaine A.M. **Numerical analysis in geomorphology - An introduction**. New York, St. Martin's, 1971. 372p.
 06. DORST, Jean. **Antes que a natureza morra: por uma ecologia política** (Avant que nature meure: pour une écologie politique) Trad. Rita Bongermino, São Paulo, Edgard Blücher, 1973. 394p.
 07. FATMA. **Legislação ambiental do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, 1981. 4lp.
 08. LEOPOLD, Luna B. et alii. **Fluvial processes in geomorphology**. San Francisco, Freeman, 1964. 522p.
 09. MABBUT, J.A. & STEWART, G.A. The application of geomorphology in resources surveys in Australia and New Guinea. **Revue de Géomorphologie Dynamique**, 14(7-8-9):97-109, 1963.
 10. MOREIRA, Amélia Alba Nogueira. Cartas geomorfológicas. **Geomorfologia**. São Paulo, USP - Instituto de Geografia, nº 5, 1969. 11p.
 11. OLLIER, C.D. Terrain classification: Methods, applications and principles. In: HALLS, John R. (ed.). **Applied geomorphology**. Oxford, Elsevier, 1977. 418p., cap.8, p.277-316.
 12. ORELLANA, Margarida Maria Penteado. A geomorfologia no planejamento do meio ambiente (geomorfologia ambiental). **Notícia Geomorfológica**. Campinas, Ed. PUCC, 16(31)3-15, jun. 1976.
 13. TRICART, Jean. A geomorfologia nos estudos integrados de ordenação do meio natural. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, 34(251):15-42, out./dez. 1976.
 14. _____. Tendências atuais da geomorfologia. In: _____. **Visitas de mestres franceses**. Rio de Janeiro, IBGE, 1963. p.1-22.
 15. XAVIER-DA-SILVA, Jorge. Unidades de manejo ambiental: a contribuição geomorfológica. **Terceiro Encontro Nacional de Geógrafos**. Fortaleza, 19 a 27 de julho de 1978. p.103-4.