

A PAISAGEM, OS SOLOS E A SUSCETIBILIDADE À EROSÃO

THE LANDSCAPE, THE SOILS AND THE EROSION VULNERABILITIES

Maria Tereza de Nóbrega¹

José Edézio da Cunha²

Resumo: O objetivo deste artigo é mostrar a articulação de determinadas categorias de análise e de escalas empregadas pela Geografia Física que favorecem os estudos de suscetibilidade à erosão. A paisagem, em particular as unidades de paisagem, suas vertentes características e os solos aqui abordados, a partir de topossequências, são empregados como recursos para a realização de estudos de suscetibilidade. A vertente característica, onde também se realiza o estudo detalhado da cobertura pedológica em topossequência, permite a identificação e a compreensão da estrutura e funcionamento da unidade de paisagem e, conseqüentemente, a avaliação das suas potencialidades e vulnerabilidades. Como exemplo é apresentado o estudo realizado em uma cabeceira de drenagem na região Noroeste do Paraná.

Palavras-chave: Unidade de paisagem, Vertente característica, Topossequência, Sistema pedológico.

Introdução

Na atualidade verifica-se uma série de proposições metodológicas para a avaliação da fragilidade e/ou vulnerabilidade ambiental, considerando, sobretudo, os aspectos relacionados à erosão. A maior parte dessas metodologias fundamenta a sua avaliação nas características dos principais elementos que constituem o meio físico como o relevo (destacando ora o papel do grau de dissecação, ora a declividade), o clima, os solos, a litologia e a cobertura vegetal. É comum a ponderação ou atribuição de valores tendo por base as variações que cada elemento pode apresentar e a sua influência na geração da fragilidade ou vulnerabilidade ambiental.

De um modo geral se fundamentam em princípios sistêmicos, ressaltando a integração dos

Abstract: The objective of this paper is to show the articulation of certain categories of analysis and scales used by the Physical Geography and to help in the development of studies on susceptibility to erosion. The landscape, in particular the landscape unit and its characteristics slopes, and soils that are subjected here from topossequences, they are applied as resources to perform susceptibility studies. The characteristic slope, which also performs the detailed study of pedologic cover in topossequence, allow the identification and understanding of the structure and functioning of the landscape and, consequently, the assessment of their potentialities and vulnerabilities. The study of a headwater in the northwestern region of Paraná is presented as an example.

Keywords: Landscape unit, Slope, Toposequence, Characteristicslope, Pedological system.

elementos que compõem o meio físico e a sua interdependência, destacando na análise a importância das transformações impostas pelas atividades humanas no jogo de forças que constrói esse meio. Nesse aspecto é dado destaque às condições de cobertura da superfície dos solos, avaliando o grau de proteção em função dos diferentes tipos de revestimento vegetal e uso e, ainda, em alguns casos, práticas adotadas e o seu efeito sobre a dinâmica responsável pela suscetibilidade do meio à erosão.

A aplicação dos métodos sugeridos é, muitas vezes, realizada com o apoio de geotecnologias, o que facilita a elaboração de cartas de fragilidade e/ou vulnerabilidade, tornando-os atrativos aos jovens acadêmicos e pesquisadores, não apenas da ciência geográfica, mas também de áreas afins. Essa atração e facilidade de produção de

¹Professora Departamento de Geografia – Universidade Estadual de Maringá - UEM

²Prof. Colegiado de Geografia – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – Campus Marechal Cândido Rondon

documentos cartográficos, ao mesmo tempo em que favorece a execução dos levantamentos e avaliações, envolvem riscos na medida em que a fundamentação teórica que suporta os métodos vai sendo deixada em segundo plano. Essa deficiência dificulta a análise e a verificação – a “certificação” – dos produtos gerados, tendo em vista a escala adotada e a realidade retratada.

O objetivo deste artigo é mostrar a articulação de determinadas categorias de análise e de escalas empregadas pela Geografia Física e que favorecem os estudos de suscetibilidade, contribuindo, desse modo, para a reflexão sobre as bases teóricas que dão apoio a algumas das metodologias de avaliação e mapeamento de fragilidade e/ou vulnerabilidade ambiental atualmente empregadas. Nesse sentido, trataremos da suscetibilidade do meio a erosão empregando como recursos para o seu estudo a paisagem e os solos, ou mais particularmente a morfopedologia.

O papel da paisagem nos estudos de suscetibilidade

Independentemente da concepção que se adote sobre paisagem, a base da sua definição é sempre uma porção do espaço perceptível, concreta, visível, onde é possível identificar os componentes, sua distribuição e as relações de vizinhança que se estabelecem. Traduz-se em um arranjo de objetos, definidos por formas e por materiais produzidos ao longo de um tempo que é, por sua vez, variável para cada elemento individualmente e para o conjunto. O que se vê, portanto, é o resultado dessa integração em um determinado momento. É um momento que reflete, também, o resultado de uma história de relações e processos. E, nesse sentido, a paisagem que se observa é, ao mesmo tempo, um território, um fragmento de região, uma porção integral do espaço geográfico.

A paisagem se apresenta deste modo, não como um objeto, mas como uma categoria de análise a que se recorre para estudar e compreender a organização do espaço geográfico.

Por exigir a análise integrada dos seus componentes, tem sido considerada, por diversos autores, como a categoria mais adequada aos estudos de Geografia Física, conferindo originalidade na abordagem e tratamento dos fatos e fenômenos de ordem natural que compõem o espaço geográfico. O ecossistema ou o geossistema são evocados frequentemente como modelos a serem aplicados nesses estudos.

Assim, na paisagem percebida como um sistema há que reconhecer os seus componentes, a sua estrutura (vertical e horizontal), o seu funcionamento e as variações ao longo de um dado tempo. Em função da complexidade que emerge nesse tipo de abordagem, faz-se necessário, tendo em vista o objetivo e a escala do trabalho propostos, a seleção dos elementos a serem considerados na análise - os “elementos significativos”.

As transformações que a paisagem apresenta ao longo do tempo e que podem ser identificadas, em parte, pelas marcas e heranças do passado ainda visíveis no presente, podem ter origens diversas: processos naturais e/ou promovidos pela sociedade na produção do seu espaço. Para a Geografia Física, a ação da sociedade como produtora de espaço é analisada em termos de modificação e/ou criação de novas condições dentro do sistema capaz de alterar e/ou gerar novos processos. Os artefatos criados pela sociedade são incorporados como elementos dentro da estrutura do sistema e participam dos fluxos que aí se estabelecem e da dinâmica do conjunto.

Nas áreas rurais, a paisagem além de mostrar a organização geológica reflete ainda a atividade agrária, já que nela se inscrevem os indicadores visuais das práticas empregadas. Assim, como enfatiza Deffontaines³, a paisagem é também um meio de conhecimento da atividade agrária, enquanto que a atividade agrária é, por sua vez, o meio de produção da paisagem.

A paisagem possibilita o conhecimento do meio físico integrado, onde o trabalho humano é incorporado tanto como elemento quanto fonte de energia, interferindo e/ou criando fluxos. Mostra-se, ainda, como um meio ideal para articular e espacializar os resultados obtidos em estudos específicos, realizados em diferentes escalas, e

³DEFFONTAINES, J-P. Du paysage comme moyen de connaissance de l'activité agricole, à l'activité agricole comme moyen de production du paysage. L'agriculteur producteur de paysages. Um point de vue d'agronome. *CR de l'Académie d'Agriculture de France*, v.82, n.4, p. 54-69, 1996.

representá-los em cartas⁴, gerando produtos complementares e eficientes para divulgação e aplicação com diversas finalidades. É também uma ferramenta ideal para os estudos de suscetibilidade ou de riscos diversos relacionados ao meio.

A unidade de paisagem, que corresponde a um dado setor, identificado e delimitado em decorrência da sua homogeneidade interna na escala considerada, pode ser assumida como um sistema caracterizado por suas interrelações internas e externas (conexões com outras unidades), configurando-se como um instrumento de mapeamento e como um meio de aplicação do conhecimento da paisagem⁵, servindo de base para a avaliação da suscetibilidade da paisagem em face de vários tipos de uso.

A unidade de paisagem, como expõe Richard⁶ quando se refere à “unidade paisagística elementar”, se traduz por uma relativa coerência dos fenômenos naturais que são observados no campo e que devem ser caracterizados ou definidos do ponto de vista da estrutura (sucessão vertical), do funcionamento (transferências verticais e laterais), do comportamento (mudanças de estados reversíveis no tempo) e da evolução (mudanças de estado irreversíveis no tempo).

A identificação das diferentes unidades de paisagem na área objeto de análise fornece, portanto, um cenário estruturado e dinâmico para a avaliação das vulnerabilidades e potencialidades, no caso abordado, a suscetibilidade à erosão. Mais que o cruzamento de atributos, como geralmente é interpretada, a unidade de paisagem possibilita a apreensão dos fenômenos no interior de um sistema.

Nesse sentido há que se identificar e representar a estrutura (no plano horizontal e vertical) das unidades de paisagem, de tal modo que seja possível situá-las umas em relação às outras, evidenciando as suas conexões. Monteiro⁷ adota o perfil geoecológico, cuja base é um corte topográfico onde são lançadas as variações laterais dos elementos que constituem o “suporte” (embasamento geológico, relevo), o “revestimento” (solos, vegetação e uso da terra) e o “envoltório” (clima).

Richard (*op cit*) designa como “sequência de paisagem” a representação da sua estrutura vertical e horizontal, também ao longo de um transecto, sempre direcionado dos pontos altos para os pontos baixos. Busca estabelecer, de montante para jusante, a ordem das organizações e das dinâmicas naturais que podem, segundo o autor, se revelar contínuas ou descontínuas, em conformidade ou não com a topografia atual. A sequência de paisagem, por sua vez, se compõe de “segmentos de paisagem”, que podem corresponder a uma faceta topográfica e/ou faceta antrópica, caracterizada por uma mesma forma de ocupação do solo.

O relevo é, desse modo, evocado por muitos autores como elemento significativo na delimitação das unidades de paisagem. Além de ser um dos elementos de fácil percepção visual ele é um dos responsáveis pela estruturação da paisagem em virtude do seu papel na distribuição e organização de outros elementos. Casseti destaca três situações que justificam essa posição relevante: o relevo é decorrente do jogo de forças internas e externas, ora expressando mais as influências estruturais, ora os efeitos morfoclimáticos, ou ambos, dependendo das escalas temporais e espaciais consideradas; a estreita relação entre a disposição do relevo e os solos resultantes, controlada pelo balanço entre morfogênese e pedogênese, capazes de fornecer parâmetros para o processo de apropriação do relevo; o processo de apropriação do relevo, seja como suporte seja como recurso, vincula-se ao comportamento da morfologia e às condições pedológicas.

As vertentes

Se a unidade de paisagem delimita uma porção do espaço caracterizada por uma determinada estrutura geoecológica, as vertentes no seu interior, com suas formas e materiais são o reflexo do seu funcionamento e dinâmica. A evolução da forma é acompanhada pela evolução e organização da cobertura pedológica que,

⁴BARRUÉ-PASTOR, M.; BLANC-PAMARD, C.; DEFFONTAINES, J-P. Le paradoxe du paysage. In: JOLLIVET, M. (Ed). *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières*. Paris, CNRS, 1992, p. 297-306.

⁵ZONNEVELD, I.S. The land unit – A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. *Landscape Ecology*. SPB Academic Publishing, Hague, n.2, col. 3, p.67-86, 1989

⁶RICHARD, J-F. *Le paysage un nouveau langage pour l'étude des milieux tropicaux*. Paris, Editions de l'ORSTOM, 1989, 210 p.

⁷MONTEIRO, C.A.F. *Geossistemas - a história de uma procura*. São Paulo, Ed. Contexto, 2001, 127 p.

juntamente com os processos erosivos, são responsáveis pela sua modelagem. As condições de cobertura (tipo de revestimento vegetal), por sua vez, mediam a intensidade de certos fenômenos, sobretudo a dinâmica da água em superfície impondo condições para o escoamento e a infiltração e todos os outros processos dela dependentes. Esse princípio está implícito na teoria da bioresistância de Ehart⁹. Tricart¹⁰ incorpora essa noção quando formula os preceitos da sua ecodinâmica, avaliando o estado do meio em termos do balanço geomorfogênese/pedogênese.

A dinâmica das vertentes, como apresenta Neboit¹¹, resulta do jogo de forças de tração, produzidas pelo escoamento do ar e da água em superfície e subsuperfície, e de forças de resistência, dependentes da coesão do material dos horizontes superficiais dos solos. A cobertura vegetal, entretanto, controla essas forças de tração e de resistência, regulando os seus efeitos. Embora o clima seja o responsável pela passagem de um estado de estabilidade ao de instabilidade morfogenética, e vice-versa, a vegetação sempre faz o papel mediador. É o clima úmido que possibilita a existência de uma cobertura vegetal fechada, capaz de proteger a superfície do solo e favorecer a infiltração da água em detrimento do escoamento superficial e, desse modo, privilegiar a pedogênese – a vertente evolui sob condições de biostasia. Uma mudança climática que leve ao resfriamento ou redução de umidade do clima provoca, em consequência, a diminuição e a abertura do revestimento vegetal, reduzindo a proteção do solo, aumentando o escoamento em superfície e, com isso, favorecendo as forças de tração, desencadeando processos erosivos, estimulando a morfogênese – a vertente evolui sob condições de resistância.

Neboit¹² sublinha no seu trabalho, assim como fizera antes Tricart¹³, o papel da noção de bioresistância como fio condutor para a análise das

relações entre o homem e a morfogênese. Com as suas ações, sobretudo modificando o revestimento vegetal, o homem é capaz de influenciar o desenvolvimento da morfogênese. Exemplo disso é a perda de solos por erosão associada às atividades agrárias que, além da degradação desse recurso natural, leva também, ao longo do tempo, a alterações na morfologia das vertentes. Uma morfogênese antrópica se estabelece combinando processos erosivos e de acumulação, relacionados às atividades agrárias, capazes de criar formas específicas. O autor enfatiza que a exploração do solo dá origem a uma nova dinâmica na medida em que substitui as combinações preexistentes e estabelece outra hierarquia dos agentes da morfogênese.

A ação antrópica amplia a atuação da erosão areolar nas vertentes e, em muitos casos, possibilita a ação eólica sobre os solos expostos. Em paralelo, gera também a concentração de fluxos hídricos ao longo das vertentes promovendo a erosão linear que se manifesta na forma de sulcos, ravinas e voçorocas.

Em condições naturais, em uma determinada área, as vertentes evoluindo sob certas condições de rocha e clima, mediadas pela vegetação, apresentam formas similares. Young¹⁴ as denominou de vertentes características, já que são as responsáveis pela fisionomia geral do terreno. Essa observação está baseada em uma “lei morfológica” enunciada por Strahler¹⁵:

Em uma área com uniformidade litológica, solos, vegetação, clima e estágio de desenvolvimento, ângulos máximos de vertentes tendem a se distribuir normalmente com baixa dispersão a cerca de um valor principal determinado pela combinação de fatores de densidade de drenagem, relevo e perfil de curvatura da vertente.

⁸CASSETI, V. *Geomorfologia*. 2006. Disponibilizado em www.funape.org.br/geomorfologia, consulta em agosto/2011

⁹ERHART, H. Biostasie et rhexistasie: esquisse d'une théorie sur le rôle de la pédogenèse en tant que phénomène géologique. *Comptes Rendues Academie des Sciences Française*, n. 241, p. 1218-1220, 1955.

¹⁰TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, IBGE, 1977, 97 p.

¹¹NEBOIT, R. *L'Homme et l'erosion*. Clermont-Ferrand, Faculté des Lettres et Sciences Humanines de l'Université de Clermont-Ferrand II. 1983, 183p.

¹²NEBOIT, R. *L'Homme et l'erosion*. Clermont-Ferrand, Faculté des Lettres et Sciences Humanines de l'Université de Clermont-Ferrand II. 1983, 183 p.

¹³TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, IBGE, 1977, 97 p.

¹⁴YOUNG, A. *Slopes*. Edinburgh. Oliver & Boyd. 1972.

¹⁵STRAHLER, A.N. Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency distribution analysis. *American Journal of Science*, n.248, p. 673-696 (Part I), p. 800-814 (Part II), 1950.

Assim, em uma dada unidade de paisagem, é possível reconhecer a(s) vertente(s) característica(s) e nela(s) proceder a levantamentos e análises mais detalhadas da estrutura geocológica (topografia, rocha, solos, nível freático, usos e ocupação, práticas empregadas, etc...). A vertente característica é, nesse caso, o elemento ideal para a identificação e a compreensão da estrutura e funcionamento da unidade de paisagem e, a partir dela, avaliar as suas potencialidades e vulnerabilidades.

A cobertura pedológica

O conhecimento da organização da cobertura pedológica mostra-se essencial para poder compreender o jogo de forças, a variação dos fenômenos e da sua intensidade ao longo da vertente. A variação das propriedades pedológicas, responsáveis pelas forças de resistência, também vão interferir nos fluxos hídricos de superfície e subsuperfície, ora aumentando e acelerando o escoamento superficial (favorecendo as forças de tração), ora facilitando a infiltração (favorecendo as forças de resistência). Criam também, em decorrência das organizações pedológicas que aparecem ao longo da vertente, variações nesses processos.

É importante destacar o papel da circulação da água no interior do solo e ao longo da vertente, já que é ela, como enfatiza Riou¹⁶, quem condiciona os principais processos da pedogênese e da geomorfogênese.

A água que se infiltra no solo percorre caminhos diversos, migra tanto verticalmente quanto lateralmente. Esses deslocamentos, ora realizados em condições de meio saturado, ora em meio não saturado, produzem contínuas transformações na cobertura pedológica, ao longo do perfil de solo e da vertente, criando zonas preferenciais de perda ou de acumulação. A drenagem vertical beneficia o avanço da frente de alteração e pedogênese, produzindo o espessamento do solo, enquanto que a drenagem

lateral no seu interior, envolvendo migrações de partículas finas (argila) e/ou elementos químicos dissolvidos, promove modificações na organização dos volumes (horizontes) pedológicos, de montante para jusante e vice-versa.

Foi o trabalho de Delvigne¹⁷, realizado na Costa do Marfim, que primeiro chamou a atenção para a importância da drenagem lateral na mobilização de materiais (partículas e solutos) ao longo da vertente. Sobre uma mesma rocha, esse autor observou que a alteração dos minerais primários produzia transformações e neofomações diferenciadas segundo a posição que ocupavam na vertente. Identificava, desse modo, mudanças nos mecanismos e nas condições de paragênese dos minerais de origem intempérica não apenas no perfil (mudança vertical), mas ao longo da vertente, como resultado da ação das migrações de elementos e compostos químicos produzidas pelos fluxos hídricos laterais.

Logo depois, Bocquier¹⁸, partindo de estudos realizados em topossequências, evidenciou o predomínio da dinâmica lateral na evolução pedogenética das vertentes pesquisadas. Pelo efeito das migrações verticais e laterais de substâncias sólidas e em solução, se diferenciam volumes empobrecidos e/ou enriquecidos em argila, resultantes desses processos de mobilização (eluviação/iluviação) produzidos pela circulação da água. Horizontes de acumulação aparecem na baixa vertente, em detrimento de horizontes lavados e lixiviados situados a montante. Essa dinâmica também produz, com o tempo, a invasão remontante dos horizontes de acumulação na encosta. O sistema pedológico evolui, dessa forma, por transformações laterais, apresentando um tipo de solo nos setores de montante e outros a jusante.

Riou¹⁹, sobre esse tema, assim se expressa:

A redistribuição dos elementos, sua exportação que constitui uma verdadeira erosão química, sua reorganização em volumes pedológicos novos e evolutivos, tudo concorre para criar a imagem da topossequência, ou o modelo da diferenciação lateral dos solos.

¹⁶RIOU, G. *L'eau et les sols dans les géosystèmes tropicaux*. Paris, Masson. 1990, 221p.

¹⁷DELVIGNE, J. *Pédogenèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique*. Paris. ORSTOM.1965, 177p.

¹⁸BOCQUIER, G. *Génèse et evolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad*. Paris. ORSTOM.1973, 325 p.

¹⁹RIOU, G. *L'eau et les sols dans les géosystèmes tropicaux*. Paris, Masson. 1990, 221p.

As relações entre a alteração supérgena, a pedogênese e a modelagem do relevo em regiões tropicais foram confirmadas pelos estudos realizados por Millot et al.²⁰, Bocquier et al.²¹, Boulet et al.²², Chauvel et al.²³, entre outros, tendo sempre como base os levantamentos de solos em topossequências.

Em decorrência desses estudos de solos em topossequência surgiu a proposta da “Análise estrutural da cobertura pedológica” apresentada por Boulet et al.^{24 25 26}, cujo objetivo é a apreensão da organização tridimensional da cobertura e a sua aplicação em mapeamento de solos. A abordagem é feita através de diversos levantamentos em topossequências (cortes bidimensionais), dispostas em uma unidade de relevo elementar, representativa da região em termos topográficos, geológicos, hidrológicos e botânicos - uma bacia de primeira ordem ou um interflúvio. Essas unidades de relevo elementar correspondem, também, a unidades de paisagem. Nessa unidade são realizados os levantamentos em topossequência²⁷ seguindo as linhas de maior declividade, com o emprego de sondagens a trado. Com os dados das várias topossequências da unidade de paisagem escolhida é feita a representação em plano, corte e blocodiagrama da cobertura pedológica. Nesse estudo é escolhida uma topossequência padrão (vertente característica) capaz de explicar a organização geral da cobertura pedológica (representação bidimensional) na unidade.

Os levantamentos realizados ao longo de topossequências fornecem os meios para identificar os sistemas pedológicos, como se organizam e funcionam nessas vertentes e, ainda, detectar as

influências e relações com os outros elementos e processos que as estruturam e modelam. Não se trata, nesse caso, apenas de detectar ou avaliar o volume de solo mobilizado e perdido pela erosão, mas sim de compreender como essa “sequência de paisagem” (emprestando o termo de Richard²⁸) no seu todo funciona e, principalmente, identificar suas potencialidades e vulnerabilidades (suscetibilidade erosiva), além de compreender o papel das modificações impostas pelo uso e ocupação nessa dinâmica.

No Brasil, na década de 1980, apareceram os primeiros trabalhos realizados com a adoção das topossequências, elaboradas segundo o método proposto na análise estrutural da cobertura pedológica²⁵. Em vários desses estudos a busca das relações entre a cobertura pedológica e a suscetibilidade erosiva estava presente.

Suscetibilidade erosiva em uma unidade de paisagem: um caso na região NW do Paraná

Como exemplo das relações entre paisagem, solos e suscetibilidade a erosão apresentamos um estudo de caso na região Noroeste do Paraná, na área de ocorrência do arenito da Formação Caiuá, onde é comum a incidência de processos e formas erosivas como ravinas, voçorocas, movimentos em massa dos solos, além das perdas de solos por escoamento superficial. Essa vulnerabilidade à erosão tem criado dificuldades para o desenvolvimento de atividades agrárias e, também, para a ocupação e a expansão urbana na região, afetando o desenvolvimento

²⁰MILLOT, G.; BOCQUIER, G.; PAQUET, H. Géochimie et paysages tropicaux. *La Recherche*, v. 7, n. 65, p. 236-244, 1976.

²¹BOCQUIER, G.; ROGNON, P.; PAQUET, H.; MILLOT, G. Géochimie de la surface et formes du relief. II Interprétation pédologique des depressions annulaires entourant les inselbergs. *Sci. Géol., Bull. Strabourg*, vol. 30, n.4, p. 245-253, 1977.

²²BOULET, R.; BOCQUIER, G. MILLOT, G. Géochimie de la surface et formes du relief. I Déséquilibre pédobioclimatique dans les couvertures pédologique de l'Afrique tropicale de l'Ouest e son role dans l'aplanissement des reliefs. *Sci. Géol., Bull. Strabourg*, v. 30, n. 4, p. 235-243, 1977.

²³CHAUVEL, A.; BOCQUIER, G.; PEDRO, G. Géochimie de la surface et formes du relief. III Les mecanismes de La disjonction des constituants des couvertures ferralitiques et l'origine de La zonalité des couvertures sableuses dans les régions intertropicales de l'Afrique de l'Ouest. *Sci. Géol., Bull. Strabourg*, v. 30, n. 4, p. 255-263, 1977.

²⁴BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse Structurale et Cartographie en Pedologie. *Cah. ORSTOM, Sér. Pedol.* v. 19, n. 4, p. 309-321, 1982.

²⁵BOULET, R.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse Structurale et Cartographie en Pedologie. II. Une Méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. *Cah. ORSTOM.Sér. Pédol.*, v. 19, n. 4, p. 323-339, 1982.

²⁶BOULET, R.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse Structurale et Cartographie en Pedologie. III. Passage de la phase analytique à une cartographie générale synthétique. *Cah. ORSTOM.Sér.Pédol.*, v. 19, n. 4, p. 344-351, 1982.

²⁷BOULET, R.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse Structurale et Cartographie en Pedologie. II. Une Méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. *Cah. ORSTOM. Sér. Pédol.*, v. 19, n. 4, p. 323-339, 1982.

²⁸RICHARD, J-F. *Le paysage un nouveau langage pour l'étude des milieux tropicaux*. Paris, Editions de l'ORSTOM, 1989, 210 p.

econômico. As voçorocas, formas graves de erosão acelerada, presentes em praticamente todas as periferias das cidades do Noroeste Paranaense e que comprometem, de um lado, a expansão urbana, e de outro, o equilíbrio ambiental, se iniciam, em geral, em áreas de cabeceiras de drenagem, atingindo, por evolução remontante, outros setores.

A unidade de paisagem tomada como exemplo corresponde a uma cabeceira de drenagem de um tributário de primeira ordem do ribeirão Ipiranga, pertencente à bacia hidrográfica do rio Ivaí, localizada no município de Cidade Gaúcha (Figura 1). Trata-se de uma unidade de paisagem representativa na região, parcialmente preservada, objeto de uma pesquisa realizada por Karling²⁹.

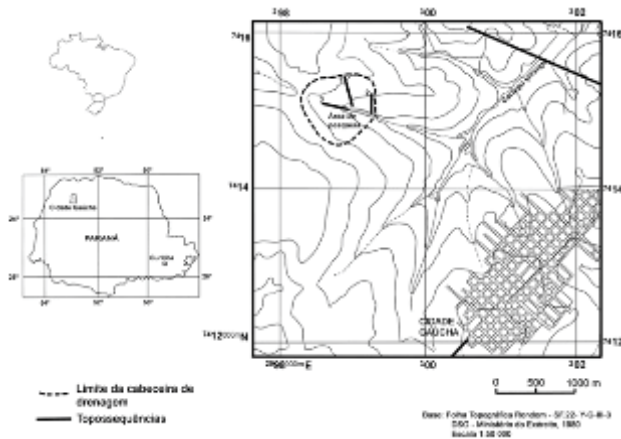


Figura 1. Mapa de localização da cabeceira de drenagem e das topossequências realizadas

Morfologicamente, a unidade de paisagem corresponde a um “anfiteatro” amplo, pouco marcado, com vertentes convexo-retilíneo-côncavas de declividades fracas, que se conectam formando o fundo onde, atualmente, ocorre uma área alagada (“banhado ou brejo”). Esta área alagada, que se formou em decorrência de uma pequena barragem construída logo a jusante da nascente, se estende por aproximadamente 250 metros ao longo de um eixo e conecta-se, a montante, a um vale em berço. A vegetação original foi substituída inteiramente por pastagem na área de cabeceira (Figura 2).



Figura 2. Aspecto geral da cabeceira de drenagem e localização das topossequências.

A partir do ponto em que o fluxo hídrico se concentra, formando o curso d’água (a jusante da barragem e da área alagada), as vertentes mudam de morfologia, passando a convexo-retilíneo-convexas, com acentuação da declividade no terço inferior. Nesse setor as vertentes terminam em barrancos, resultantes do solapamento da base das margens do curso d’água. Apesar da existência de uma faixa de mata ciliar (reflorestamento) que ocupa, parcialmente, o terço inferior das vertentes, os processos erosivos estão ativos tanto à jusante quanto à montante dessa zona de proteção. O solapamento das margens, à jusante, compromete a estabilidade das vertentes, enquanto que a instalação e o desenvolvimento de degraus, trilhas e sulcos provocados pelo pisoteio do gado, que evoluem para ravinas em decorrência do aumento da concentração das águas das chuvas, continuam ocorrendo à montante.

Na cabeceira de drenagem, aqui tomada como a unidade de paisagem situada a montante da barragem, o estudo dos solos foi realizado ao longo das vertentes, em três topossequências, que foram selecionadas levando-se em consideração o aspecto das vertentes e a posição em relação à nascente e ao curso d’água (Figura 3). As topossequências permitiram a identificação dos volumes pedológicos que compõem a cobertura, ao longo de toda a vertente, partindo-se do topo até o sopé.

²⁹KARLING, G. *Estudo da morfologia e estrutura da cobertura pedológica em cabeceira de drenagem na área rural de Cidade Gaúcha*. Maringá, 2000, Dissertação de Mestrado em Análise Ambiental, Programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá.

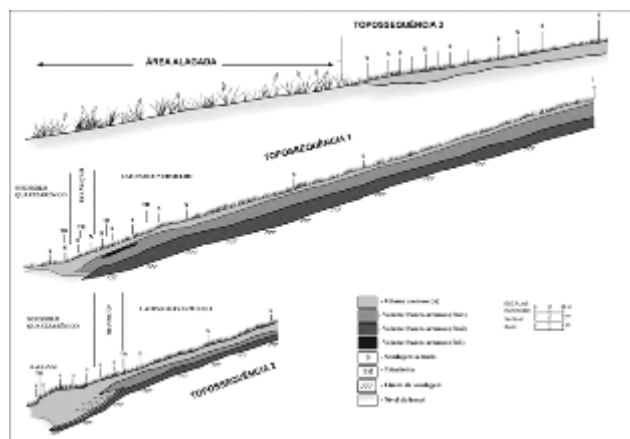


Figura 3. Organização da cobertura pedológica ao longo das topossequências.

A Topossequência 1 está localizada na margem esquerda da cabeceira, a 259 m à montante da Topossequência 2, no setor onde começa a aflorar o lençol, formando a área alagada (Figura 2). A morfologia da vertente é convexo-retilínea, tornando-se côncava no sopé, no ponto em que começa o setor alagado. A Topossequência 2 está localizada na vertente esquerda da cabeceira, no ponto onde o curso d'água se inicia, junto a uma pequena barragem. Aqui a vertente é convexo-retilínea, com acentuação da declividade no terço inferior. A Topossequência 3 acompanha o eixo do vale em berço à montante do setor alagado e ocupa uma posição central no anfiteatro (Figura 3).

A análise das topossequências 1 e 2 mostra a ocorrência do sistema pedológico formado pela sequência de Latossolo Vermelho textura média, passando lateralmente, no sopé da vertente, para Neossolo Quartzarênico.

As variações laterais que os solos apresentam ao longo das topossequências estão relacionadas com a dinâmica hídrica da vertente. Nas duas topossequências a cobertura pedológica apresenta variações em termos de coloração, textura e estrutura produzidas pelas condições de drenagem superficial e interna lateral, que resultam nas alterações dos volumes pedológicos, de montante para a jusante, com perda de argila nos horizontes superficiais nos setores de alta/média vertente e em todos os horizontes no setor de baixa vertente, principalmente na passagem para o sopé. A passagem é marcada pelo desaparecimento dos volumes subsuperficiais dentro do volume arenoso superficial, de coloração clara, que se espessa, dando origem ao Neossolo Quartzarênico, indicando um avanço remontante desse volume

sobre os demais.

O Neossolo Quartzarênico ocupa todo o setor côncavo da cabeceira de drenagem (sopé das vertentes), e se projeta para posições à montante, ao longo do vale em berço (Topossequência 3) e onde o nível freático se encontra mais próximo da superfície. Esse solo apresenta alta suscetibilidade erosiva, sob qualquer forma de uso.

Pode-se considerar que o sistema analisado está em desequilíbrio, pois sofre transformação lateral, cujas transferências internas, em sentido lateral e vertical, conduzem à destruição do horizonte B latossólico no interior dessa cobertura e geram os volumes arenosos que compõem o Neossolo Quartzarênico. A transformação ocorre não apenas no sopé, onde é bem evidente. Ela está presente, também, no volume superficial ao longo de toda a topossequência. O indício é a perda acentuada de partículas finas e a concentração das mais grossas, e o aparecimento de um gradiente textural que não é característico para as coberturas latossólicas. Esse empobrecimento é gradual ao longo da cobertura, não chegando a gerar contraste textural suficiente para caracterizar um Argissolo. No caso estudado, somente na baixa vertente da Topossequência 1, aparece um contraste textural acentuado, entre 40 e 60cm de profundidade, em uma pequena zona, já na transição para o setor dominado pelo Neossolo Quartzarênico. Essa classe de solo resulta muito mais do empobrecimento em argila no horizonte superior do que do enriquecimento, por iluviação, do horizonte subjacente.

Apesar de não chegar a configurar propriamente um horizonte Bt, produz variações na porosidade que vão se refletir na capacidade de infiltração da água da chuva e na condutividade hidráulica ao longo do perfil e desse setor da vertente. Os horizontes superficiais, empobrecidos em argila, tendem a aumentar a sua capacidade de infiltração e permeabilidade em relação aos horizontes subsuperficiais. Essa variação, muitas vezes ampliada pelo bloqueio localizado da porosidade, por efeito da translocação das partículas finas, cria condições para a instalação de fluxos hídricos laterais no topo da cobertura latossólica, acelerando a destruição das características originais dos horizontes, levando à sua transformação. Cunha (2002) observou esse fenômeno em uma cobertura latossólica, em área próxima.

Ao mesmo tempo em que aumento velocidade de infiltração da água, a remoção das partículas finas diminui a coesão do material, tornando-o mais vulnerável à erosão hídrica superficial. Ensaios com chuva simulada realizados por Cunha (2002) mostraram que a infiltração na base da vertente, nesse caso sobre um Argissolo, foi comparativamente maior do que sobre o solo na alta encosta, o Latossolo. Entretanto, a perda de solo por erosão registrada pelos eventos de chuva simulada foi o dobro na baixa vertente. Dados complementares de condutividade hidráulica evidenciaram a ocorrência de fluxo hídrico lateral na baixa vertente sobre o topo do Bt. Assim, o comportamento observado é explicado pelo comportamento hídrico subsuperficial e pela perda de coesão do material em decorrência da perda de argila (horizontes A e E).

Os Neossolos Quartzarênicos, presentes na parte baixa da cabeceira de drenagem, são solos constituídos por grãos de areia simples e não apresentam coesão, sendo, portanto, facilmente mobilizados pelos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais, o que resulta em alta suscetibilidade à erosão. Ao contrário, os Latossolos, mesmo os de textura média já apresentam certo grau de coesão exercido pela fração argila presente. A estrutura pedológica é mais estável e se o solo apresentar uma cobertura vegetal adequada opõe uma resistência maior à erosão.

Apesar de cada tipo de solo apresentar, individualmente, suscetibilidades diferenciadas; na paisagem, associados na vertente, a estabilidade ou instabilidade será produzida pela dinâmica dos eventos aí desencadeados. Desse modo, nas cabeceiras de drenagem das áreas sob domínio do arenito da Formação Caiuá, a ocorrência do Neossolo Quartzarênico no fundo dos anfiteatros favorece, quando da remoção da cobertura vegetal e exposição dos solos, a instalação de processos erosivos. Uma vez instalados, os processos remontam na vertente afetando as áreas e os solos originalmente mais estáveis. A evolução remontante dos processos, sobretudo no caso das voçorocas que se iniciam, muitas vezes, por degradação das cabeceiras, passa a influenciar na dinâmica hídrica da cobertura pedológica, impondo novas condições para o material e gerando novas organizações.

No caso apresentado, a diferença de organização da Topossequência 2 para a Topossequência 1 reside na proximidade da

primeira com os fenômenos erosivos que afetam o curso d'água à jusante da barragem. A Topossequência 2 (Figura 2) situa-se nas proximidades da barragem. Ela apresenta fortes indícios de aceleração oblíqua dos fluxos hídricos subsuperficiais, condicionados pela incisão profunda do canal de drenagem, a jusante da barragem, o que justifica o espessamento maior do Neossolo Quartzarênico e o seu avanço para montante na vertente, destruindo o horizonte B latossólico. A suscetibilidade dessa cobertura pedológica é acentuada pelo uso e ocupação. A fragilidade dos solos e, conseqüentemente do meio, restringe as opções para sua exploração.

Considerações Finais

A adoção de categorias como unidade de paisagem, vertente característica e topossequência de solos mostra-se adequada, considerando-se as grandes e as médias escalas para os estudos e mapeamentos de suscetibilidade à erosão. A Geografia Física trabalha essas categorias de forma integrada, possibilitando o reconhecimento das estruturas e funcionamento do meio físico, as interferências e a participação das atividades humanas, num contexto sistêmico.

Assim, enquanto a identificação de diferentes unidades de paisagem fornece o cenário estruturado e dinâmico, a vertente característica é empregada para o reconhecimento dos elementos dessa estrutura e do seu funcionamento, servindo, também, como base para os levantamentos em topossequência da cobertura pedológica. A cobertura pedológica, por sua vez, exhibe os resultados dos processos mais recentes, tanto geológicos, geomorfológicos quanto os antrópicos, onde a circulação da água – os fluxos hídricos – se estabelece, preferencialmente, seguindo diferentes caminhos em superfície e subsuperfície (vertical e lateral), comandando a dinâmica morfológica das vertentes e dos solos. Possibilita, desse modo, o desenvolvimento dos processos já instalados e/ou produz novas organizações e mecanismos, seja em decorrência da evolução normal, seja pela interferência de novas condições geradas pela produção do espaço geográfico.

A compreensão da organização e do funcionamento do meio físico, assim percebida, permite a identificação e a avaliação do seu

A Paisagem, os Solos e a Suscetibilidade à Erosão

potencial e, sobretudo, da sua vulnerabilidade, traduzida especialmente pela suscetibilidade erosiva, incorporando os efeitos da ação antrópica na sua dinâmica. Contribui, por outro lado, para a hierarquização de áreas de maior e menor suscetibilidade com base na sua dinâmica evolutiva e nas organizações e materiais gerados, principalmente na cobertura pedológica.

Artigo recebido em 10.12.2011.
Artigo aprovado em 01.03.2012.