



FRAGILIDADE POTENCIAL DO RELEVO

ESTUDO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA MOCOCA

CRISTAIS PAULISTA, SÃO PAULO

Villela, Fernando Nadal Junqueira¹, autor

Ross, Jurandyr Luciano Sanches², co-autor

Palavras chave: bacia hidrográfica, fragilidade, paisagem

Eixo Temático: Cartografia Geomorfológica

RESUMO

Este estudo propõe-se a cartografar bacia de drenagem localizada no nordeste do Estado de São Paulo, no município de Cristais Paulista. Para tal, serão utilizados meios atribuídos à Geografia Física, através de um estudo eminentemente cartográfico, fotointerpretativo, informacional e bibliográfico, visando a compreensão geomorfológica e hidrológica do espaço escolhido (área de estudo), a Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa. O principal apoio teórico-metodológico, obtido através da Geomorfologia, adota como parâmetros básicos as abordagens de TRICART (1965 e 1977) e as proposições de ROSS (1991, 1992 e 1994), resultando em cartografia detalhada através da utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs). Em razão do meio físico não se restringir a divisões das ciências, acontecerá também certa aproximação com outros ramos de conhecimento, como a Geologia, Pedologia, Climatologia e Hidrologia. Isso ocorrerá principalmente por este estudo estar calcado no método dos Sistemas de Terra (“Land Systems”) conceituado por ZONNEVELD (1980), cujo principal enfoque é a definição de unidades de terreno que representem uma totalidade da paisagem geográfica através da combinação de atributos da terra (modelado, solos e vegetação, entre outros). Estes atributos, ao serem mapeados, deverão fornecer uma visão sobretudo qualitativa da relação Sociedade-Natureza, expressa em fragilidades naturais para as diversas atividades humanas.

ABSTRACT

This study aims at mapping a drainage basin located in the northeast of São Paulo State, Cristais Paulista County. For this purpose, means appropriate to Physical Geography will be used, through an eminently cartographic, photointerpretative, informational and bibliographic study, with a view towards a geomorphological and hydrological understanding of the selected space (study area), the Hydrographic Basin of Mococa Creek. The main theoretical-methodological support, obtained through Geomorphology, adopts as basic parameters the approaches by TRICART (1965 and 1977) and the proposals by ROSS (1991, 1992 and 1994), resulting in detailed cartography through the utilization of Geographic Information Systems (GISs). Because the physical environment is not restricted to divisions in science, there will also be certain approaches to other branches of knowledge, such as Geology, Pedology, Climatology and Hydrology. This will take place especially for this study being based on the Land Systems method as conceived by ZONNEVELD (1980), whose main focus is the definition of terrain units which represent a totality of the geographic landscape through a combination of land attributes (relief surface, soils and vegetation, among others). These attributes, as they are mapped, should furnish an especially qualitative vision of the Society-Nature relationship, expressed in terms of natural fragilities for the diverse human activities.

INTRODUÇÃO

¹ Mestrando do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. E-mail: gisvillela@hotmail.com

² Professor Livre Docente do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. E-mail: juraross@usp.br



A definição da área de estudo como uma bacia de drenagem, ou bacia hidrográfica, parte do pressuposto de que esta, ao menos em teoria, representa satisfatoriamente uma unidade de paisagem com limites mais ou menos definidos, do ponto de vista físico. Tal como DOORNKAMP & KING (1971) definem, bacias de drenagem compõe *paisagens* modeladas pela erosão fluvial, e o mapeamento de suas formas e as decorrentes classificações ainda representarão pequenas unidades de paisagem.

De acordo com FREITAS (1993), bacia hidrográfica é uma unidade topograficamente bem definida, cuja superfície é drenada por um curso de água principal e um conjunto de cursos de água, hierarquicamente organizados (ordens) e ligados entre si de tal modo que toda a vazão efluente seja feita através de uma saída para facilitar a sua medição, que é a do curso de água principal. É contornada ou limitada por um divisor topográfico (linha de cumeeira, cumeada), linha envolvente passando pelos pontos mais altos (cotas máximas de altitudes) da bacia e que a separa das bacias vizinhas e encaminha, devido à gravidade, o escoamento superficial resultante das precipitações para os cursos de água, os quais, recebendo ao longo dos seus percursos, águas superficiais, subsuperficiais e subterrâneas das vertentes adjacentes (“olhos d’água”, nascentes, fontes), vão alcançar o rio principal.

Sendo a bacia de drenagem um sistema aberto, em que há uma integração de seus elementos de forma dinâmica nos campos pedológico, geológico, geomorfológico e especificamente no hidrológico, ocorrem várias entradas de matéria e energia referentes à água. A precipitação seria a principal entrada do balanço hidrológico de uma bacia, enquanto que o escoamento superficial seria um exemplo de saída. Todos os elementos hidrológicos possuem vários fatores que determinam sua atuação, numa relação direta com a atmosfera e a litosfera; estas relações demonstram a proximidade do clima com as formações de superfície, sendo então a água um dos principais agentes morfogênicos.

Na área de estudo, a população residente relaciona-se diretamente com o meio natural, dependendo dos recursos existentes para sua produção social e econômica (aproveitamento da água e dos solos, basicamente). Contudo, enquanto que a dependência é visível, cada vez mais cresce a demanda de Cristais Paulista, causando inevitáveis desacordos ambientais (poluição de córregos, por exemplo), em razão da necessidade de incrementação da infra-estrutura urbana para atendimento da população crescente, população esta expressa também nos circulantes que vêm ao município em busca de turismo e lazer.

Os estudos geomorfológicos ajudam a entender e orientar uma solução para este processo, ao entender-se as características superficiais do terreno e quais são suas áreas mais e menos instáveis em decorrência da Geomorfologia. A cartografia de síntese geomorfológica confere um documento que serve de orientação para a conservação das condições naturais via atividades humanas, proporcionando uma estratégia imediata e futura para o assentamento urbano. Ao compreender-se as características físicas de um espaço, evidenciam-se problemas e soluções pertinentes ao meio.

Como a Geomorfologia trabalha primeiramente pelo empirismo e pela observação, para depois se estender para o mapeamento e medições sistemáticas, neste trabalho utilizam-se os SIGs – Sistemas de Informação Geográfica. Estes melhoram o trabalho com a base de dados levantada, pois esta geralmente é muito heterogênea e ao ser geoprocessada gera informação que muitas vezes pode ser integrada qualitativamente, embora esta integração não possa ser de todo automática devido às próprias características únicas da paisagem.

OBJETIVOS



Os objetivos de investigação estão abaixo relacionados:

- **Delimitar as áreas de maior fragilidade natural aos processos morfodinâmicos:** conta com a elaboração de cartas de fragilidade que demonstrem as glebas de maior e menor potencial à instabilidade morfodinâmica (natural ou decorrente de ações humanas), considerando as características do terreno quanto à sua forma superficial, característica geológica/pedológica, sistema hidrológico, processos decorrentes e utilização antrópica e/ou natural;
- **Delimitar as áreas com ocorrência potencial de inundações:** conta com a elaboração de cartas de fragilidade que demonstrem as áreas de maior e menor potencial à concentração superficial d'água, considerando as características do terreno quanto à sua forma superficial, característica geológica/pedológica, sistema hidrológico, processos decorrentes e localização (em relação à contribuição hídrica);
- **Calcular a disponibilidade hídrica superficial da bacia, em função da demanda:** obter a disponibilidade hídrica superficial da bacia de drenagem em estudos, através de regionalização hidrológica e utilização de dados de precipitação locais;
- **Identificar a dinâmica e evolução do uso e ocupação da terra:** fotointerpretação sucessiva da área de estudos, do acervo mais antigo até o mais atual, com complementação de informações via levantamento de campo utilizando-se as fotografias aéreas com data mais próxima da atual.

Os métodos em questão serão tratados dentro dos princípios da cartografia geomorfológica de detalhe, descritos por TRICART (1965) e KLIMASZEWSKI (1982): utilizando a escala de trabalho de 1:10.000, haverá mapeamento geomorfológico no campo e a fotointerpretação de fotografias aéreas, para fornecer uma visão completa do relevo que possibilite a leitura das características presentes, remonte às suas condições pretéritas e prognostique as tendências futuras. Os dados obrigatoriamente terão de conter informações morfográficas, morfométricas, morfogenéticas e morfocronológicas. Além disso, serão incluídas informações sobre o comportamento dos processos existentes, os dados morfodinâmicos.

Os processos morfodinâmicos referem-se aos processos naturais de superfície (sobretudo as movimentações gravitacionais de massa em geral e os escoamentos d'água), que podem ser acelerados ou modificados em seu curso pela ação antrópica ou pela ocorrência de eventos que ultrapassem limiares naturais. Estes processos, quando em ambientes naturais preservados, possuem ritmo regido pela entrada e saída de energia (comandadas pelo ciclo hidrológico, pelo intemperismo e pela retirada, transporte e deposição de material, entre outros), permanecendo em equilíbrio. Quando o ambiente em questão está em constante alteração devido a mudanças bruscas de magnitude ou frequência de seus processos, ocorrendo rompimento de limiares (muitas vezes em função de atividades humanas), acontecem desequilíbrios no regime natural dos processos superficiais, que acabam por deixar os terrenos desfavoráveis para a ocupação, agricultura ou qualquer outro uso ou forma de apropriação da terra; por assim dizer, o meio torna-se mais frágil.

Esta fragilidade exprime-se na potencialidade de ocorrência destes processos em meio antropizado. Em linhas gerais, funciona como uma setorização de uma carta geomorfológica, com determinado tema em questão (no caso os processos



morfodinâmicos); assim o objetivo principal deste trabalho é o mapeamento da bacia hidrográfica escolhida.

BASES TEÓRICAS E METODOLÓGICAS

O tratamento metodológico de Libault

A metodologia genérica de LIBAULT (1971, *in* ROSS, 1991) é facilmente aplicável e encaixa-se perfeitamente neste projeto de estudos, pois foi elaborada em função da quantificação de informações de natureza geográfica, definindo para a pesquisa começo, meio e fim. O autor (*Op. Cit.*) apresenta quatro níveis de pesquisa em sua proposta (compilatório, correlativo, semântico e normativo), passando desde a coleta de dados até as interpretações e sínteses de pesquisa:

Etapas	Níveis de Pesquisa
Levantamento de dados e confecção de produtos básicos	Compilatório
Caracterização da área de estudos e confecção de produtos intermediários	Correlativo
Correlação dos dados hidrológicos, pedológicos, produtos finais e conclusões	Semântico/Normativo

Quadro 1. Tratamento metodológico do presente trabalho conforme proposta de LIBAULT (1971, *in* ROSS, 1991).

A metodologia desenvolvida por Ab'Saber

AB'SABER (1969) enfoca três níveis de tratamento para a ciência geomorfológica:

- Compartimentação topográfica e conseqüente caracterização e descrição das formas de relevo compartmentadas;
- Obtenção de informações sistemáticas das estruturas superficiais da paisagem (como observações geológicas dos depósitos, observação das feições antigas e recentes do relevo, etc), principalmente para o entendimento da evolução das formas;
- Entendimento dos processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, procurando compreender globalmente a fisiologia da paisagem.

Como o estudo a ser efetuado na presente proposta de trabalho possui enfoques específicos, a abordagem da área cartografada corresponderá a uma compartimentação com algumas considerações pertinentes à evolução da paisagem. Isso significa que a pesquisa identificará unidades de paisagem e sua relação com a evolução das formas de relevo envolvidas. Em primeiro lugar haverá hierarquização das formas, com base na proposta taxonômica de ROSS (1991, 1992), para em seguida estas serem correlacionadas às classes de fragilidade potencial, segundo parâmetros definidos na Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados (ROSS, 1994).

A concepção da Paisagem e dos Geossistemas

Está nas tipologias do relevo um dos importantes condicionadores dos arranjos espaciais terrestres da humanidade, e é certamente por isso que a Geomorfologia tem-se



firmado como uma disciplina de amplo espectro geográfico (ROSS, 2001). Tal referência tem ganhado muita força sobretudo neste início do século nos chamados estudos ambientais, onde cada vez mais entende-se a paisagem como um todo indissociável e único.

A própria definição de Paisagem remonta ao estudo sistemático e à dinâmica natural: é o resultado combinado e dinâmico de três componentes, o potencial abiótico, a exploração biótica e finalmente à utilização antrópica (DELPOUX, 1974). Sua análise depende da escala têmporo-espacial e sua delimitação sistemática em unidades hierarquizadas dependem dos elementos constituintes serem mais ou menos sempre os mesmos, com diversas ordens de fenômenos em “inícios de manifestação” ou de “extinção” (BERTRAND, 1971). Em resumo, pode-se dizer que a definição da unidade elementar da paisagem pode ser feita em função da homogeneidade escalar.

Embora não visível, o Ecossistema faz parte da paisagem, muitas vezes englobando várias unidades desta. Entende-se por ecossistema o conjunto de seres vivos mutuamente dependentes uns dos outros e do meio ambiente no qual eles vivem (TANSLEY, 1934, *in* TRICART, 1977); seria em essência um conjunto de objetos junto com as relações entre esses objetos e seus atributos. No ecossistema ocorreriam diversas relações entre os incontáveis objetos de sua dinâmica e a entrada/saída de matéria/energia no meio ambiente; por conseqüência, uma bacia de drenagem representa um sistema aberto, trocando permanentemente matéria e energia com o ambiente circundante, ou com o ecossistema envolvido.

Nesse viés, BERTRAND (1971) e SOCTCHAVA (1978) organizaram o meio natural em hierarquias funcionais que denominaram de *Geossistemas*³. Todas as classes de Geossistemas com estrutura homogênea seriam *geômeros*, e os de estrutura diferenciada seriam os *geócoros*. Pode dizer-se que SOCTCHAVA (*Op. Cit.*) colocou que o geossistema seria um agrupamento de geócoros, enquanto que o geômero possui seus limites entre a divisão de meios naturais regionais e topológicos ditados pelo *Geoma*. Este último destaca-se pelo indício topológico, e sua generalização em especificidades estruturais possibilita o estabelecimento de classes de fácies (tipos fisionômicos), que já haviam sido definidas por BERTRAND (*Op. Cit.*) como *geofácies*.

Estas classificações têm a função de denotarem ao ambiente em estudo uma tipologia onde se entenda relações e estados dos diversos fatores ou atributos componentes da paisagem. Em outras palavras, ao referir-se aos sistemas pensa-se na funcionalidade de seus atributos, determinando a estrutura do objeto de estudos assim como sua dinâmica e processos correlatos, dimensionando a paisagem em estados tipológicos (conservados, degradados, etc) e indicando sobretudo o desequilíbrio existente em determinado ambiente quando a cadeia trófica é interrompida ou alterada, principalmente pelas Sociedades Humanas.

A abordagem geomorfológica na presente proposta de trabalho objetiva definir unidades de paisagem dentro da própria unidade já citada que é a bacia de drenagem ou bacia hidrográfica. Pretende-se estabelecer hierarquias funcionais (expressas em fragilidades potenciais), primeiramente espacializadas em razão de uma fisionomia da

³ Tal conceito foi desenvolvido na década de 30 passada e fundamenta-se na Teoria Geral de Sistemas da Física, atribuindo importância geocológica à Geografia Física. Princípios como funcionalidade, interatividade, interdependência e trocas de matéria e energia fazem parte da Teoria Geral de Sistemas. Grosso modo, a idéia central baseia-se nas relações tróficas do meio, onde existe sempre consumo, transformação e produção de matéria e energia.



paisagem, para em seguida serem subsidiadas por medições sistemáticas e cartografia digital.

Os trabalhos de TRICART (1965, 1977), KLIMASZEWSKI (1982), TRICART & KILIAN (1982) e ZONNEVELD (1989) têm importância fundamental, porque tratam justamente da espacialização das unidades de paisagem, no Brasil muito desenvolvidos por ROSS (1991, 1992 e 1994) e ROSS & MOROZ (1997), entre outros. Sobretudo, as proposições destes autores voltam-se para os mapeamentos executados em escala de detalhe, escala abordada na presente pesquisa.

Para TRICART (1965) o mapa geomorfológico de detalhe deve fornecer uma descrição de todos os elementos do relevo de determinada região, possuindo classificações bem mais detalhadas. Em primeiro lugar, deve mostrar as relações no espaço e no tempo das unidades mapeadas, e isso é possível apenas considerando-se quatro naturezas distintas: a morfometria, a morfografia, a morfogênese e a morfocronologia. Em segundo lugar, deve haver no mapa geomorfológico um fundo topográfico, notadamente as curvas de nível. E finalmente em terceiro lugar devem existir elementos de ordem estrutural: litologia e relação da disposição das camadas com a morfologia. Para todas estas representações o autor (*Op. Cit.*) faz ressalvas em relação à utilização de cores, representação de símbolos gráficos, sombreamentos e hachuras. Basicamente o que coloca em seu método é que as cores devem demonstrar a gênese e a idade das formas enquanto que os símbolos gráficos devem representar os processos.

KLIMASZEWSKI (*Op. Cit.*) diferencia a utilização das cores para a gênese e para as idades: enquanto que a gênese deve ser representada por manchas de cores variadas, os matizes destas devem indicar as superfícies mais jovens, nos matizes mais escuros, e as superfícies mais antigas devem ser evidenciadas nos matizes mais claros. Para os processos a utilização dos símbolos também deve ser distinta: símbolos pontuais para formas de acumulação e símbolos lineares para formas erosionais. A utilização de letras aparece como alternativa mais barata para indicação da idade das formas, seguindo-se nomenclatura geológica internacional.

Já TRICART & KILIAN (*Op. Cit.*) entendem que a pesquisa geomorfológica deve orientar-se na investigação *ecogeográfica*. A *Ecogeografia* possui forte influência agrônoma-ambiental e coloca as Sociedades Humanas como agentes modificadores constantes da paisagem, objetivando enfim reconhecer de maneira racional as potencialidades dos recursos ecológicos. Na prática, um estudo ecogeográfico capacita demandas de uso racional da terra começando pelo entendimento físico da intervenção humana sobre a sensibilidade do ambiente envolvido. Para isso, distinguem do ponto de vista espaço-temporal os fenômenos, levando em conta a frequência e intensidade destes, assim como sua hierarquia em níveis taxonômicos, e contém no mapa geomorfológico informações morfográficas, morfométricas, morfogenéticas e morfocronológicas.

Estas afirmações mostram que na concepção ecogeográfica também definem-se as bases de pesquisa: identificação das fisionomias (formas, ou o que for perceptível); entendimento das estruturas e funcionalidades dinâmicas, transpondo para o nível estático e sistemático; e o entendimento da suscetibilidade para as intervenções humanas, atuais e futuras (*in* ROSS, 2001).

Em seu trabalho de Geomorfologia Aplicada, TRICART (1978) coloca que as oposições entre as pesquisas de base e as pesquisas aplicadas são tão sem sentido quanto as divisões artificiais das ciências. A Geografia e a Ecologia, para ele, repousam necessariamente sobre a dialética, e as interações e paradigmas são inevitáveis. Nessa



visão, a pesquisa aplicada promove uma reflexão metodológica de alto nível, pois assimila uma série de métodos de disciplinas tradicionais, além de tornar o resultado da pesquisa bem mais amplo que o esforço isolado de uma única concepção. Somente a aproximação sistêmica e interdisciplinar pode produzir um progresso metodológico eficaz e uma abordagem prática, satisfatória com a realidade.

Esta abordagem interdisciplinar para o mapeamento geomorfológico, visando em último estágio a definição de unidades de paisagem que contenham uma série de características, foi muito facilitada pelo avanço da informática e utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs). ZONNEVELD (1989) aceita que a integração cartográfica espacial dos SIGs pode ser usada para a combinação dos elementos (adicionar, subtrair, e recombinar ou separar dados biofísicos, ou integrar dados sócio-econômicos como as qualidades biofísicas de uma unidade mapeada, tal como requerido na evolução da paisagem). Contudo, existe uma série de atividades mentais que não podem ser facilmente programadas ou executadas nestes softwares, e o autor se justifica pelo simples fato do mapeamento não poder ser uma mera compilação de atributos independentes, pois os limites destes atributos independentes geralmente são raros de coincidirem entre si. Os motivos variam: podem ser erros de orientação, erros de classificação, diferenças reais de classificação, e também pode haver mesmo a não-correlação entre os atributos. BERTRAND (1971) coloca que a síntese correta da paisagem seria sua diferenciação em sistemas taxonômicos baseados em grandezas de escalas têmporo-espaciais, havendo unidades superiores, de caráter estático e fisionômico, e unidades inferiores, representando a dinâmica dos Geossistemas (ou o potencial ecológico e a exploração biológica); estas duas unidades, em sua homogeneidade, caracterizariam daí as unidades de paisagem.

Dificuldades à parte, ZONNEVELD (*Op. Cit.*) propõe o estabelecimento de uma unidade representante da expressão da paisagem entendida como um sistema, fundado no conceito da Ecologia de Paisagem. Neste conceito, existe um princípio holístico que consiste na hierarquização de conjuntos dos organismos e sociedades na Terra, sendo esta última compreendida como um Sistema Total. A paisagem seria então um sistema com atributos/fatores hierárquicos (ou conjuntos hierárquicos) que combinam sistemas de estudos desenvolvidos nas relações ecossistêmicas da Biologia e métodos desenvolvidos na Geografia para a descrição perceptível (mapeamento) dos traços (feições) de terreno observáveis, definindo-se para esta visão de conjunto o chamado método *Land System*. Contudo, vale lembrar que AB'SABER (1969) observa que é imprescindível a relação entre forma, material e processo. Enquanto que as formas deveriam ser exaustivamente descritas pela compartimentação, para o autor (*Op. Cit.*) as correlações só podem ser feitas quando entende-se a observação dos materiais como uma leitura da estrutura superficial da paisagem e a dinâmica dos processos como um caráter *fisiológico* da evolução da paisagem.

Nesse sentido, fica necessário nos mapeamentos geomorfológicos de perspectivas ecológicas uma abordagem que não fique encerrada no caráter prático de suas exposições. Na presente pesquisa, o levantamento fisionômico obtido pelas fotografias aéreas é fundamental e inevitável, mas haverá uma tentativa de aproximação com a abordagem sistêmica/dinâmica através da visão taxonômica e a divisão do ambiente estudado em classes de estabilidade morfodinâmica, que retratam diferentes níveis (graus) de fragilidade dos ambientes naturais antropizados e com potencial para antropizar-se.

A taxonomia do relevo

A proposta taxonômica de ROSS (1991, 1992) tem suas raízes nas fundamentações teóricas concebidas por GUERASIMOV (1946) e PENCK (1953), ambas descritas por



ROSS (*Op. Cit.*), além das contribuições de MESCERJAKOV (1968). PENCK (*Op. Cit.*) definiu as formas de relevo terrestre como produto de forças geradas do interior da crosta terrestre e das forças impulsionadas pela ação climática atual e pretérita (definidos como processos endógenos e exógenos). GUERASIMOV (1959, *in* MESCERJAKOV, *Op. Cit.*) colocou que os fatores endógenos (como os movimentos tectônicos) produzem as formas de relevo de ordem de grandeza superior e se relacionam à morfoestrutura, enquanto que os fatores exógenos produzem as formas de relevo de ordem de grandeza inferior e se relacionam à morfoescultura; dessa forma, o relevo é produto da ação contraditória destes dois fatores. Determinada unidade morfoestrutural pode ter mais de uma unidade morfoescultural, pois esta reflete a resistência e o arranjo da litologia face à estrutura na qual foi esculpida.

A cartografia geomorfológica e a classificação do relevo elaborada por ROSS (*Op. Cit.*) têm então base no aspecto fisionômico, embora considere fundamental a gênese e a idade das formas. Para classificar desde a macroestrutura até os processos que definem formas pontuais no relevo, a representação da proposta taxonômica tem a seguinte ordenação, do primeiro ao sexto Taxon, respectivamente: unidades morfoestruturais, unidades morfoesculturais, unidades morfológicas, tipos de forma do modelado, formas de relevo representadas pelas vertentes e tipos de processos erosivos ou acumulativos atuais, indicando pequenas formas de relevo.

Como a escala de trabalho neste estudo é de detalhe, trabalha-se apenas com o quinto e o sexto Taxons nas produções cartográficas da área de estudos; basicamente o quinto Taxon representa a identificação dos setores de vertentes, enquanto que o sexto Taxon corresponde à identificação dos processos erosivos que alteram as formas da superfície.

A fragilidade dos ambientes naturais e antropizados

ROSS (1996) aponta que as fragilidades dos ambientes naturais devem ser avaliadas quando pretende-se aplicá-las ao planejamento ambiental, baseando-se no conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por TRICART (1977).

O conceito de Unidades Ecodinâmicas fundamenta-se na conceituação de ecossistema. Numa Unidade Ecodinâmica existe o funcionamento do ecossistema e a adaptação mútua dos vários componentes, respondendo à dinâmica de um ambiente. Um exemplo prático e simples seria a interação entre o material rochoso, os processos morfodinâmicos e a biocenose. Uma Unidade Ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses (TRICART, *Op. Cit.*).

Sob a ótica ecodinâmica, o autor (*Op. Cit.*) classificou os meios morfodinâmicos em três grandes tipos, em função da intensidade dos processos atuais, sendo que a estabilidade refere-se à interface atmosfera-litofera e seu equilíbrio dinâmico: meios estáveis, onde a pedogênese predomina sobre a morfogênese; meios intergrades, onde existe a interferência morfogênese-pedogênese sobre um mesmo espaço; e os meios fortemente instáveis, onde a morfogênese é predominante na geodinâmica e há a presença de fenômenos catastróficos, evidenciando situações de desequilíbrio dinâmico.

Os conceitos ecodinâmicos formulados por TRICART (1977) foram utilizados por ROSS (1991), que inseriu novos critérios para a classificação das unidades. As Unidades Ecodinâmicas Instáveis foram definidas como aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais através dos desmatamentos e práticas econômicas diversas, enquanto que as Unidades Ecodinâmicas Estáveis configuraram-se



como as que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se portanto em seu estado natural, como por exemplo um bosque de vegetação natural (ROSS, 1994).

Na adequação das classificações para o planejamento ambiental, ROSS (*Op. Cit.*) definiu que as Unidades Ecodinâmicas tanto estáveis quanto instáveis possuíam vários graus de instabilidade, variando desde o grau de instabilidade mais fraca até o grau de instabilidade mais forte. Estes graus de instabilidade seriam emergentes nas Unidades Ecodinâmicas Instáveis e potenciais nas Unidades Ecodinâmicas Estáveis, já que apesar do equilíbrio dinâmico existe sempre uma instabilidade previsível em razão das próprias características naturais e da possível alteração do meio pela sociedade humana. Na verdade, o enfoque da Ecodinâmica e sua identificação em unidades voltam-se para corrigir aspectos desfavoráveis do meio e facilitar a exploração dos recursos ecológicos, por sempre haver a evidência do "antinomismo" chamado por TRICART (*in* ROSS, 2001): a cobertura vegetal, que constitui os produtores primários e a base do ecossistema, e oposição à morfodinâmica, que é o fator limitante do ecossistema.

Desse modo, a análise da fragilidade na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa seguirá a proposta de ROSS (1991, 1994), ampliada do conceito de Unidades Ecodinâmicas de TRICART (*Op. Cit.*). Para que ocorra a análise, exigem-se estudos básicos do relevo, do sub-solo, do solo, do uso da terra e do clima (ROSS, 1994). Estes levantamentos facilitarão a compreensão da morfodinâmica do ambiente estudado, para possibilitar o arranjo hierárquico dos diversos graus de fragilidade, classificados e descritos um a um.

A fragilidade na área de estudos é dada como potencial, pois não existe uma situação generalizada de instabilidade. Há assim uma classificação de graus potenciais de instabilidade, ordenados em classes de fragilidade (de muito baixa a muito alta), conforme a correlação das informações dos produtos intermediários. Estas classes mostrarão a potencialidade a instabilização causada pelos processos morfodinâmicos e especificamente nos fundos de vale incorrerão na potencialidade a eventos de inundação.

Disponibilidade hídrica superficial

A disponibilidade hídrica superficial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa será estimada a partir de metodologia proposta pelo DAEE (1988 e 1994).

Com o uso da técnica da regionalização hidrológica, é possível estimar-se as seguintes variáveis hidrológicas na área de estudos: vazão média de longo período, vazão mínima de sete dias associada à probabilidade de ocorrência e volume de armazenamento intra-anual necessário para atender dada demanda, sujeito a um risco conhecido. Todos os cálculos envolvem parâmetros regionais definidos pelo DAEE (*Op. Cit.*) e dados de precipitação obtidos na área de estudo.

Resistência do solo à penetração

A avaliação de resistência do solo à penetração, também chamada de penetrometria ou impedância mecânica, responde ao complemento de informações estruturais dos horizontes do solo, funcionando em última análise como um indicativo da compactação deste. Juntamente com informações granulométricas, fornece relações setoriais entre as texturas do solo e sua compactação para analogia com os dados de fragilidade.

De acordo com STOLF (1991), o penetrômetro de impacto mede a resistência dinâmica fornecida pela razão entre a força do impacto e a área basal do cone na ponta da haste. Segundo o autor (*Op. Cit.*) os dados do penetrômetro podem ser expressos em



impactos/dm ou Kgf/cm² (força por unidade de área), onde a resistência à penetração é estimada por R a partir de leituras obtidas com o número de impactos N ao longo do perfil do solo, ou pela seguinte expressão:

$$R = 5,6 + 6,89 * N$$

Sendo:

R = Resistência à penetração em Kgf/cm²

$N = \left(\frac{\text{impactos}}{\text{dm}} \right)$

O modelo de penetrômetro utilizado largamente em pesquisas empíricas e também neste trabalho é o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar – Stolf, seguindo especificações da American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 1976, *in* STOLF et al., 1998). Tal aparelho foi desenvolvido para penetrar no solo em resposta a impactos repetitivos de massa conhecida caindo por uma distância também conhecida (STOLF et al., *Op. Cit.*).

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, correspondendo à Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa, situa-se no município de Cristais Paulista, nordeste do Estado de São Paulo. É sub-bacia de primeira ordem, afluente da margem esquerda do ribeirão da Prata, desaguardo neste via córrego da Taquara. O Ribeirão da Mococa faz parte da bacia de drenagem do Rio Canoas, que faz a divisa do Estado de São Paulo com o Estado de Minas Gerais e pertence à Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Rio Grande, segundo a divisão das vinte e duas Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs) do Estado de São Paulo feitas pelo IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico, em 1996.

A bacia hidrográfica em estudo é delimitada ao norte por divisor topográfico bem evidente, enquanto que de oeste a sudeste estes são percorridos pela SP-334 e por estrada pavimentada que segue pela Serra das Goiabas, a Estrada Manoel Carrijo.

Com área total aproximada de 40 Km², a bacia integra área urbana consolidada do município supracitado e áreas parciais de seis fazendas, cujas utilizações do terreno variam desde cultivos de lavouras permanentes (principalmente o café), temporárias (milho, soja) e hortifrutigranjeiros até pastagens e matas galerias nos setores de maior declividade.

Atualmente, o sítio urbano de Cristais Paulista concentra a maior parte da população municipal, sendo que o número de pessoas aumenta nos fins de semana e feriados em razão do turismo rural realizado na região. Para o município, este aumento populacional é significativo economicamente, tanto para a prestação de serviços como para o consumo comercial e hídrico.

Com amplitudes topográficas de 200 metros, a área de estudo possui relevo variado, inserido na unidade morfoescultural dos Planaltos Residuais de Franca/Batatais (ROSS & MOROZ, 1997). Alterna formas arredondadas e suaves (IPT, 1981b), nas porções mais a montante, para em seu curso médio sofrer rupturas topográficas de até 100 metros de



altitude, formando paredões (escarpas erosivas e festonadas) com cachoeiras e grotões, semelhantes às formas encontradas no sítio de Franca descritas por CANIL (2000). Segundo IPT (1981a), estes paredões são resultantes de intensos processos tectônicos que culminaram, no período Cretáceo, com o extravasamento de lavas basálticas da Formação Serra Geral.

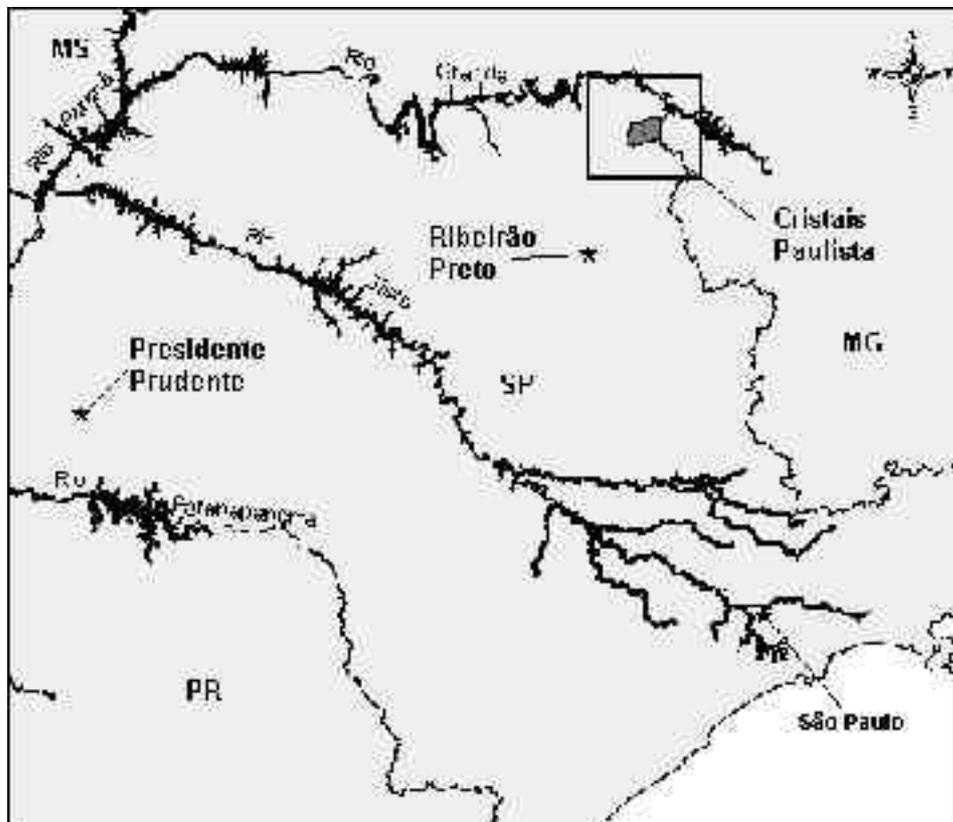


Figura 1. Localização do município de Cristais Paulista, sem escala. (Org.: Villela, F.N.J., 2004)

A variação da topografia, marcada pela presença destas escarpas festonadas, configura à Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa várias formações geológicas sobrepostas (interdigitadas), que fazem parte das unidades da borda nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná. IPT (2000) descreve quatro formações na área de estudos, no sentido de montante para jusante: arenitos conglomeráticos limonitizados, correlatos à Formação Itaqueri (Grupo Bauru), rochas intrusivas básicas, correlatas à Formação Serra Geral, e arenitos avermelhados de estratificação cruzada das Formações Botucatu e Pirambóia, ambas pertencentes ao Grupo São Bento. Ainda existem na área de montante, junto à SP-334, depósitos de sedimentos continentais indiferenciados do Cenozóico.

O embasamento basáltico e as litologias areníticas subordinadas, aliadas ao clima tropical alternadamente seco e úmido, conferem aos solos da área de estudos desenvolvimento pedológico variado, variação determinada também em razão da altitude e da declividade. De forma geral, nos relevos menos rugosos, que correspondem às altitudes de 900 a 1.000 metros, tem-se associações de latossolos de textura arenosa/média a argilosa, de horizonte A moderado, distróficos e/ou eutróficos; já nos relevos de maior declividade, com altitudes entre 800 e 900 metros, surgem solos rasos do tipo cambissolos e litólicos, de horizonte A moderado e eutróficos, possuindo textura argilosa correspondente à fase pedregosa (IPT, *Op. Cit.*).



A bacia em estudo, devido à altitude e à disposição predominante das vertentes (nordeste), situa-se inicialmente protegida das chuvas originadas dos sistemas frontais, embora ainda concentre o período chuvoso como na maior parte do Estado (de outubro a março) e o regime seja controlado por massas equatoriais e tropicais (MONTEIRO, 1973), com precipitações médias anuais de 1.500 a 1.600 mm. O período mais seco se distribui de junho a agosto, e a temperatura média anual se mantém em torno de 22°C (SANT'ANNA NETO, 1995, *in* IPT, *Op. Cit.*).

Tais características climáticas constituem fator importantíssimo na dinâmica vegetal, caracterizada por fragmentos remanescentes de cerrado, típico de formações de fisionomias savânicas (COUTINHO, 1978, *in* IPT, *Op. Cit.*). A utilização intensa da terra para a agricultura também gerou uma série de fitofisionomias secundárias, como capoeiras, compostas principalmente por indivíduos lenhosos de segundo ciclo de crescimento a partir da floresta primária, e espécies espontâneas, que invadiram áreas desmatadas e possuem porte atual variável. Ainda conservadas, existem também matas (galerias ou ciliares), dominadas por árvores com alta densidade de indivíduos e copas fechadas nos estratos superiores, com ervas e arbustos nos estratos inferiores. Quanto à vegetação das várzeas, são de composição variável dependendo da proximidade com os rios, sendo comuns espécies leguminosas e palmeiras.

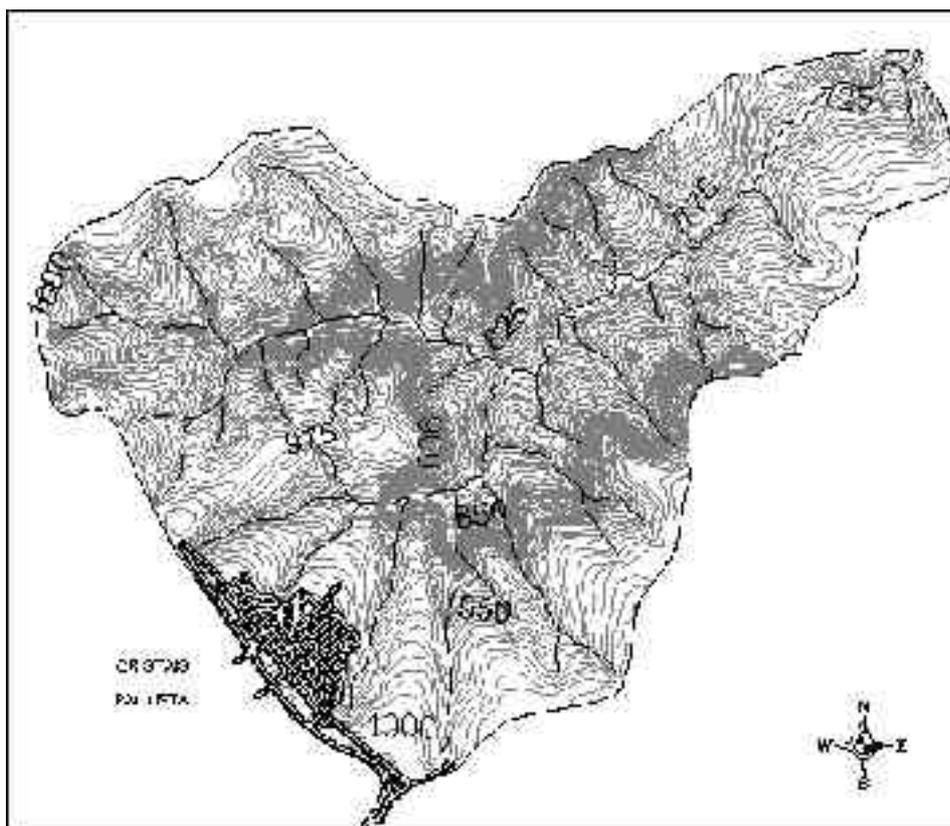


Figura 2. Configuração geral da área de estudo, com altitudes, hidrografia, curvas de nível e área urbana, sem escala. (Org.: Villela, F.N.J., 2004)



PROCEDIMENTOS E ETAPAS DE TRABALHO

Para alcançarem-se os objetivos propostos, tem-se a seguinte ordenação:

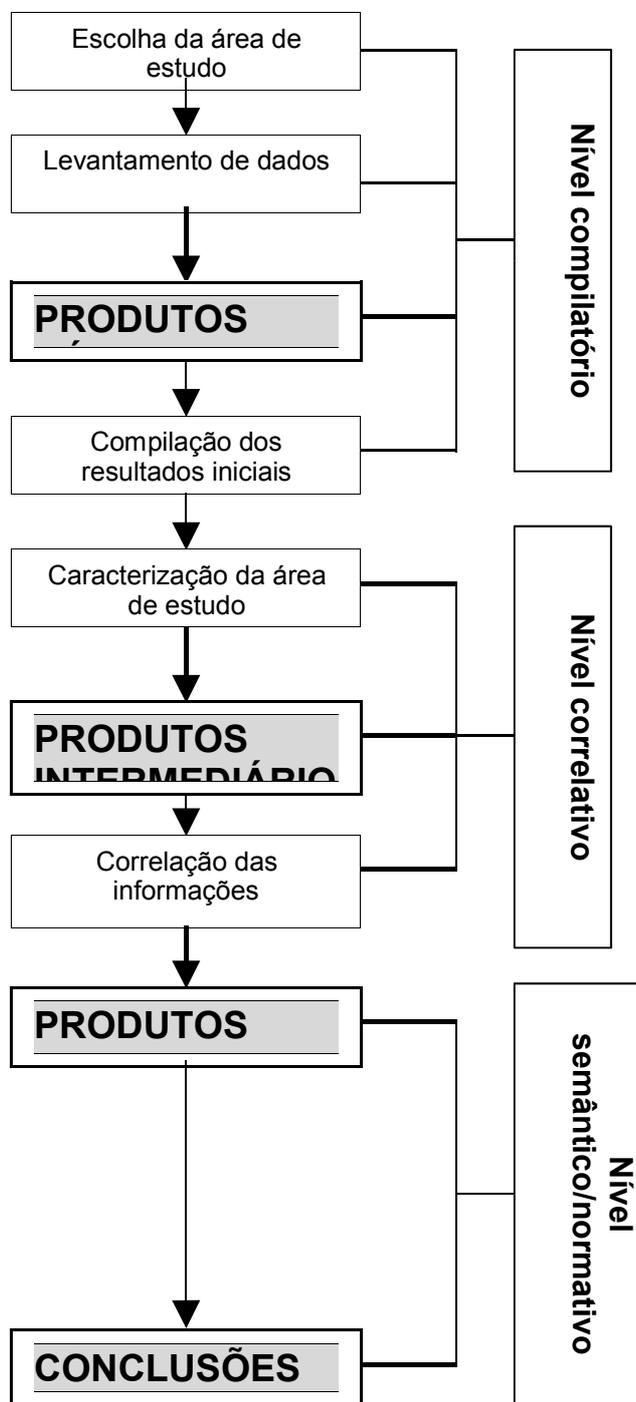


Figura 3. Fluxograma do ordenamento dos procedimentos operacionais mostrando as etapas de trabalho referentes. As linhas e setas mais grossas correspondem à confecção de produtos gráficos ou cartográficos. (Org.: Villela, F.N.J., 2004)



PRODUTOS

Elaboração dos produtos básicos

Correspondem à carta base, carta hipsométrica, carta de relevo, carta clinográfica e perfis topográficos.

Elaboração dos produtos intermediários

Serão confeccionadas cartas de uso da terra (1962, 1992 e 2003), carta geomorfológica e a carta de zonas fotolitológicas.

Elaboração dos produtos finais

Corresponderá à confecção da Carta de Fragilidade Potencial do Relevo considerará informações quanto à geomorfologia, clinografia, características geológicas/pedológicas e utilização antrópica e/ou natural atual da área de estudos. O cruzamento destas informações resultará em classes de fragilidade potencial do relevo, relacionadas aos processos morfodinâmicos.

As classes de fragilidade serão dadas por conjuntos alfanuméricos, fruto do cruzamento dos dados supracitados, isto é, a carta de fragilidade representará um produto síntese de todas as informações ambientais levantadas, onde o agrupamento incorrerá na classificação dos diversos graus de instabilidade aos processos morfodinâmicos.

Além disso haverá a avaliação da disponibilidade hídrica superficial da bacia, apenas em função da regionalização hidrológica e da precipitação média anual obtida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho corresponde à execução da dissertação de mestrado realizada pelo autor, encontrando-se em fase intermediária. A pesquisa procura focar um quadro geral dos conhecimentos sobre a Geomorfologia de uma pequena bacia hidrográfica de primeira ordem para o entendimento da evolução dos instrumentos de análise e síntese do meio físico. Através da concepção/percepção do ambiente, está sendo feito um resgate do conhecimento científico naturalista, em suas diversas linhas, de acordo com as necessidades de pesquisa, sem haver a dissociação da transformação humana sobre o meio natural que se estuda. Espera-se que com as abordagens metodológicas enfocadas compreenda-se a conseqüente evolução da paisagem envolvida, desde as considerações básicas do relevo até a tomada desta ciência como instrumento de planejamento e zoneamento ambiental.

Apesar destas associações não serem novidade dentro do âmbito atingido pela Geografia, pois sabe-se que a configuração de qualquer paisagem atual existe em função da atividade antrópica e das necessidades econômicas da sociedade, percebe-se que a dependência completa do Homem pela Natureza continua e continuará a existir como lei universal dominante na existência, aliás, de todo ser vivo, não importa o nível tecnológico alcançado. Para se entender o processo de transformação da paisagem pelo Homem, requer-se noção retrospectiva, onde hajam dimensões têmporo-espaciais estabelecendo escalas de abordagem que tomem a Sociedade Humana como parte de um processo total, holístico e indivisível. Estes pontos de vista podem ser encontrados na ciência geográfica e mais precisamente na Geomorfologia, muito em razão da existência da chave do mapeamento e dos componentes visíveis e mensuráveis da paisagem.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N.** (1969) – *Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário* In: Geomorfologia 18, IGEOG-USP, São Paulo: 1 – 23.
- BERTRAND, G.** (1971) – *Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico* In: Caderno de Ciências da Terra 13, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo: 1 – 27. Tradução de Olga Cruz de trabalho publicado em 1968 na Revue Geographique de Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse, 39 (3): 249 – 272.
- CANIL, K.** (2000) - *Processos Erosivos e Planejamento Urbano: Carta de Risco de Erosão das Áreas Urbana e Periurbana do Município de Franca, SP* Dissertação de Mestrado, DG-FFLCH-USP, São Paulo, 96p.
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA** (1988) – *Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo* Revista Águas e Energia Elétrica 14, Ano 5, São Paulo: 4-10.
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA** (1994) – *Manual de cálculo das vazões mínimas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo* DAEE, São Paulo, 64p.
- DELPOUX, M.** (1974) – *Ecossistema e Paisagem* In: Métodos em Questão 7, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo: 1 – 23. Tradução de May Christine Modenesi de trabalho publicado em 1972 na Revue Geographique de Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse, 43 (2): 157 – 174.
- DOORNKAMP, J.C.; KING, C.A.M.** (1971) – *Numerical Analysis in Geomorphology – An Introduction* London, E. Arnold, 372p. Seleção de texto e tradução de Lylia Coltrinari, DG-FFLCH-USP, Curso de Geomorfologia, 1994, 3p.
- FREITAS, J. C.** (1993) – *Hidrografia* Curso de Hidrografia (Geral e do Brasil) – FLG-550, DG-FFLCH-USP, São Paulo.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS** (1981a) – *Mapa Geológico do Estado de São Paulo Escala 1 : 500.000* IPT, Publicação 1.184, Monografia 6, São Paulo, 2v.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS** (1981b) – *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo Escala 1 : 1.000.000* IPT, Publicação 1.183, Monografia 5, São Paulo, 2v.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS** (2000) – *Diagnóstico da Situação Atual dos Recursos Hídricos e Estabelecimento de Diretrizes para a Elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande* IPT/CBH-SMG, Relatório Nº 40.672, São Paulo, 138p.
- KLIMASZEWSKI, M.** (1982) – *Detailed Geomorphological Maps* In: ITC Journal, Academy of Sciences, Krakow, Poland: 265 – 271.
- MESCERJAKOV, J. P.** (1968) – *Les Concepts de Morphostructure et de Morphosculpture: Un Nouvel Instrument de L'analyse Géomorphologique* Annales de Géographie, 77 années, nº 423, Paris: 539-552.
- MONTEIRO, C. A. F.** (1973) – *A Dinâmica Climática e As Chuvas no Estado de São Paulo: Estudo Geográfico Sob Forma de Atlas* IGEOG-USP, São Paulo, 130p.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I.C.** (1997) - *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo 1 : 500.000* , DG-FFLCH-USP/IPT/Fapesp, São Paulo, 2v.
- ROSS, J. L. S.** (1991) - *Geomorfologia, Ambiente e Planejamento* Contexto, São Paulo, 85p.
- ROSS, J. L. S.** (1992) - *O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo* In: Revista do Departamento de Geografia 6, DG-FFLCH-USP, São Paulo: 17 – 28.
- ROSS, J. L. S.** (1994) - *Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados* In: Revista do Departamento de Geografia 8, DG-FFLCH – USP, São Paulo: 63 – 74.
- ROSS, J. L. S.** (1995) - *Geografia do Brasil* Edusp, São Paulo, 546p.
- ROSS, J. L. S.** (1996) – *Geomorfologia Aplicada aos Eias – Rimas* In: Geomorfologia e Meio Ambiente, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro: 291 – 335.
- ROSS, J. L. S.** (2001) – *Geomorfologia e Geografia Aplicadas à Gestão Territorial: Teoria e Metodologia para o Planejamento Ambiental* Tese de Livre Docência, DG-FFLCH – USP, São Paulo: 322p.
- SOCTCHAVA, V. B.** (1978) – *Por uma Teoria de Classificação de Geossistemas da Vida Terrestre* In: Biogeografia 14, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo: 1 – 24
- STOLF, R.** (1991) - *Teoria e Teste Experimental de Fórmulas de Transformação dos Dados de Penetrômetro de Impacto em Resistência do Solo* In: Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 15: 229-235.
- STOLF, R.; CASSEL, D. K.; KING, L. D.; REICHARDT, K.** (1998) - *Measuring Mechanical Impedance in Clayey Gravelly Soils* In: Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.22: 189-196.
- TRICART, J.** (1965) – *Observation des Phénomènes et des Faits Geomorphologiques* In: La Cartographie Geomorphologique Détaillée- Principes et Méthodes de la Geomorphologie, Masson e Cie Editeurs, Paris 183 - 233.
- TRICART, J.** (1977) - *Ecodinâmica* FIBGE/SUPREN, Rio de Janeiro, 97p.
- TRICART, J.** (1978) – *Géomorphologie Applicable* Collection de Géographie Applicable, Masson, Paris, 205 p.
- TRICART, J.; KILIAN, J.** (1982) – *La Eco-Geografía y la Ordenación del Medio Natural* Editorial Anagrama, Barcelona, 288p.



*V Simpósio Nacional de Geomorfologia
I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia
UFSM - RS, 02 a 07 de Agosto de 2004*

ZONNEVELD, I. S. (1980): *The Land Unit – A Fundamental Concept in Landscape Ecology, and Its Applications* SPB Academic Publishing bv, The Hague in Landscape Ecology, 3 (2): 67 - 86.