

EROSÃO NA BACIA DO RIO SANTO ANASTÁCIO, OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Dirceu Pagotto STEIN¹, Waldir Lopes PONÇANO², Antonio Roberto SAAD^{3,4}

(1) Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo - Departamento de Proteção de Recursos Naturais. Rua Nicolau Gagliardi, 401. Pinheiros, SP. CEP 05429-970. (2) Geólogo consultor.(3) Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Av. 24-A, 1515 - Bela Vista. Rio Claro, SP. CEP 13506-900.(4) Universidade Guarulhos. Praça Tereza Cristina, 1 - Centro. Guarulhos, SP. CEP 07023-070. Endereço eletrônico: asaad@prof.ung.br.

Introdução
Bases Gerais do Encaminhamento Metodológico
A Evolução da Linha Metodológica Empregada na Bacia do Rio Santo Anastácio
Resultados do Estudo na Bacia do Rio Santo Anastácio:
O Quadro Regional de Referência e as Sínteses de Erosão
Elementos do Clima
Elementos do Substrato Rochoso
Elementos do Relevo e Compartimentação Geomorfológica
Elementos dos Solos e Compartimentação Morfopedológica
Suscetibilidade Natural de Erosão
Elementos de Ocupação e Uso do Solo
Risco Atual de Erosão
Referências Bibliográficas

RESUMO - A bacia do rio Santo Anastácio situa-se no oeste paulista, domínios do Planalto Ocidental, unidade geomorfológica sustentada exclusivamente por rochas sedimentares cretáceas da Bacia Bauru. Por si só, os atributos do meio físico natural indicam grande predisposição dos terrenos à erosão. A ocupação antrópica, desastrosa desde seu início, seja no meio urbano ou rural, introduziu profundas alterações no comportamento hídrico da região. Modificou sobremaneira o regime de escoamento das águas pluviais, que de laminar e com grande capacidade de promover a infiltração passou a exacerbadamente concentrado e com reduzida capacidade de alimentar aquíferos subterrâneos. Os terrenos foram intensamente atingidos por processos erosivos, resultando em assoreamento generalizado da rede de drenagem e forte alteração na dinâmica fluvial. A degradação não poupou recurso natural algum, seja nos ambientes de encostas ou fluviais. Dos procedimentos metodológicos resultou um quadro regional de referência, consubstanciado por informações objetivadas aos fins, envolvendo clima, geologia, geomorfologia e pedologia, informações que sucessivamente integradas discriminaram as diferentes suscetibilidades erosivas naturais. A ocupação das terras, enfocada através de usos históricos e atuais de solo e água e entendida segundo a tendência dos usos atuais em promover erosão, cotejada com o arcabouço natural do meio físico levou à definição dos riscos atuais de erosão. Visando a recuperação da bacia, o conjunto de caracterizações básicas e de sínteses erosivas complementa-se com diretrizes e proposições de caráter geral para o planejamento de ações preventivas e corretivas da erosão.

Palavra-chave: Erosão; degradação ambiental; planejamento territorial; rio Santo Anastácio.

ABSTRACT – D. P. Stein; W. L. Ponçano; A. R. Saad. Erosion in the Santo Anastácio River Basin , West from São Paulo State, Brazil. The Santo Anastácio river basin is located in western São Paulo State, within the “Planalto Ocidental” domain. This domain is a geomorphological unit composed exclusively of Cretaceous sedimentary rocks of the Bauru Basin, rocks that are highly susceptible to erosion. Land use practices following colonization, both in urban and rural areas, introduced profound negative changes in the hydrologic behavior of the region. Such changes in land use resulted in increased surface water runoff and decreased infiltration, promoting erosion and reducing the recharging of subterranean aquifers. This increased erosion had a dramatic effect on the landscape and drainage patterns, and strongly affected the dynamics of fluvial systems. These changes had a devastating effect on the natural resources along river systems, with only traces of the original riparian environment left intact. The objective of this work is to determine the susceptibility of different units in the region to erosion, taking into consideration and integrating factors such as climate, geology, geomorphology and soil types. Human occupation and land use (both historical and present day) have promoted erosion and degradation of the environment, requiring the definition and delineation of the current erosion risks. The set of basic characterizations and synthesis of erosion factors, with the objective of recuperating the basin, complement the general measures and propositions for the planning and implementation of both preventive and corrective actions for erosion problems.

Keyword: Erosion; degradation of enviroment; territorial planning; Santo Anastácio river.

INTRODUÇÃO

O projeto Combate à Erosão no Estado de São Paulo foi implantado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, para enfrentar o problema de degradação dos recursos hídricos pelos processos erosivos. Em cooperação técnica, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo –IPT, coordenou parceria com o Instituto Agrônômico de Campinas – IAC, e com o Instituto de Pesquisas

Espaciais – INPE, para estudos pioneiros na unidade administrativa da Bacia do Peixe-Paranapanema. Os trabalhos, em escala de abordagem regional, visaram discriminar áreas naturalmente favoráveis ao desenvolvimento de erosão e as variações dessa tendência em decorrência de interferências antrópicas. A complexidade dos processos erosivos constituía-se num dos principais problemas a enfrentar,

principalmente se considerada a abrangência e a extrema diversidade de características do meio a investigar, o território paulista.

Do estudo pioneiro resultou a bacia do rio Santo Anastácio como a mais suscetível e comprometida por processos erosivos, conseqüentemente com maior impacto nos recursos hídricos, área escolhida para a sequência de estudos detalhados que visavam dotar as instâncias públicas do embasamento técnico necessário para suas ações, conhecimento este consubstanciado por diretrizes para uso das terras rurais e urbanas e para obras destinadas à contenção de situações críticas de erosão e assoreamento.

Para a consecução de tais objetivos, foco do estudo ora apresentado, elaborou-se inventário dos processos erosivos decorrentes do escoamento pluvial – laminares, ravinas e boçorocas - e dos depósitos de assoreamento associados, tanto nas áreas urbanas

como rurais. Esse panorama foi entendido ante referências regionais do meio físico, arcabouço natural que por si só define suscetibilidades naturais de erosão. Estas, cotejadas com as interferências antrópicas representadas por ocupação e uso das terras discrimina terrenos com diferentes riscos ou expectativas atuais de erosão, resultado que possibilitou circunscrever os impactos nos recursos naturais da bacia. A identificação dos principais atributos condicionantes da erosão e o entendimento da fenomenologia de instalação e desenvolvimento dos processos erosivos foram passos determinantes para alcançar esses resultados.

Este artigo enfoca a metodologia adotada e os conjuntos de resultados que compõem o quadro regional de referência, consubstanciado pela caracterização do meio físico e pelas sínteses de erosão da bacia do rio Santo Anastácio (IPT, 1994; STEIN, 2000), área com 2.080 km² localizada no sudoeste paulista (Figura 1).

BASES GERAIS DO ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Desde o impacto inicial causado pelo desmatamento generalizado há uma ruptura no equilíbrio natural do meio, desajuste progressivamente incrementado pela sobreposição de formas de uso e ocupação das terras. A erosão normal, própria da evolução da paisagem, cede lugar à erosão acelerada, resposta incontinenti do meio em busca de novas condições de estabilidade. Nesse contexto, dois conjuntos básicos de fatores condicionam os processos erosivos, o natural, referenciando o meio físico por meio de clima, substrato rochoso, relevo e solo, e o antrópico, representado pelas formas de ocupação e uso das terras, extremamente variado ante as muitas possibilidades criadas pelas atividades humanas (Stein, 1995).

Trabalhos envolvendo erosão e seus impactos têm larga tradição em estudos da agronomia e da geomorfologia, dos quais se resgataram os princípios para a linha metodológica aqui empregada.

Abordagens da agronomia ligadas a perdas de solos permitem prognósticos importantes para prevenção e controle dos processos erosivos. A Equação Universal de Perdas de Solos - USLE (Wishmeier & Smith, 1965), envolve o conjunto principal de condicionantes da erosão, os do meio físico representados por erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos e comprimento e declividade das encostas, cabendo às formas de uso-manejo e práticas de conservação dos solos expressarem as intervenções humanas.

A USLE foi desenvolvida para aplicações em glebas com dimensões de uso agrícola. Seu emprego pressupõe perdas contínuas ao longo da encosta, desconsiderando a complexidade do transporte nas vertentes, com erosão e deposição associadas (Foster

et al., 1982), além de não alcançar a interação subsequente com a dinâmica fluvial. De modo geral as análises agronômicas referenciam o meio como um arcabouço acabado, herdado de sua história evolutiva, portanto sem envolver parâmetros da dinâmica de evolução da paisagem, ou seja, as ricas e inúmeras interações possíveis entre os fatores do meio físico. Nos enfoques da agronomia, o meio físico pode ser entendido implícito nas associações de solos, que englobariam na abrangência dos tipos dominantes as inúmeras variações dos fatores físicos intervenientes, variações que significam diferenças identificáveis apenas quando isolado um solo subordinado.

Desses fatos decorrem restrições para regionalização de resultados, sendo imperativo entender suas limitações quando das aplicações práticas, como discutem alguns autores. Exemplificando, Ruellan (1985), quando destaca que a distribuição dos solos em função das rochas é perturbada ante aquela determinada pelo relevo, decorrência do fator tempo e particularmente das histórias evolutivas de relevos e solos, preocupação manifestada também por Ranzani & França (1967), que alertam para a necessidade de avaliar a extensão total dos maciços de solo ao tomar decisões de uso, independentemente do fim.

A aplicação da USLE, ou formulações similares, deve ser cuidadosa em áreas com dimensões de bacias hidrográficas. No entanto, conhecido o significado de seus resultados, a equação possibilita estabelecer paralelos com suscetibilidades naturais dos terrenos à erosão, quando a análise envolve apenas os fatores inerentes ao meio natural, e paralelos com riscos atuais de erosão, quando são introduzidos os fatores antrópicos. Estes modificam as tendências naturais do

LEGENDA

SUPERFÍCIES EROSIVAS E NÍVEIS FLUVIAIS

- Planalto PIII; cinzeira local
- Planalto PII
- Terraços elevados T2
- Terraços baixos T1; planícies aluviais associadas
- Planícies aluviais recentes

CONVENÇÕES GEOMORFOLÓGICAS

- Divisor da bacia do rio Santo Anastácio
- Divisores limites do alto/médio/baixo rio Santo Anastácio
- Limites de setores de relevo
- Limite entre níveis erosivos (rupturas de declividade definidas ou inflexões)
- Lagoas intermilenares, colonizadas ou não por depósitos colúvio-aluviais

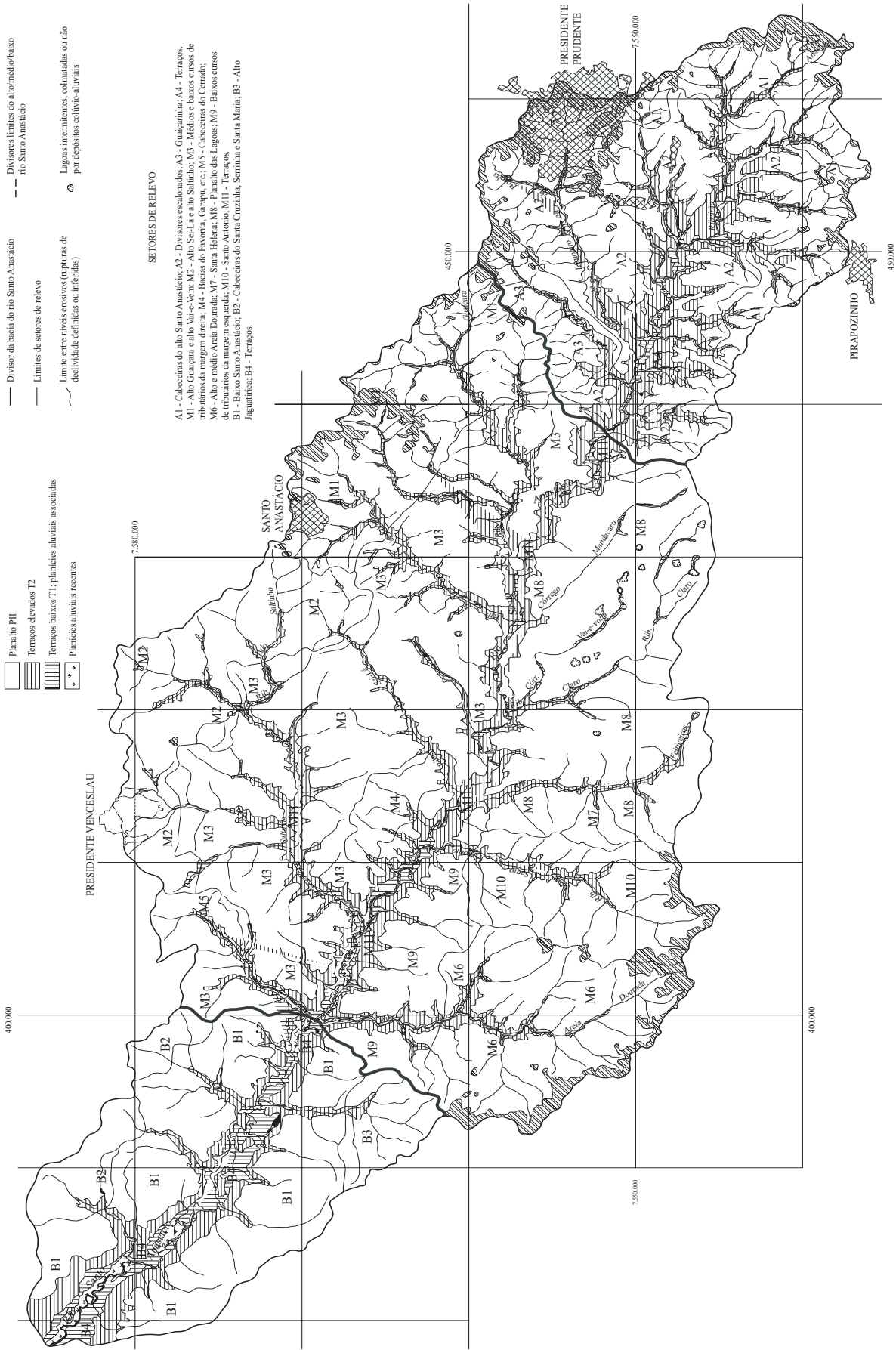


FIGURA 1. Compartimentação Geomorfológica.

meio à erosão, ou seja, alteram as perdas naturais de solo. As diferenças discriminam os riscos (IPT 1987; Stein et al., 1987).

Os estudos que se respaldam na geomorfologia enfocam fatores determinantes para o entendimento da evolução e da organização do relevo. São fatores ligados a tempo, clima, substrato rochoso, cobertura pedológica e cobertura vegetal, de tal modo integrados que discriminam os processos morfogenéticos responsáveis pela modelagem e pelos atributos específicos das formas do relevo, permitindo regionalizações onde os fatores intervenientes estão considerados e ajustados por meio do contexto evolutivo. Ou seja, as caracterizações de evolução, organização e formas subordinadas do relevo possibilitam resgatar a manifestação natural dos processos erosivos e expandir sua tendência de incidência por compartimentos de relevo, que assim exprimem diferentes suscetibilidades naturais de erosão.

A colocação do IPT (1986, p.7), presta-se para ilustrar a abrangência comentada e aborda justamente o Pontal do Paranapanema, região da bacia do rio Santo Anastácio: “A caracterização dos processos erosivos, integrantes da morfogênese, pode ser realizada através da análise de fatores azonais e zonais, conforme propõe a abordagem morfoclimática enunciada, entre outros, por Tricart & Cailleux (1965). Os primeiros constituem a base da compreensão de qualquer processo, quando este é reduzido a seus elementos físicos fundamentais. As características diferenciais da morfogênese ... são dadas pelos processos zonais, ... Tais características ligam-se aos regimes de temperaturas e de chuvas, atividade biológica importante, resultando em processos geomórficos em que intervêm espessos mantos de alteração, tendência à latossolização, e forte ação erosiva das águas pluviais ...”, características estas

que remetem a condições de clima quente e úmido.

A fenomenologia de evolução dos processos erosivos pode ser obtida a partir de seu mapeamento e do reconhecimento de seus condicionantes e mecanismos diretos de instalação e desenvolvimento. Contudo, alguns atributos inerentes a solos e ocupação das terras são mais diretamente determinantes da erosão, impondo solicitações particularizadas a um arcabouço cujas características mais gerais implicam uniformidade quanto às situações críticas de erosão por amplas extensões de terreno, os setores de relevo. Cabe, então, destacar a necessidade de abordagem mais detalhada do funcionamento hídrico ao longo da vertente, ou seja, a caracterização da dinâmica da água em seqüências pedológicas completas, definidas do topo ao sopé das formas de relevo, conforme abordagem utilizada por Salomão (1994). Destaca-se também as muitas formas de ocupação e uso dos solos, referenciando tanto sua progressão histórica como a situação atual, que possibilitam elos diretos com os processos da dinâmica da paisagem, erosivos e deposicionais.

Tais enfoques permitem discretizar particularidades de eclosão e evolução dos processos erosivos, diferenciação essencial na identificação de compartimentos da paisagem com comportamentos relativamente homogêneos quanto à erosão, principalmente quando lineares. Conhecidos condicionantes e mecanismos dos processos no contexto de quadros diagnósticos e expectativas erosivas, podem ser estabelecidas diretrizes regionalizadas de prevenção, bem como soluções diretas de contenção dos processos instalados e de recuperação das áreas degradadas. Além disso, possibilitam evitar equívocos na aplicação generalizada das mesmas práticas de conservação dos solos e de controle da erosão ao longo de toda uma encosta.

A EVOLUÇÃO DA LINHA METODOLÓGICA EMPREGADA NA BACIA DO RIO SANTO ANASTÁCIO

Os estudos desenvolvidos por equipes do IPT, IAC e INPE mostraram resultados satisfatórios na investigação regional da erosão através da integração dos fatores básicos condicionantes dos processos. Foram desenvolvidas duas linhas de abordagem, conforme enfocados os processos de erosão laminar ou os processos lineares de erosão, ravinas e boçorocas.

No primeiro caso, processos de erosão laminar, os fatores condicionantes foram considerados através da USLE (Wishmeier & Smith 1965), atribuindo-se valores absolutos para cada fator, segundo linha metodológica mais comum na agronomia. A relatividade dos valores qualitativos assim obtidos,

principalmente ante dimensão da área e interpolações obrigatórias, foi entendida a partir de tratamentos estatísticos e de análises qualitativas que tomaram o contexto geológico-geomorfológico como referência. Como já mencionado, a integração dos fatores do meio físico determina suscetibilidades naturais de erosão que cotejadas com os fatores de ocupação das terras leva a riscos atuais de erosão (IPT, 1987; Stein et al., 1987).

Na avaliação de ravinas e boçorocas a abordagem considerou os fatores naturais a partir de mapas temáticos de geologia, geomorfologia e pedologia. Estabeleceram-se correlações que levaram à discriminação de compartimentos relativamente homogêneos quanto a características básicas do meio

físico e com significados diferenciados quanto a suscetibilidades erosivas naturais. Os compartimentos foram entendimentos a partir de suas próprias características e da fenomenologia dos processos de erosão presentes. Depois de confrontados com a incidência mapeada de processos erosivos lineares foram subdivididos em setores de paisagem com riscos atuais de erosão diferenciados (IPT, 1986; Oliveira et al., 1987; Ponçano et al., 1987).

Ambas as linhas de abordagem mostraram resultados satisfatórios perante os objetivos de definição de áreas críticas à erosão e de seus impactos nos recursos hídricos superficiais (Stein et al., 1988). Nos dois casos considerou-se o mesmo conjunto de atributos dos fatores do meio físico condicionantes da erosão e que podem ser agrupados em três conjuntos, conforme IPT (1987): ligados à natureza do solo - envolvendo sua textura, estrutura e drenagem, e que podem ser englobados no conceito de erodibilidade; ligados à morfologia do terreno - que dizem respeito à conformação das encostas e expressos através da declividade e do comprimento das mesmas; ligados ao clima - essencialmente as chuvas que atingem a superfície do terreno provocando desagregação e remoção do solo, e que podem ser considerados através do conceito de erosividade.

Nos enfoques adotados para o estudo de erosões laminar ou linear, duas diferenciações principais se mostraram importantes e dizem respeito a atributos dos solos e das formas de relevo. A erodibilidade dos solos pode indicar expressão condicionante diversa para cada tipo de processo erosivo. Horizontes superficiais permeáveis e sem bloqueios importantes à infiltração traduzem preferencialmente perfis pedológicos homogêneos, contínuos, profundos e de texturas mais grossas, condições que tendem a ser menos problemáticas quanto à erosão laminar. Contudo, tais características tornam os solos mais suscetíveis à desagregação pelo impacto das gotas de chuvas e ao desbaste por abrasão das enxurradas, condições favoráveis aos processos desenvolvidos por fluxos concentrados, os lineares.

A morfologia das encostas também condiciona de modos parcialmente distintos cada tipo de processo erosivo. Declividade e comprimento de rampa são os atributos que controlam o escoamento pluvial nas encostas e, portanto, a incidência de erosão laminar, com maior destaque para o declive. Por outro lado, comprimentos de rampas e ondulações das encostas coletoras de fluxo tendem a concentrar e avolumar o escoamento pluvial, assim favorecendo os processos lineares.

Destaca-se, ainda, que quando utilizada a erosividade das chuvas em áreas com o porte da bacia

estudada e sem controles orográficos notórios, o destacado papel das precipitações não discrimina significativamente as potencialidades erosivas. Dada a estreita relação entre o regime de chuvas e os processos erosivos, torna-se mais eficaz entender a distribuição e os episódios máximos de pluviosidade, visto a erosividade ser um índice que expressa médias ao ponderar energia cinética e intensidade máximas das chuvas a partir de séries pluviométricas históricas.

Na continuidade do avanço metodológico, os solos, inicialmente abordados exclusivamente a partir de fatores ligados à sua natureza, passaram a ser considerados em associações entendidas a partir das características da cobertura como um todo, na sua variação vertical até o substrato rochoso e segundo o desenvolvimento do horizonte ao longo da encosta completa (Salomão, 1994; IPT, 1994), conforme simplificação adotada a partir da proposta de análise estrutural da cobertura pedológica de Ruellan (1985). A mudança de enfoque levou ao reconhecimento de seqüências pedológicas desenvolvidas em função de arcamientos diferenciados e definidos por condições específicas de substrato rochoso e formas de relevo. A análise evoluiu no sentido de estabelecer as relações das seqüências pedológicas com a manifestação de processos erosivos laminares e lineares. As relações buscadas são indicadas por condicionantes ligados à natureza dos solos; à posição da seqüência pedológica ao longo do perfil topográfico; a morfologias favoráveis à concentração de águas pluviais e do freático; e à dinâmica da água no solo, mais especificamente, ao funcionamento hídrico ao longo da vertente, um dos fatores determinantes da tendência erosiva do perfil (Salomão, 1994).

A ocupação das terras fornece os elementos de diferenciação entre suscetibilidades erosivas naturais e riscos atuais de erosão. Sua caracterização engloba todas as ocupações presentes, considerando utilização do solo rural, vegetação nativa, corpos d'água e as estruturas de urbanização, incluída malha viária. É inserida nas avaliações de erosão pelas perdas de solos decorrentes de práticas de conservação e uso-manejo dos solos agrícolas, tendo abordagens específicas para as estruturas antrópicas inerentes às demais formas de uso. As perdas de solos promovidas pelas atividades rurais, admitidas para cada um dos fatores considerados, correspondem a valores ponderados a partir de técnicas de cultivo mais comumente utilizadas em cada região. São basicamente dois enfoques no emprego dessa informação.

Quando métodos que utilizam o tratamento de dados através de formulações específicas, como a USLE, as perdas de solos são mensuradas e tratadas conforme determinam as equações. Conhecendo as

perdas toleráveis dos solos presentes e as perdas provocadas por seu uso, têm-se diferenças que podem originar ou não expectativas de erosão, os riscos atuais de erosão (Stein et al., 1987).

No caso de métodos que cotejam cartas temáticas, as perdas de solos originadas por uso-ocupação das terras são estimadas por área mapeada e considerando cada um dos fatores separadamente, práticas de conservação e uso-manejo dos solos. Os valores de perdas são agora tratados qualitativamente, como uma tendência de promover erosão em cada gleba circunscrita. A partir de uma matriz de referência coteja-se a tendência da gleba de induzir erosão em decorrência de uso-ocupação com sua suscetibilidade natural de erosão, esta previamente determinada pelo conjunto de fatores naturais, do que resulta o quadro de risco atual de erosão (IPT 1992a, b, c; Bueno et al., 1995; Stein et al., 1995). Este procedimento avança no sentido de entendimento do resultado frente à dinâmica superficial da paisagem, pois possibilita uma visão do efeito uso-ocupação por glebas ou conjunto delas, domínios territoriais que se aproximam da distribuição espacial de unidades fisiográficas.

Trabalhos realizados pelo IPT (1992a, b, c), em regiões que envolvem terrenos de rochas cristalinas e sedimentares, introduziram o reconhecimento de superfícies erosivas como fator inicial do entendimento de organização e compartimentação do relevo. O procedimento fundamentou-se na delimitação de níveis erosivos remanescentes de antigas fases de peneplanação e pedimentação instaladas no decorrer do Cenozóico. A organização da paisagem resultante desse passo metodológico reflete relevos dispostos em superfícies escalonadas que se articulam por meio de escarpas, tendo relevos de transição a registrar o recuo erosivo das inserções entre níveis. Os pedimentos, que podem ocorrer em níveis sucessivamente rebaixados, afeiçoam-se à rede de drenagem com expressões variadas em área, constituindo domínios complexos por sofrerem os efeitos da dinâmica das encostas e dos canais fluviais. Intervenções nesses espaços devem sempre considerar os dois ambientes.

De imediato tem-se uma caracterização do relevo que discrimina conjuntos de formas muito distintos quanto à potencialidade erosiva. Restos planálticos refletem modelados com maior maturidade e portanto formas menos enérgicas, tanto mais nos níveis cimeiros, enquanto relevos de transição são mais enérgicos e não raro delimitados por escarpas ligadas a espigões digitados que se rebaixam progressivamente em direção aos vales principais. Superfícies pedimentares referenciam relevos mais jovens, trazendo impressas condições de energia que se ligam diretamente ao porte e ao trecho das drenagens que se lhes associam.

Discriminam-se, pois, compartimentos geomorfológicos cuja tendência natural de erosão é dada pelo conjunto de formas e processos inerentes à evolução do relevo em cada situação. A subdivisão dos mesmos é executada em decorrência da tipologia das formas, com base no conceito de sistemas de relevo (Cooke & Doornkamp, 1974 *in* Ponçano et al., 1981).

Evidências atribuídas a atividades neotectônicas também passaram a ser consideradas como fator determinante da compartimentação do relevo e de peculiaridades de suas formas, desse modo interferindo na discriminação de suscetibilidades erosivas (IPT, 1992a, b, c; Melo et al., 1993). Ou seja, aspectos ligados à neotectônica passaram a ser buscados e correlacionados com feições da paisagem, explicando variações importantes do modelado.

Em síntese, o encaminhamento metodológico adotado no estudo da bacia do rio Santo Anastácio considerou o entendimento dos fatores condicionantes da erosão nos contextos de evolução da paisagem e da marcha de ocupação antrópica da bacia, alternativa que possibilitou estabelecer as relações entre os fatores, identificar os atributos da cada fator que são determinantes da erosão em diferentes situações do meio, e definir os domínios territoriais de conjuntos de fatores condicionantes, abrangências estas que representam compartimentos de paisagem com expectativas próprias de erosão, naturais e atuais, ordenadas entre si com franco caráter relativo.

Para atingir esses objetivos, os dados do meio físico foram sucessivamente integrados, de tal modo que as informações do substrato rochoso foram usadas na compreensão da repartição das formas de relevo e estas na compreensão da distribuição dos solos ao longo de seqüências pedológicas completas. Da interação desses fatores resultaram compartimentos de paisagem, ou morfopedológicos, que constituem diferentes arcabouços naturais para o desenvolvimento da erosão. Traduzidos em termos de potencialidade configuram uma primeira síntese, o mapa de suscetibilidades naturais de erosão. As atividades humanas, consideradas pela tendência de promover erosão indicada por uso e ocupação das terras, quando cotejadas com as suscetibilidades naturais produzem o mapa de riscos atuais de erosão, que corresponde à expressão final das sucessivas interações temáticas engendradas, exprimindo os resultados das modificações impostas ao meio natural.

As sínteses erosivas e os dados básicos que as subsidiaram compõem o conjunto de referências que embasaram diretrizes, subsídios e soluções técnicas para o planejamento de ações ambientais na bacia do rio Santo Anastácio, consubstanciado a partir de escala de abordagem em 1:100.000.

RESULTADOS DO ESTUDO NA BACIA DO RIO SANTO ANASTÁCIO: O QUADRO REGIONAL DE REFERÊNCIA E AS SÍNTESES DE EROSÃO

Os resultados finais do estudo são apresentados a seguir. Compõem um cadastro abrangente da bacia, aqui apresentado apenas em seus aspectos essenciais. Na exposição de cada um dos temas, procedimentos mais específicos e resultados decorrentes vão sendo apresentados conjuntamente, alternativa utilizada para obter uma fluência mais lógica do encaminhamento metodológico no espaço reservado ao artigo.

ELEMENTOS DO CLIMA

O clima foi considerado basicamente a partir do regime de chuvas, com informações obtidas de bancos de dados oficiais (DAEE, 1998). Estes, tratados estatisticamente, referem-se a médias pluviométricas mensais e anuais e a precipitações consideradas críticas quanto à erosão.

As informações climáticas regionais são insuficientes para uma determinação mais precisa da circulação atmosférica, possibilitando apenas correlações de caráter abrangente. Indicam o posicionamento da bacia do Santo Anastácio em zona de transição climática, com entradas de massas polares e do interior continental. Dados mais recentes constataam perturbações importantes do clima, atribuídas a manifestações do fenômeno *El niño*.

A história da pluviosidade é o elemento climático de maior importância para o estudo. A distribuição média anual dos anos mais chuvosos aponta eventos pluviométricos máximos ocorrendo aleatoriamente, a cada momento num lugar, fato que decorre de episódios anômalos em um ou alguns meses do ano considerado. Essa distribuição é reflexo de peculiaridades da circulação atmosférica maior, que condiciona chuvas locais intensas, por conseguinte, possibilidades de eventos erosivos importantíssimos, mesmo catastróficos.

Quando se procede a uma avaliação mais detalhada desses casos percebe-se condicionados por um único dia ou alguns dias mais chuvosos no mês. A maioria dos meses atípicos do inverno registra chuvas que caíram em um dia e que podem corresponder até ao total da pluviosidade mensal. No verão as precipitações máximas tendem a representar de 1/3 a 1/9 da média mensal, mas em contrapartida os episódios intensos são maiores e mais comuns.

O alerta necessário é quanto à distribuição dos episódios anômalos, que não apontam para um padrão de manifestação definido, controlados que são por aquecimento diurno, portanto imprevisíveis até mesmo a curto prazo, bem como plausíveis para toda a bacia.

Utilizando-se médias anuais e médias mensais

pluri-anuais o comportamento da pluviosidade não se diferencia ao longo da bacia, indicando homogeneidade de picos máximos nos meses de dezembro e janeiro, contrapostos a julho e agosto, normalmente secos.

Da irregularidade dessa distribuição decorre a deficiência hídrica que atinge a área desde o início do inverno e chega a se estender até o início do verão. Ante os processos erosivos, algumas situações merecem destaque. A primeira refere-se à vegetação, que perde todo seu vigor e papel de proteção do solo, predispondo terrenos quase nus a eventos pluviométricos de grande intensidade, que são comuns. Outra situação diz respeito à estabilidade aparente dos processos erosivos durante o período de deficiência hídrica, cuja predisposição à evolução não é apenas mantida, mas também exacerbada pela falta de proteção vegetal, observando-se retomadas catastróficas quando do início das águas. No caso de boçorocas, a partir das chuvas incrementam-se os fenômenos de *piping*.

Planejamento e projetos de intervenções abrangentes ou diretamente ligadas a obras devem prever a irregularidade na distribuição dos eventos pluviométricos e principalmente a recorrência de episódios anômalos.

As características climáticas da região da bacia do Santo Anastácio indicam que médias ponderadas de pluviosidade não são seguras para o dimensionamento de obras. Também não são conclusivas avaliações de recorrência de episódios pluviométricos quando considerados períodos curtos e sem envolver eventos reais máximos. Neste caso, os picos de pluviosidade devem ser buscados para a região como um todo e não para um local.

ELEMENTOS DO SUBSTRATO ROCHOSO

As informações geológicas visaram fundamentalmente subsidiar os estudos geomorfológico e pedológico, além de alicerçar considerações sobre fatos da paisagem. O conhecimento prévio foi revisto e ajustado à escala e aos objetivos do estudo a partir de coleta complementar de dados lito-estratigráficos e estruturais, tendo por base a cartografia e a estratigrafia de Almeida et al. (1980), pois delas emanam individualizações que mais de perto auxiliam na explicação do controle do substrato na compartimentação e estruturação do relevo e na composição dos solos.

As unidades geológicas correspondem a seqüências cretáceas da Bacia Bauru (Esboço

Geológico - Anexo à Figura 2-B). Compreendem depósitos sedimentares arenosos em suas porções basais, formações Caiuá (Kc) e Santo Anastácio (Ksa). A granulação de areia se mantém predominante até o topo da coluna sedimentar cretácea, no intervalo da Formação Adamantina (Ka), onde intercalações recorrentes de siltitos e argilitos permitem discriminar áreas com predominâncias dessas alternâncias (KaI, IV e V). A seqüência estratigráfica culmina com sedimentos inconsolidados cenozóicos distribuídos por calhas fluviais e encostas, localmente bastante perturbados pelos acréscimos produzidos pela erosão acelerada. Esta origina depósitos similares aos descritos no vale do Paranapanema por Oliveira (1994), denominados tecnogênicos.

Composição e disposição espacial dos litossomas cretáceos são responsáveis pela diversidade de relevos. Constituem formas de encostas contínuas quando condicionadas por estratos espessos e uniformemente arenosos, em contraposição às formas interrompidas por rupturas de declive, que evidenciam mais de perto a alternância de estratos, comumente de espessuras e composições variadas. Esta característica determina diferentes resistências à erosão dos pacotes sedimentares. Desse modo, o próprio substrato rochoso aponta algumas feições que mais francamente exprimem suscetibilidade a processos erosivos.

A constituição predominantemente arenosa das unidades líticas determina a principal característica dos solos quanto à erosão - as texturas com franca tendência a arenosa e média. A fração argilosa é suprida pelas fontes internas aos estratos e pelos próprios argilitos da seqüência, estes condicionando de modo mais próximo os solos de textura argilosa.

As estruturas tectônicas controlam diretamente os traçados subseqüentes do rio Santo Anastácio e da rede de drenagem tributária, afeitos que são a sistemas principais de fraturas posicionados a NW-SE e NE-SW (Anexo à Figura 02-B). Importantes descontinuidades crustais em direções similares, Alinhamento de Guapiara e Sutura de Presidente Prudente (IPT, 1989), respectivamente, estabelecem o controle do bloco tectônico basculado que resultou o Planalto das Lagoas e das muitas anomalias associadas à compartimentação do vale e à rede de drenagem, anomalias que se manifestam principalmente pela distribuição de feições de planação ligadas à dinâmica fluvial e pelo caráter assimétrico das sub-bacias.

Cabe esclarecer que o denominado Planalto das Lagoas é apenas um amplo setor de relevo suavizado ao qual se associam solos de franca tendência hidromórfica e vegetação com fisionomia de cerrado. Esse relevo diferencia-se embutido e rebaixado em relação às colinas da margem esquerda do Santo

Anastácio, estendendo-se do interflúvio Feiticeiro-Claro até o divisor oriental do córrego Mandacaru.

As indicações da paisagem fazem supor atividades tectônicas prolongadas no tempo e que podem ser as responsáveis pelos condicionamentos mencionados, com reativações que avançam até hoje, diagnosticadas por sismos. Ou seja, o resultado da paisagem pode ser entendido como um amálgama das pulsações tectônicas e dos processos morfogenéticos. Como não se buscou sistematicamente comprovações estruturais da neotectônica, não se descarta as diferenciações como respostas ao arcabouço anterior e às peculiaridades de evolução inerentes a cada porção do vale.

ELEMENTOS DO RELEVO E COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

A abordagem geomorfológica considerou enfoque regional para delinear a compartimentação maior do relevo, buscando detalhes à medida que se exigia o entendimento de feições subordinadas e de processos erosivos e deposicionais.

A organização e as características menores do relevo mostram estreita relação com o substrato geológico, de tal modo que as rochas mais resistentes controlam níveis elevados da superfície cimeira local, Planalto PIII, e o escalonamento característico dos interflúvios secundários, Planalto PII, bem como as rupturas de declividade e as formas de maior inclinação das cabeceiras, associadas ou não a cornijas. O controle geológico se reflete também pela tectônica, determinando a assimetria dos vales e o desenvolvimento de paisagens e fatos peculiares subordinados, como o já mencionado Planalto das Lagoas e o controle da distribuição dos níveis de pedimentos fluviais, os Terraços elevados T2 e os Terraços baixos T1 com planícies aluviais associadas (Figura 1).

Inicialmente a bacia foi compartimentada por meio da individualização de patamares correspondentes a superfícies erosivas e terraços fluviais, patamares que referenciam a própria evolução da bacia hidrográfica. Na seqüência os compartimentos foram subdivididos em função de formas de relevo menores, constituindo setores de relevo afeitos às porções do alto, médio e baixo vale do Santo Anastácio, denominados de A1 a A4, de M1 a M11 e de B1 a B4 (Figura 1). Estes, preliminarmente delimitados com apoio de produtos imageados e cartas topográficas, tiveram formas, feições subordinadas e processos de degradação e entendidados ante os atributos geológicos e pedológicos que se lhes associam, buscando desde logo conjugar as diversas características que determinam as

suscetibilidades erosivas diferenciadas de cada setor.

As potencialidades erosivas indicadas exclusivamente pelo relevo consideram a tendência dos setores de produzirem processos lineares e laminares, tanto em termos de concentração como de intensidade de manifestação dos mesmos. Desse modo, a energia das formas de relevo constitui-se no principal fator para essa ordenação relativa e preliminar de setores de relevo quanto à erosão, conforme discutido mais amiúde anteriormente, no item referente à evolução da linha metodológica.

As vertentes do alto vale e as cabeceiras de drenagens com evidências de erosão acelerada são as áreas de maior potencialidade erosiva. Cabeceiras do médio vale e as de evolução acelerada no baixo vale, além de sub-bacias quase completas à margem direita do alto Santo Anastácio, refletem grau de suscetibilidade logo inferior. As encostas pela margem direita do médio vale, entre os relevos terraceados e as cabeceiras, e porções de sub-bacias em situação similar pela outra margem, denotam potencialidade erosiva média. Relevos do baixo vale e das transições suavizadas para o Planalto das Lagoas agregam menor grau de suscetibilidade, cabendo atribuir aos relevos terraceados e ao Planalto das Lagoas a menor tendência erosiva.

A dinâmica de evolução atual do relevo configura-se como acelerada. Depois da repentina modificação do comportamento hídrico promovida por desmatamento e uso do solo, a conformação original da paisagem vai à busca de novas condições de equilíbrio. Aproveitando-se do arcabouço constituído, processos erosivos instalam-se intensa e aceleradamente, representados por erosão laminar generalizada e importantes processos de ravinas e boçorocas, em grande parte decorrentes do escoamento concentrado servido pelas estruturas lineares implantadas, como estradas, divisas e arruamentos.

O impacto do assoreamento na rede de drenagem é generalizado. O ribeirão Areia Dourada é uma das referências dessa deposição, totalmente colmatado por material proveniente de erosão em sua bacia, que atinge mais de 20 metros de espessura na região de Marabá Paulista. Os cursos d'água buscam novo equilíbrio por meio de processos que lhes são inerentes em condições de clima úmido e mesmo nível de base, onde predomina aprofundamento do talvegue e não planação lateral. Contudo, o escoamento pluvial alcança rapidamente as calhas e produz picos de enchente elevados que se desenvolvem em curto espaço de tempo. Aliados a colmatagem das calhas, forçam o extravasamento que provoca solapamento das margens e colapso das vertentes contíguas, originando instabilizações que

podem evoluir pela encosta, principalmente por meio de ravinas e boçorocas. Estas, particularmente, têm grande possibilidade de desenvolvimento a partir das surgências do freático que se originam com os desbarrancamentos, fato constatado com frequência.

As cabeceiras das drenagens, mesmo suaves e secas, pelo incremento do escoamento podem ser rasgadas por sulcos e ravinas que acabam originando condições para avanços remontantes através de *piping*. Boçorocas assim formadas evoluem até as porções de cabeceiras protegidas por vertentes íngremes, limite imposto pela resistência das rochas. Ao longo dos cursos menores desenvolvem-se boçorocas de reativação de drenagem, mesmo nos relevos terraceados.

O conjunto de feições de degradação só pode ser enfrentado com a introdução de técnicas de contenção do escoamento nas encostas. As medidas devem ser corretamente projetadas para cada local, considerando o mecanismo de evolução dos processos erosivos presentes ou plausíveis de eclosão. Uma das principais preocupações é o aumento indevido de infiltração em terrenos propícios ao desenvolvimento de *piping*, conforme se comenta adiante no item referente a solos. As práticas conservacionistas devem ser adequadas para não originar recargas inconvenientes dos lençóis livres, cuja consequência pode ser o aparecimento ou a ampliação do fenômeno.

As variações de paisagem ao longo da bacia indicam possibilidades de soluções diferenciadas, ditadas por feições menores das encostas. Desse modo, os setores de relevo mais enérgicos do alto vale e relevos similares de outros compartimentos têm nas encostas mais íngremes, nas rupturas de declividade e nos anfiteatros de cabeceiras os principais elementos a serem focados. No baixo e porções do médio vale, a preocupação deve ser com os relevos de encostas mais contínuas e suavemente convexas, que aliam grandes comprimentos de rampas e suaves feições coletoras de fluxo que ondulam topos e altas encostas. À suavidade dessas formas associam-se solos espessos e geralmente de texturas arenosas, características propícias ao desenvolvimento de cicatrizes erosivas avantajadas.

ELEMENTOS DOS SOLOS E COMPARTIMENTAÇÃO MORFOPEDOLÓGICA

Os solos da bacia do Santo Anastácio (SG - MME, s.d.) podem ser reunidos em dois grandes grupos que referenciam o desenvolvimento do perfil pedológico. De um lado os perfis mais evoluídos representados por latossolos e podzólicos mais maduros e espessos, enquanto cambissolos, litólicos, solos aluviais e gleis representam os perfis mais imaturos, com os dois

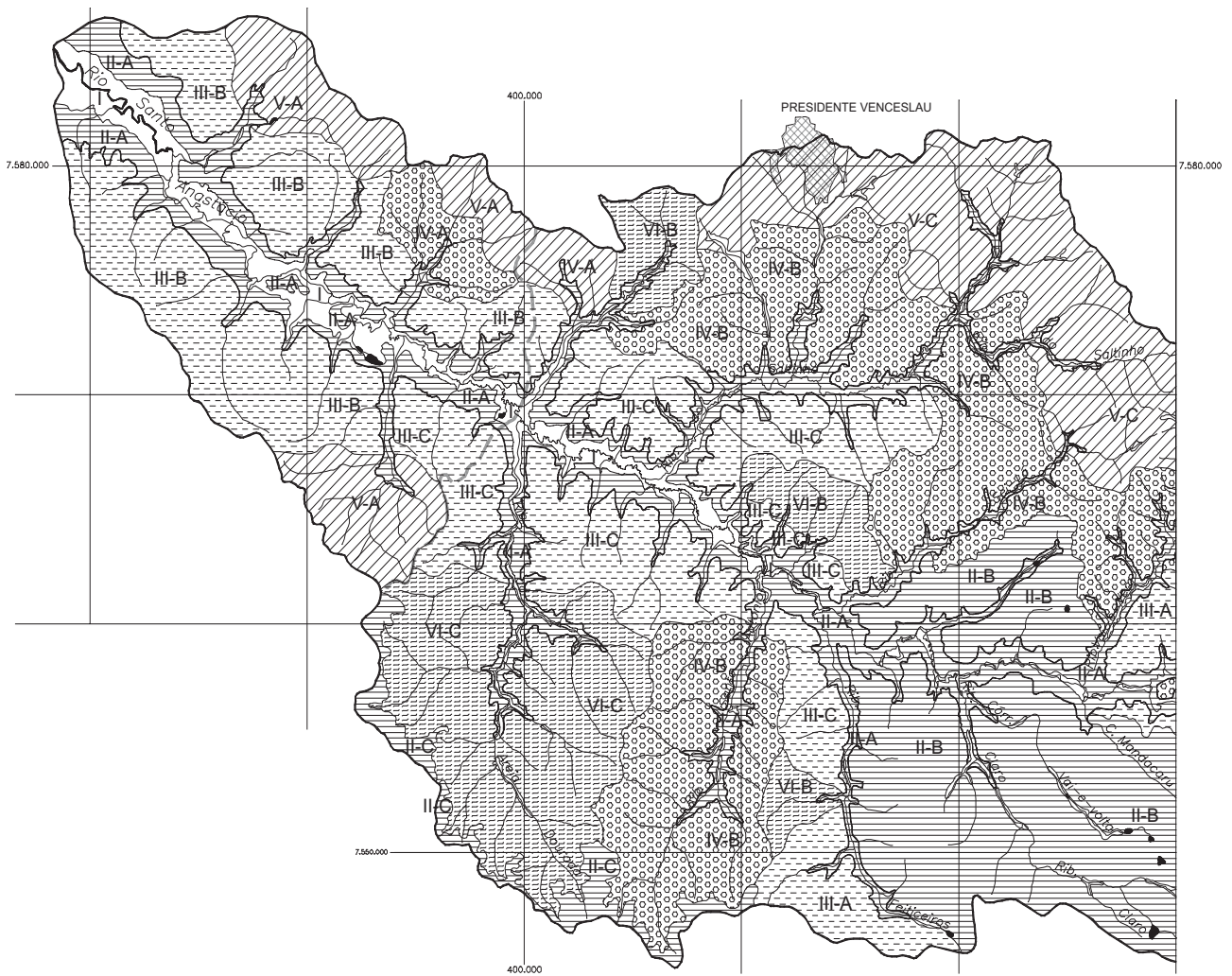


FIGURA 2-A. Suscetibilidade Natural à Erosão – Oeste (Legenda na Figura3).

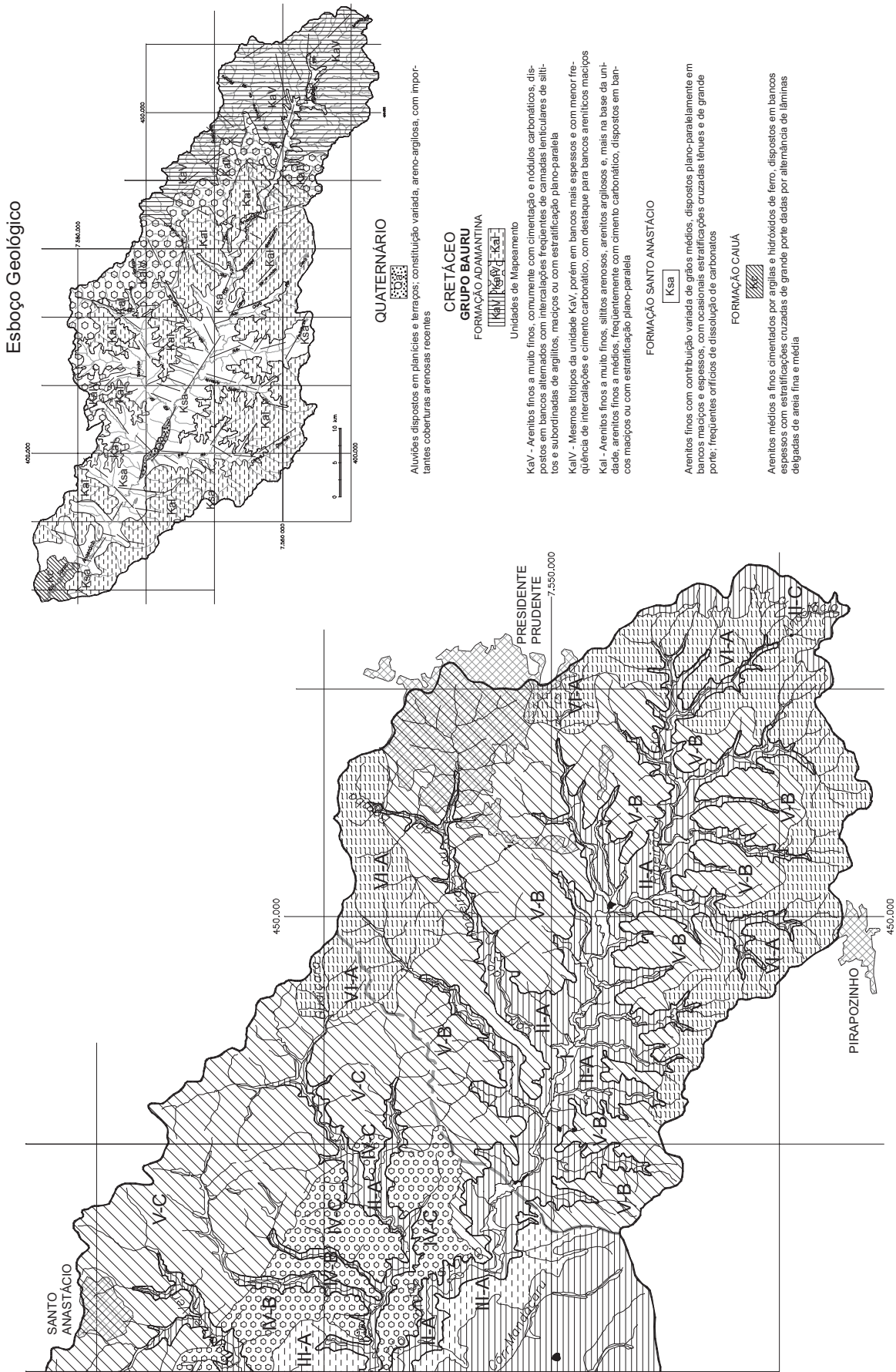


FIGURA 2-B. – Suscetibilidade Natural à Erosão – Leste (Legenda na Figura 3).

LEGENDA DAS FIGURAS 2-A e 2-B				
Principais Características do Relevo		Substrato Rochoso	Principais Unidades de Solo	Incidência de Processos Erosivos
COMPARTEMENTO COMPARTEMENTO	I	-	Todas as unidades geológicas	-
	IIA	Planícies aluviais e baixos terraços: áreas de deposição	Solos Aluviais e Hidromórficos - Glei Pouco Húmico	Muito Baixa: ravinas/SM; RT forte e SM generalizados; bôgorocas de reativação de drenagem frequentes
	II-B	Altos terraços: relevos terraceados e de colinas extremamente suaves; DD baixíssima	Predominam latossolos; hidromórficos e litólicos subordinados; espessuras variáveis; pavimentos rochosos ocasionais	Muito Baixa: ravinas/SM; RT tênue/a alguns cursos d'água
	II-C	Médio vale - Planalto das Lagoas: relevo aplanado; colinas muito amplas e achatadas, extremamente suavizado; DD baixíssima	Fm. Adamantina - Kal; Fm. Santo Anastácio	Muito Baixa: ravinas/SM; RT tênue/a alguns cursos d'água
	II-D	Alto e médio vale - planalto cimeiro: colinas amplas; topos achatados extensos, extremamente suaves; DD muito baixa	Fm. Adamantina - Kal e KaV	Muito Baixa: ravinas em entalhes de cabeceiras e erosão laminar
	III-A	Médio vale - limites do Planalto das Lagoas: colinas amplas; topos predominantemente achatados, suavemente convexas; declives baixos e DD baixa	Fm. Adamantina - Kal; Fm. Santo Anastácio	Baixa: ravinas e erosão laminar/RD e SM; RT predominantemente tênue
	III-B	Baixo vale: colinas amplas; topos achatados e subarredondados locais, suavemente convexas; encostas longas de declives baixos; DD baixa	Fm. Santo Anastácio	Baixa: ravinas e erosão laminar/RD e IN
	III-C	Médio vale: colinas amplas; topos achatados e subarredondados subordinados, suavemente convexas; declives baixos, médios locais; DD baixa a média	Fm. Santo Anastácio; Fm. Adamantina - Kal, restrita	Baixa: ravinas e erosão laminar/RD, IN e SM; RT tênue, localmente forte
	IV-A	Baixo vale: colinas médias; topos arredondados e subarredondados, declives médios e baixos; DD média a baixa	Fm. Santo Anastácio; Fm. Adamantina - Kal subordinada	Média a Baixa: ravinas/RD, IN e SM; ravinas ocasionais em entalhes de cabeceiras
	IV-B	Médio vale: colinas médias e amplas; topos arredondados e achatados; declives médios e baixos; controle estrutural local; RD: DD média	Fm. Santo Anastácio; Fm. Adamantina - KalV e Kal	Média: ravinas e erosão laminar/RD, IN e SM; ravinas em entalhes de cabeceiras; RT generalizado e SM mais restrito
	IV-C	Médio vale: colinas médias e amplas; topos subarredondados e achatados; declives baixos e médios, controle estrutural e RD locais; DD baixa	Fm. Adamantina - Kal e KalV; Fm. Santo Anastácio nos vales	Baixa a Média: ravinas e erosão laminar esparsas; ravinas/RT em cabeceiras
	V-A	Baixo vale: divisores secundários curtos; morrotes e colinas médias; topos arredondados; declives médios e baixos, altos locais; controle estrutural; RD, DD alta	Fm. Santo Anastácio; Fm. Adamantina - Kal nos divisores principais	Alta a Média: ravinas e erosão laminar/encostas declivosas e RT; RT generalizado e SM; bôgorocas pequenas, grande no Santa Cruzinha/reativação de drenagem
	V-B	Alto vale: divisores secundários escalonados (baixos cursos); colinas médias; topos achatados e subarredondados, lobos laterais arredondados; forte controle estrutural; declives alto a baixo; RD/patamares e cornijas; DD média a alta	Fm. Adamantina - KaV, com KaV subordinada	Alta: ravinas portes variados, erosão laminar generalizada/RD, IN, SM e contato litológico; ravinas/RT em cabeceiras; RT e SM generalizados; bôgorocas de reativação de drenagem
	V-C	Médio vale: divisores secundários escalonados (altos cursos); colinas médias; topos arredondados e subarredondados; lobos laterais arredondados; controle estrutural; declives médios e baixos, até altos; RD/cornijas; bossas cônicas; DD alta	Fm. Adamantina - KalV com KaV subordinada; Fm. Santo Anastácio	Alta: principalmente ravinas e erosão laminar/RD, SM e contato litológico; ravinas/RT cabeceiras; RT e SM generalizados;bôgorocas de reativação de drenagem
	VI-A	Alto vale: divisores secundários escalonados (altos cursos e cabeceiras); colinas e morrotes; topos arredondados e subarredondados; lobos laterais restritos e arredondados; forte controle estrutural; declives altos e médios, até íngremes; RD/patamares, cornijas e pequenas escarpas; bossas cônicas; DD muito alta	Fm. Adamantina - KaV	Muito Alta: ravinas em encostas e cabeceiras com diversos portes e condicionamentos; erosão laminar generalizada; rastelos localmente; RT e SM generalizados;bôgorocas de reativação de drenagem
	VI-B	Médio vale - cabeceiras de erosão acelerada: divisores secundários; colinas e morrotes; topos arredondados e estreitos; antefortes de cabeceiras íngremes, declives altos e médios; RD/cornijas e pequenas escarpas locais; DD alta	Fm. Santo Anastácio; Fm. Adamantina - Kal e KaV	Muito Alta: ravinas e erosão laminar generalizadas e com diversos condicionamentos; RT e SM generalizadas;bôgorocas em cabeceiras
	VI-C	Médio vale - Areia Dourada - erosão acelerada: colinas médias; topos arredondados a achatados; lobos laterais arredondados; controle estrutural; declives médios e altos; antefortes de cabeceiras íngremes; RD/cornijas; DD alta	Fm. Santo Anastácio; Fm. Adamantina - Kal nos divisores	Alta a Muito Alta: ravinas e erosão laminar generalizadas e com diversos condicionamentos e concentrações; rastelo e escorregamento localizados em altas encostas declivosas; RT e SM generalizados;bôgorocas ramificadas em cabeceiras
Convenções: RD - Ruptura de Declividade; IN - Inserção de Nivel de erosão; DD - Densidade de Drenagem; RT - Renteilhe de Talvegue; SM - Solapamento de Margens e colapsos associados; / - associação ou condicionamento				

FIGURA 3. – Legenda de Suscetibilidade Natural à Erosão.

primeiros mais delgados. Constituem associações que se relacionam estreitamente com a organização e distribuição das formas do relevo, de tal modo que os remanescentes de planaltos mais antigos guardam solos mais desenvolvidos, similarmente a porções de relevo de colinas amplas e suaves, enquanto as formas mais movimentadas apresentam maior diversidade de tipos de solos, desde perfis relativamente evoluídos até bastante imaturos.

Para o levantamento dos atributos dos solos de interesse ao estudo, optou-se por reconhecer e caracterizar seqüências pedológicas ao longo de perfis selecionados que englobaram vertentes completas. O levantamento foi realizado em nível de detalhe compatível com a escala de trabalho e tendo apoio da declividade medida em cartas topográficas 1:50.000.

Como descrito no item sobre metodologia, as seqüências pedológicas são reconhecidas, caracterizadas e analisadas com abrangência suficiente ante os diferentes fatores e atributos específicos condicionantes da erosão, desse modo indicando tendências erosivas que se configuram pela individualização de compartimentos morfopedológicos. Estes, por sua vez, referenciam a própria expressão territorial das diferentes suscetibilidades naturais de erosão (Figuras 2-A e 2-B; Figura 3).

Quanto ao objetivo prático da caracterização de seqüências pedológicas, destaca-se aqui apenas uma situação, que além de problemática é bastante comum nos terrenos do Planalto Ocidental. Trata-se da associação de latossolos espessos e permeáveis, presentes em topos e altas encostas suaves das colinas, que passam, com o aumento de declive das encostas, para podzólicos com marcante gradiência textural. Com essa distribuição de solos tem-se um arcabouço favorável a maior infiltração no trecho de montante da seqüência e a bloqueios de fluxo a jusante, condição que determina saturação do perfil pedológico e cria possibilidades de surgências d'água que podem originar o *piping*. As mesmas razões podem levar a concentração do escoamento, situação propícia à incisão de cicatrizes erosivas. A presença de inúmeras ravinas em cabeceiras suaves também é determinada por bloqueios dessa natureza, principalmente quando em concavidades que ondulam topos colinosos, onde escoamentos superficial e subterrâneo ganham concentração.

Esse contexto natural é praticamente reproduzido nas iniciativas mais comuns de controle e prevenção de erosão que adotam o terraceamento como medida de contenção do escoamento nas encostas e sucessivas bacias de acumulação ao longo das calhas. A caracterização precisa da seqüência pedológica é essencial para o planejamento das medidas corretivas,

que não podem prescindir do entendimento da dinâmica da água no solo para não redundar em erosão.

SUSCETIBILIDADE NATURAL DE EROSÃO

A integração objetiva de fatores do substrato rochoso, das formas do relevo e da cobertura pedológica diretamente por meio dos atributos de cada fator determinantes da erosão, permitiu atribuir diferentes suscetibilidades naturais de erosão aos compartimentos morfopedológicos (Figuras 2-A e 2-B; Figura 3).

A ordenação das suscetibilidades em cinco graus, relativos entre si e não exprimindo mais que diferenças de potencialidade erosiva entre compartimentos, foi aferida pela distribuição de cicatrizes de erosão. Estas foram mapeadas a partir da interpretação de produtos de sensoriamento remoto e de levantamento de campo. Considerou-se, por unidade de área de 500 ha, o número total de processos lineares individualizáveis e de concentrações de processos lineares e laminares não individualizáveis. As concentrações de erosão correspondem a áreas subordinadas às células de referência onde os processos ocorrem de modo generalizado. As unidades de concentração são muito mais comuns que os processos lineares que se individualizam.

Tendo como referência de comparação e aferição as potencialidades erosivas dos setores de relevo indicadas por critérios geomorfológicos, foram definidas classes de número de processos, que têm correspondência direta com os graus de suscetibilidades erosivas naturais. Atente-se, as ações antrópicas impõem modificações que interferem diretamente na incidência de erosão. Contudo, o histórico de degradação da bacia indica uniformidade suficiente para descartá-las, visto a conotação de relatividade imposta aos graus de suscetibilidade.

As suscetibilidades erosivas altas e muito altas acabaram sendo definidas pelos relevos mais francamente controlados por estruturas, que englobam formas de relevo mais diversificadas e entalhadas. Estas, por sua vez, condicionam seqüências pedológicas com solos mais rasos e/ou com maior diferenciação textural, cuja distribuição pela vertente indica características e condições locais que exacerbam a tendência erosiva. Esses dois graus de suscetibilidade apresentam incidências de processos erosivos suficientemente problemáticas para serem considerados conjuntamente em qualquer avaliação regional com finalidade de planejamento. Abarcam predominantemente os setores de altos cursos ramificados, aí incluídas as cabeceiras com características naturais de evolução por erosão

acelerada, e o conjunto de divisores escalonados do alto vale.

As suscetibilidades erosiva médias não deixam de ser preocupantes, pois referenciam um intervalo de potencialidade natural onde os condicionantes ponderados sempre apresentam um dos fatores em nível crítico quanto à tendência erosiva, que então é atenuada pela influência do outro.

A expressão da suscetibilidade no grau baixo indica os relevos e as seqüências pedológicas com características francas de continuidade e uniformidade ao longo da encosta. São, então, menos freqüentes as condições onde a dinâmica da água no solo sofre bloqueios que levam à erosão. Correspondem preferencialmente a relevos de colinas amplas e suavemente convexas, cobertas por latossolos. Suas

áreas de ocorrências dominam o baixo vale e as encostas suaves do médio vale. Há erosão quando ocorrem descontinuidades, como em interflúvios menores do médio vale, descontinuidades determinadas por rupturas de declive condicionadas por termos líticos resistentes.

As suscetibilidades muito baixas têm correlação direta com compartimentos geomorfológicos bem diferenciados, os restos do planalto cimeiro PIII, o Planalto das Lagoas e os altos terraços T2 (Figura 1). Os relevos colinosos dos dois primeiros compartimentos, embora distintos entre si, refletem formas amplas e suaves, baixa densidade de drenagem, entalhes pouco pronunciados dos cursos e domínio franco de latossolos. Os terraços T2 apresentam variações em função da extensão lateral de suas áreas.

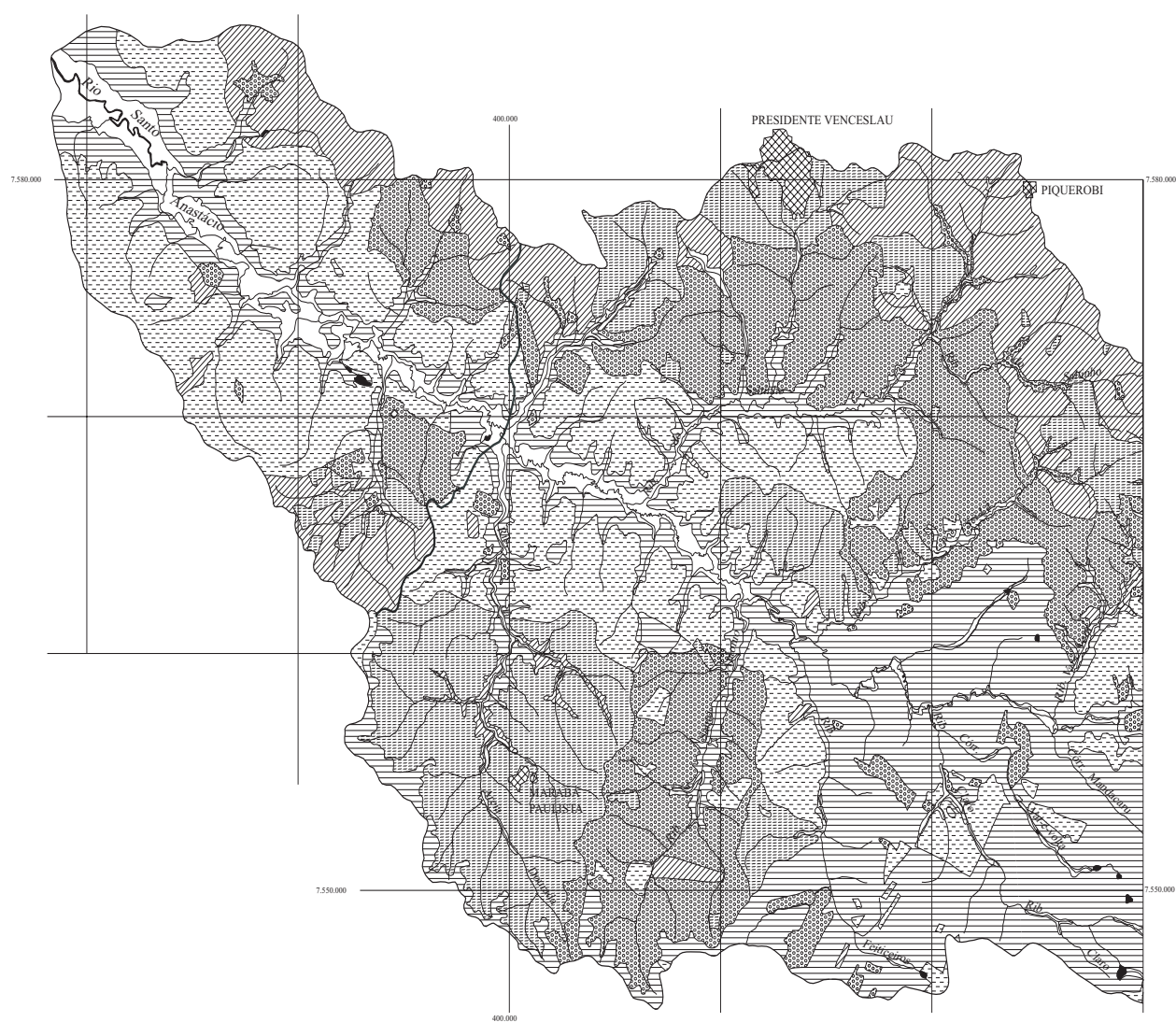


FIGURA 4-A. Risco Atual de Erosão – Oeste.

Quando amplas, guardam as características de suavidade das formas e latossolos associados. Em porções mais de montante, quando estreitos, podem funcionar como parte da dinâmica das baixas encostas locais, agregando suscetibilidades erosivas compatíveis com seus entornos.

ELEMENTOS DE OCUPAÇÃO E USO DO SOLO

A caracterização de ocupação e uso do solo objetivou correlacionar a dinâmica dos processos erosivos e de sedimentação com o uso histórico e atual do solo, estabelecer tendências de evolução de tais processos ante os usos atuais e avaliar as interferências provocadas pelo uso do solo nos recursos naturais.

O conhecimento da evolução de ocupação da

bacia baseou-se em informações bibliográficas, enriquecidas por entrevistas com técnicos de órgãos públicos e moradores da região, sempre na busca das relações com os processos de degradação ambiental.

A realidade atual foi obtida por meio de imagens de satélite e levantamentos de campo, resultando num mapa, aqui não apresentado, que engloba todas as coberturas naturais e antrópicas existentes, incluindo-se os corpos d’água. A identificação dos tipos de uso permite caracterizar as diferentes técnicas de uso-manejo e práticas conservacionistas empregadas, bem como indica o porte das coberturas vegetais e quanto oferecem de proteção aos terrenos, fatores essenciais para a definição da tendência de promover erosão de cada tipo de uso do solo, exatamente a informação

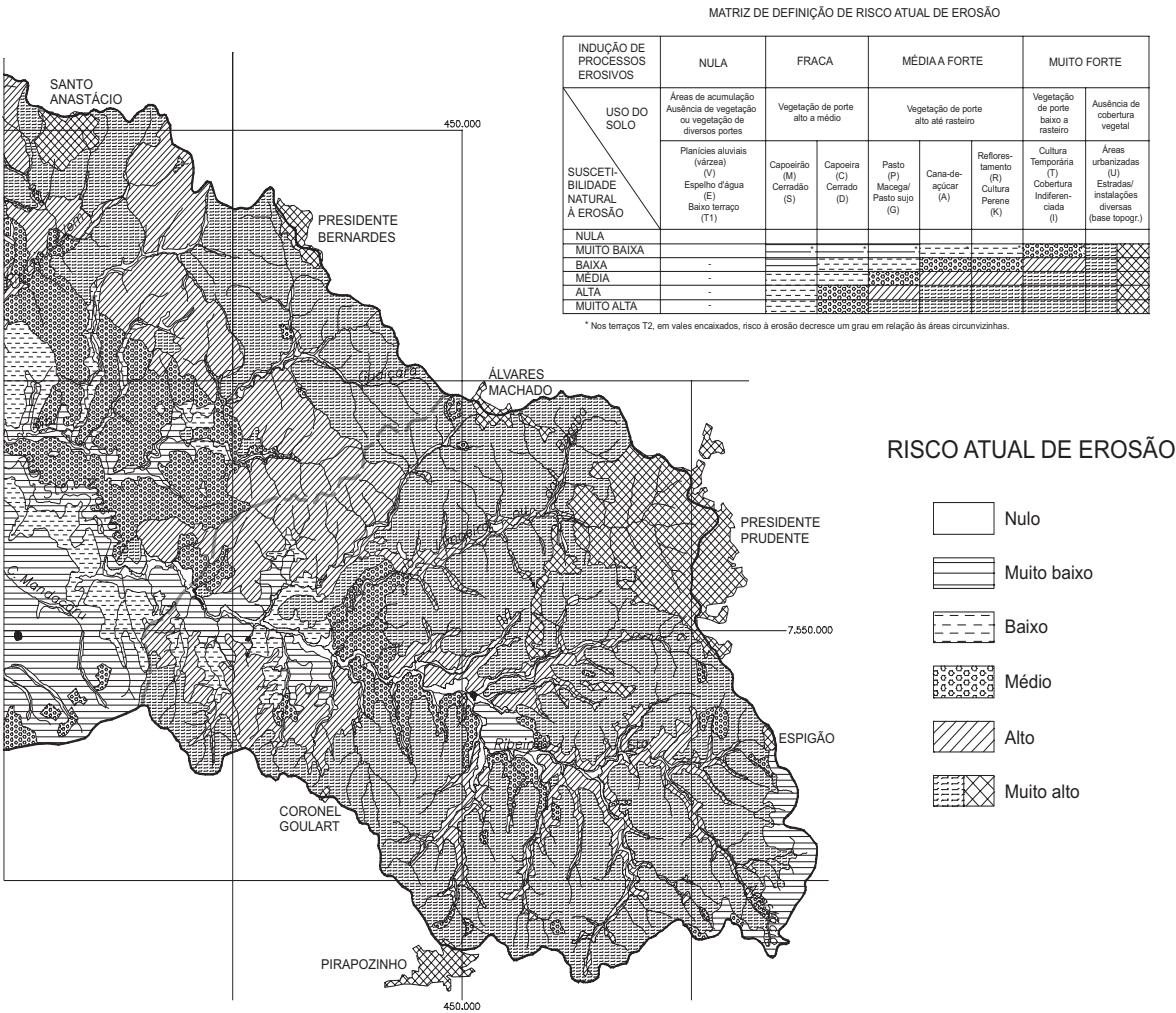


FIGURA 4-B. Risco Atual de Erosão – Leste.

utilizada na análise de risco à erosão decorrente da ocupação atual (Matriz anexa à Figura 04-B).

A vegetação primitiva da bacia é tida como de floresta latifoliada densa, com áreas restritas de fisionomias de cerrado, reflexo de clima e particularidades do substrato rochoso da região. A ocupação decisiva da bacia foi desencadeada pela implantação da Estrada de Ferro Sorocabana, que avançou de Presidente Prudente a Presidente Epitácio de 1919 a 1922. O desmatamento de praticamente toda a bacia não demorou 40 anos, com as terras sendo sucessivamente ocupadas por culturas e pastagens, além de núcleos urbanos continuamente expandidos (Leite, 1970; Fonzar, 1981).

Os cultivos de então não consideravam qualquer cuidado preservacionista, além de espécies vegetais extremamente problemáticas quanto à erosão. Iniciaram-se com café nos espigões e seguiram rumo aos vales com algodão, milho, mamona, amendoim, menta e amoreira, com emprego de trator a partir de meados da década de 50, quando se exacerba a intervenção direta nos solos. Concomitantemente ampliou-se a malha viária. Com a degradação das terras, áreas abandonadas foram sendo transformadas em pastagens sem tratos culturais, cuidados, estes, que começaram a ser introduzidos apenas ao final dos anos 70, mas como medida de proteção do patrimônio e não por conscientização ambiental.

A instalação e a ampliação dos núcleos urbanos seguiram o mesmo ritmo das atividades agrícolas. Com o declínio da lavoura, a partir do final dos anos 50, verifica-se uma rápida e forte expansão das cidades. A urbanização, inicialmente implantada nos espigões, em terrenos mais planos e favoráveis, avança para os vales sem respeitar suas limitações. O padrão geométrico não se modifica, em ângulos retos e sem declinar qualquer preocupação com limitações físicas (Fonzar 1981). Com a contínua impermeabilização dos solos e conseqüente incremento do escoamento concentrado, os impactos tornam-se inevitáveis, com inúmeras erosões lineares condicionadas por águas servidas.

A ocupação atual mostra pastagens implantadas em aproximadamente 188.000 ha ou 90% da bacia. Os demais usos, somados ocupam 20.000 ha, sendo 4.300 ha de áreas urbanas. Dentre as coberturas naturais, capoeirão e cerradão são restritos a glebas isoladas e pequenas. Capoeiras são mais afeitas a cursos d'água, e macegas a regenerações espontâneas em glebas de cultivo e pasto abandonadas. O conjunto das vegetações naturais ocupa menos de 2% da bacia. Reflorestamentos comerciais de eucalipto são insignificantes e implantados em glebas diminutas junto a núcleos rurais. Culturas perenes restringem-se a pequenas e esparsas glebas com frutíferas, seringueiras e remanescentes de café abandonado. A cana-de-açúcar é a cultura mais expressiva, cerca de 6.000 ha, localizada em relevos mais

suaves na região do Planalto das Lagoas e do limite médio/baixo vale. As culturas temporárias distribuem-se por toda a bacia, mais comuns próximas a cidades, sempre em glebas diminutas. A malha viária total, pavimentada ou em terra batida, pode ser considerada relativamente densa, estimada de 300 a 350 km de extensão em 1995, sem computar carreadores rurais.

O histórico de ocupação da bacia indica que o principal fator condicionante da erosão acelerada foi o desmatamento indiscriminado. O uso do solo agrícola e urbano incrementou a degradação em todos os momentos. A partir da expansão das áreas de pastagens e com a adoção de alguns cuidados quanto a práticas de manejo do solo, a intensidade de manifestação da erosão sofreu um certo declínio, porém quando as terras já se mostravam muito desgastadas.

O maior reflexo do conjunto de intervenções humanas é a modificação do comportamento hídrico, que passa a ser caracterizado pela concentração das águas de superfície e subsuperfície, fato que provoca grande interferência na dinâmica atual da paisagem. Embora um quadro relativamente melhor que nos tempos imediatos à destituição da cobertura vegetal original, ainda hoje se mantêm as condições de concentração do escoamento. Localmente essa tendência é ampliada pela maior densidade da malha viária e pelo crescimento urbano. Este, agora, atinge encostas com impedimentos físicos mais problemáticos ainda.

A adequação do uso do solo e a implantação de medidas que promovam a estabilização de processos erosivos constituem-se nas atitudes a serem tomadas para a recuperação ambiental da bacia. As pastagens, ocupação antrópica que menos agride o meio, tem pouco a evoluir, pois está consumada em 90% da área. Focos de atividade agrícola, com culturas temporárias e de cana-de-açúcar, apontam crescimento em terrenos mais adequados, talvez os únicos no vale com capacidade para suportar culturas com práticas de manejo relativamente simples, a região do Planalto das Lagoas, além de relevos mais suaves do limite médio/baixo vale.

Inúmeros pequenos açudes ao longo da rede de drenagem, empregados para dessedentação animal ou ligados a medidas de controle de erosão, muito restritamente utilizados para irrigação, além de duas represas de abastecimento público, compõem o conjunto de espelhos d'água artificiais. Atualmente a reservação d'água é problemática pela escassez decorrente das modificações no escoamento superficial, cujos reflexos alcançam a ampliação do período de insuficiência hídrica. Também pela poluição dos mananciais, continuamente incrementada por uma expansão urbana sem preocupações com qualidade e

destinação finais dos efluentes gerados.

RISCO ATUAL DE EROSÃO

Os tipos de uso do solo apresentam tendências de promover erosão que cotejadas com as suscetibilidades naturais dos terrenos em que estão implantados determinam um panorama de potencialidade erosiva modificado em relação ao quadro natural, definindo os riscos atuais de erosão. A matriz de definição dos graus de riscos, tão relativos quanto as suscetibilidades naturais, sintetiza os critérios utilizados na classificação (Figuras 4-A e 4-B). O resultado que se destaca é o incremento generalizado da potencialidade erosiva ante a suscetibilidade natural. Ou seja, os usos presentes na bacia são predominantemente inadequados conforme realizados mais comumente, ferindo a capacidade de suporte natural do meio e tendendo a gerar erosão acelerada.

Os graus de risco muito alto e alto, tal qual na suscetibilidade natural de erosão, devem ser considerados conjuntamente, pois ambos são extremamente problemáticos, refletindo características e condições muito similares do meio, inclusive com as mais notáveis concentrações de cicatrizes de erosão, que, não sem razão, ocorrem em seus domínios. Em conjunto correspondem praticamente à metade da bacia, dominando a quase totalidade do alto vale, as cabeceiras contínuas do médio e baixo vale pela margem direita e as demais unidades fisiográficas com características de evolução acelerada. Aliam solos rasos e relevos mais movimentados que não suportam mesmo as pastagens conforme hoje implantadas.

Qualquer estratégia de enfrentamento da degradação deve eleger as áreas de risco alto e muito alto como prioritárias. Nessas situações, dentre os usos presentes, as pastagens ainda correspondem ao mais adequado, embora necessitem de práticas conservacionistas que atendam melhor as variações expressas pelo meio. A cobertura que proporcionam ao solo é pouco eficiente durante longos períodos do ano, principalmente no final do inverno, quando mostram pouco vigor e nessa condição recebem as fortes chuvas da primavera. A adequação das pastagens exige medidas complexas e intensas de conservação dos solos, além de respeito à integridade das porções de encosta desfavoráveis. Reflorestamentos comerciais extensivos também devem ser dotados de práticas complexas de conservação. As áreas de risco nos graus máximos não são propícias para culturas, mesmo perenes, visto a freqüente exposição dos solos e a necessidade de práticas conservacionistas complexas e intensas, que demandariam investimentos incompatíveis com a produtividade esperada. Todas as cidades da bacia do Santo Anastácio estão posicionadas

em setores de risco de erosão muito alto, bem como a malha viária mais densa, o que implica cuidados muito maiores com o escoamento superficial concentrado, como alertam as grandes erosões cadastradas nessas áreas.

O risco de erosão médio compreende predominantemente áreas que apresentam suscetibilidade natural também média. Isto decorre de serem áreas ocupadas basicamente por pastagens, que pouco incrementam a tendência erosiva em tais condições de meio natural. Como sua característica é apresentar diversos tipos de solos e diferenciações de relevo, as indicações de uso exigem obrigatoriamente abordagens mais detalhadas, com adequação que considere o fator específico limitante, solo ou relevo. Correspondem às áreas que suportam mais adequadamente pastagens, mas também com medidas complexas e intensas de conservação. Com práticas conservacionistas similares, culturas perenes, cana-de-açúcar e reflorestamentos comerciais constituem alternativas razoáveis de uso. Culturas perenes e reflorestamentos devem considerar épocas favoráveis para plantio e corte e principalmente cobertura vegetal rasteira nas fases iniciais de desenvolvimento do cultivo.

As áreas de risco baixo compreendem as colinas amplas com latossolos e que são ocupadas predominantemente por pastagens. São, ainda, aquelas glebas incluídas nesse grau de risco pela tendência erosiva de culturas em terrenos de suscetibilidade natural muito baixa. Correspondem aos relevos dominantes no baixo vale e em parte das encostas baixas e mais suaves do médio vale. São terrenos que possuem arcabouço para implantação de pastagens, embora com práticas adequadas, tomando-se cuidados especiais com as cabeceiras, mesmo que sejam amplas e suaves. Suportam culturas, desde que com técnicas especiais de conservação dos solos e principalmente com cuidados referentes ao escoamento proveniente de glebas a montante, devido os longos comprimentos das rampas. Tanto pastagens como culturas devem prever o período das águas em condições de vigor e boa cobertura do solo. A principal preocupação é não permitir concentração do escoamento pluvial.

O risco de erosão muito baixo é restrito aos altos terraços fluviais e ao Planalto das Lagoas. Neste setor tem-se a maior extensão contínua de terrenos suaves da bacia, com colinas muito amplas de topos achatados e extremamente extensos, e encostas de baixo declive cobertas por latossolos profundos. As condições são favoráveis a pastagens com técnicas simples de conservação, bem como a reflorestamentos comerciais extensivos. As culturas podem ser bem suportadas. Os diferentes usos devem prever espécies adaptáveis

às condições dos solos locais, hidromórficos e com drenagem interna difícil.

Os altos terraços fluviais não são homogêneos para receber um mesmo uso. Nos setores em que se apresentam mais alargados, desenvolvem-se colinas suaves que suportariam até culturas temporárias, desde que com boas técnicas de conservação, porém simples. Algumas culturas permanentes seriam mais aptas e as pastagens não gerariam problemas. Áreas sujeitas a encharcamentos são mais problemáticas para cultivos, bem como algumas áreas de solos com tendência a hidromorfismo. Contudo, mais comumente os altos terraços da bacia do Santo Anastácio são formas estreitas e alongadas, cobertas por solos delgados e sofrendo forte interferência da dinâmica de escoamento das encostas contíguas e das cheias de cursos d'água colmatados por assoreamento, condições que impõem severas limitações ao uso dessas áreas. Constituem porções do relevo, ante os ganhos ambientais que promovem, importantes para manutenção ou reposição de vegetação nativa. Razoável parte desses relevos, principalmente ao longo dos altos cursos tributários, tem restrição ao uso por se constituírem em áreas ambientalmente protegidas, de preservação permanente.

As áreas que referenciam risco de erosão nulo correspondem aos baixos terraços fluviais e às planícies aluviais, formas caracteristicamente de acumulação. Também são feições da paisagem legalmente protegidas, às quais se acrescem faixas adicionais de preservação permanente nas encostas, com larguras regulamentadas por lei.

A obrigação legal de preservar ou repor a vegetação nativa ao redor de cursos d'água e nascentes estende-se para toda a rede de drenagem, independentemente da presença de planícies e terraços, devendo avançar até as cabeceiras mais remotas. O sucesso da revegetação ciliar e dos entornos de nascentes depende da contenção de erosão nas encostas por meio de práticas de conservação dos solos. Reposição vegetal e práticas de conservação sem dúvida propiciariam importante recuperação da capacidade de infiltração das águas pluviais e conseqüentemente da recarga dos aquíferos

subterrâneos, principalmente do freático. Os reflexos seriam diretos na manutenção do vigor da cobertura vegetal à entrada do período das águas e no encurtamento do período de deficiência hídrica, que hoje se constata longo perante a história pluviométrica da região.

Deve-se entender que as propostas de usos mencionadas levam em consideração apenas o significado da ocupação humana enquanto agente erosivo. Não se pode confundir com capacidade de uso das terras no sentido clássico da agricultura, que envolve diversos fatores do meio físico, principalmente climáticos e pedológicos, abordados no sentido de produtividade do cultivo.

O mapa de risco atual de erosão destaca o alto vale e considerável porção da margem direita do médio vale como as áreas mais críticas. Dentre elas, a região conurbada de Presidente Prudente é de longe a mais problemática, pois alia as piores situações de meio físico natural e de ocupação. Sua expansão continua mantendo procedimentos ditados por projetos de urbanização que priorizam um máximo aproveitamento da área em detrimento de cuidados mínimos com adequações que considerem a preservação ambiental. Aliam-se, aqui, os graves problemas de disponibilidade de água para consumo público e o lançamento de esgotos *in natura* nos próprios mananciais, pressionados ainda pela expansão dos bairros periféricos. O recurso hídrico subterrâneo, de aquíferos livres e profundos, é explorado sem controle, bem como não há preocupações com sua poluição, situações que podem acarretar comprometimentos irreversíveis aos aquíferos.

Embora em menor escala, problemas semelhantes podem ser apontados para os municípios de Álvares Machado, Presidente Bernardes, Presidente Venceslau e Santo Anastácio e em menor intensidade para Pirapozinho. O município de Marabá Paulista enfrenta problemas mais graves com a área rural, domínio da bacia do Areia Dourada, que pode comprometer em muito sua principal atividade econômica, a agropecuária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, M.A.; STEIN, D.P.; MELO, M.S.; BISTRICHI, C.A.; PONÇANO, W.L.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M. Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças dos estados de Mato Grosso do Sul e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Camboriú. **Anais...** Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1980, v. 5, p. 2799-2812.

2. BUENO, C.R.P.; STEIN, D.P.; GARCIA, G.J. Expectativa à

erosão na bacia do rio Jacaré-Pepira - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. **Resumos Expandidos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1995, v. 4, p.1870-1872.

3. DAEE-DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de dados pluviométricos do estado de São Paulo, atualizado até 1997.** São Paulo: DAEE/SRH/CHT, 1998, CD-ROM.

4. FONZAR, B.C. **O processo de ocupação regional, o modelo urbano e o conforto térmico na Alta Sorocabana: um teste aplicado a Presidente Prudente**. São Paulo, 1981. 156 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
5. FOSTER, G.R.; MOLDENHAUER, W.C.; WISCHMEIER, W.H. Transferability of us technology for erosion prediction and control in the tropics. In: SYMPOSIUM ON SOIL EROSION AND CONSERVATION IN THE TROPICS, Fort Collers, 1982, Madson. **Proceedings...** Madson, ASA: American Society of Agronomy, 1982, Special Publication, n. 43, p.135-149.
6. IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe-Paranapanema. Potencial natural à erosão por ravinas e boçorocas**. São Paulo: IPT, Relatório, n. 1986, 24.739, v. 4.
7. IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe-Paranapanema. Potencial natural e antrópico à erosão laminar**. São Paulo: IPT, Relatório, 1987, n. 24.739, v. 3.
8. IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Compartimentação Estrutural e Tectônica do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT/PRÓ-MINÉRIO, Relatório, 1989, n. 27.394, 210 p.
9. IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sismotectônica e dinâmica superficial na área do alto rio Pardo (SP e MG)**. São Paulo: IPT, Relatório, 1992a, n. 30.074, 4 v.
10. IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sismotectônica e dinâmica superficial na área da PCH Moji Guaçu**. São Paulo: IPT, Relatório, 1992b, n. 30.696, 3 v.
11. IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sismotectônica e dinâmica superficial na área do complexo Hidrelétrico Canoas, SP e PR**. São Paulo: IPT, Relatório, 1992c, n. 30.924, 4 v.
12. IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Bases técnicas para a recuperação da bacia do rio Santo Anastácio, 3ª fase**. São Paulo: IPT. (IPT. Relatório, 1994, n. 32.257).
13. LEITE, F.P. **A alta sorocabana e o espaço polarizado de Presidente Prudente**. Presidente Prudente, 1970. 249p. Tese (Doutoramento em Geografia) - Departamento de Geografia Regional da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Presidente Prudente.
14. MELO, M.S.de; STEIN, D.P.; PONÇANO, W.L.; BISTRICHI, C.A. Neotectônica da área do alto rio Pardo (SP e MG). São Paulo, **Revista do Instituto Geológico**, v. 14, n. 1, p. 27-38, 1993.
15. OLIVEIRA, A.M.S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios Exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema, SP/PR**. São Paulo, 1994. 211 p. Tese (Doutoramento em Geografia) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
16. OLIVEIRA, A.M.S.; PONÇANO, W.L.; SALOMÃO, F.X.T.; DONZELI, P.L.; ROCHA, G.A.; VALÉRIO FILHO, M. Questões metodológicas em diagnósticos regionais da erosão: a experiência pioneira da bacia do Peixe-Paranapanema (SP). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4, 1987, Marília. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 1987, p. 51-71.
17. PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M.; PRANDINI, F.L. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981, Publicação, n. 1183, Monografias 6, 2 v.
18. PONÇANO, W.L.; KERTZMAN, F.F.; SALOMÃO, F.X.T. Fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos no desenvolvimento de boçorocas na bacia do Peixe-Paranapanema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 1987, v. 2, p. 413-422.
19. RANZANI, G. & FRANÇA, G.V. Agrupamentos interpretativos de solos. In: ESALQ (Apostila) **Origem e desenvolvimento do solo**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo, 1967, v. 2, 0 p.381-432.
20. RUELLAN, A. Les apports de la connaissance des sols intertropicaux au developpement de la pedologie: la contribution des pedologues français. **Catena Verlag**, v.12, n. 1, p. 87-98, 1985.
21. SALOMÃO, F.X.T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural**. São Paulo, 1994. 200 p. Tese (Doutoramento em Geografia) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letra e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
22. SG-MME - SECRETARIA GERAL - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Projeto Radambrasil: Folha SP.22, Paranapanema; Pedologia, 1:250.000**. Brasília: Levantamento de Recursos Naturais, Cartas de elaboração (inédito).
23. STEIN, D.P. Diagnóstico de erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, 1995, Bauru. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (Palestras), 1995, p. 55-57.
24. STEIN, D.P. **Avaliação da degradação do meio físico. Bacia do rio Santo Anastácio. Oeste paulista**. Rio Claro, 2000. 197 p. Tese (Doutoramento em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
25. STEIN, D.P.; DONZELI, P.L.; GUIMENEZ, A.F.; PONÇANO, W.L.; LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão natural e antrópico na bacia do Peixe-Paranapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4, 1987, Marília. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 1987, p. 105-135.
26. STEIN, D.P.; GUIMENEZ, A.F.; COLOMBO, F. Impacto

da erosão nos recursos hídricos: determinação de áreas críticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira Geologia, 1988, v. 6, p. 2575-2586.

27. STEIN. D.P., PONÇANO, W.L., IWASA, O.Y., CANIL, K. Bases técnicas para a recuperação da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, oeste paulista. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE EROSÃO, 5, 1995, Bauru. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental/Universidade Estadual Paulista, 1995, p. 311-313.

28. WISHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses from cropland East of the Rocky Mountains.** Washington: United States Department of Agriculture-USDA, Handbook 282, 1965, 47p.