

# ESTUDO DA FRAGILIDADE MORFODINÂMICA NO SISTEMA ATIBAIA-JAGUARI EM AMERICANA (SP)

*Roberto MARQUES NETO<sup>1</sup>*

*Adler Guilherme VIADANA<sup>2</sup>*

## Resumo

O presente artigo tem por objetivo a identificação de diferentes classes de instabilidade morfodinâmica em toda a área sob influência dos rios Atibaia e Jaguari no município de Americana (SP), tomando a abordagem sistêmica como recurso metodológico.

**Palavras-chave:** Instabilidade morfodinâmica. Abordagem sistêmica. Sistema Atibaia-Jaguari.

## Abstract

### **Morphodynamic fragility study in the Atibaia-Jaguari System in Americana (SP)**

The purpose of this article here is to identify different classes of morphodynamic instability in all area under influence of Jaguari and Atibaia rivers in Americana Town (SP), taking system approach as methodological resource.

**Key words:** Morphodynamic instability. System approach. Atibaia-Jaguari system.

---

<sup>1</sup> Mestre em Geografia pela UNESP – Rio Claro (betogeografia@superig.com.br)

<sup>2</sup> Professor adjunto do Departamento de Geografia da UNESP –Rio Claro (adlergv@rc.unesp.br)

## INTRODUÇÃO

A história da industrialização brasileira está fortemente atrelada ao desenvolvimento da indústria paulista. Foi no território de São Paulo onde se verificou, de maneira mais expressiva, a vanguarda da indústria de transformação no Brasil, que domina atualmente toda a Grande São Paulo, Vale do Paraíba e espalha densamente economias de aglomeração ao longo das rodovias Bandeirantes, Anhanguera e Washington Luiz, atingindo municípios como Ribeirão Preto, São Carlos e Araraquara. Em direção ao litoral, a malha industrial ocupou, com distinção, a Baixada Santista, com destaque para o parque especializado de Cubatão, e, no sul do estado, o município de Sorocaba foi o principal território receptor das indústrias que interiorizaram suas unidades produtivas em função das deseconomias que se instalaram na Grande São Paulo.

Nestes setores, que abrigam a maior parte da malha industrial paulista e cuja base urbano-industrial com seu desenvolvimento associado é entendida como fundamental para o progresso do país (HOGAN, *et al.*), é que se desenvolveram os maiores centros urbanos, entre eles a Região Metropolitana de Campinas (RMC), área por onde perpassam terras da bacia do rio Piracicaba.

A função atribuída ao longo da história a essa importante sub-bacia da bacia do Tietê é responsável por um elenco considerável de problemas ambientais nos dias atuais, a serem resolvidos ou remediados, devido: formas conflituosas de uso do solo; ocupações irregulares ou incompatíveis com a legislação; supressão e contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos pelo metabolismo das cidades que nem sempre é acompanhado de tratamento adequado das águas residuais lançadas nos rios; poluição atmosférica causada pela intensa atividade de indústrias intermediárias, pela circulação da grande frota automobilística e pela queima sistemática da cana-de-açúcar nos municípios produtores vizinhos; assinalada escassez de recursos hídricos em condições satisfatórias de qualidade, e tantas outras questões de interesse público.

Os rios Jaguari e Atibaia, principais formadores do rio Piracicaba, recebem os efluentes resultantes de intensa produção urbana e seus respectivos parques industriais. No rio Atibaia em específico são despejadas as descargas do esgoto de Campinas, em seu trecho mais poluído, além de ser alimentado, logo à jusante, com os resíduos da refinaria REPLAN, que opera no município de Paulínia. Ainda assim o rio consegue atingir o município de Americana com suas águas dentro da Classe 2 (CETESB, 2001), o que lhe confere vocação para uso doméstico mediante tratamento convencional, para a proteção de comunidades aquáticas, para a recreação com contato primário, para a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e também para a aqüicultura.

Sobre isso, embora algumas funções sejam indiscutíveis, como suporte para a biota aquática e manutenção das cadeias alimentares, consideramos inseguro enquadrar as águas do rio Atibaia na Classe 2 em função da poluição causada pela densa rede urbana correlata e pelos efluentes lançados pela refinaria à montante de Americana, que tornam as águas do rio Atibaia na banda represada impróprias para o contato corpóreo, sendo recomendáveis estudos sistemáticos de sua constituição química atual objetivando detectar a presença de poluentes nocivos para a ictiofauna e para a saúde humana, sobretudo metais pesados.

O rio Atibaia é o principal formador do rio Piracicaba, que se individualiza a partir da confluência com o rio Jaguari no município de Americana, ambos com as nascentes localizadas no Planalto Atlântico, nas vertentes interiores da Serra da Mantiqueira.

Vários estudos ambientais no escopo da Geografia já foram dedicados à bacia do Piracicaba, seja em âmbito geral, (TROPPEMIR; PROCHNOW, 1972); (PROCHNOW, 1990); (BERRÍOS, 1993), bem como especificamente na área em mira (COELHO, 1993); (LIMA, 1997); (MARQUES NETO, 2005). Isso dá suporte para a realização de pesquisas em cará-

ter mais específico ou detalhado, buscando os aspectos selecionados mediante estudos de caso direcionados para a resolução dos problemas levantados. Questões importantes para a saúde pública e melhoria da qualidade ambiental, como a preservação das microbacias urbanas, as atividades agropecuárias e os impactos correlatos, a qualidade da água dos rios que partilham da malha hidrográfica em pontos específicos e o porque, a incidência de doenças decorrente da ineficácia no saneamento, o desencadeamento e evolução de processos erosivos, entre muitas outras, podem encontrar explicações mais decisivas do ponto de vista operacional em estudos setoriais, uma vez que informações relevantes emergem diante de um maior detalhamento na grandeza escalar trabalhada. Com isso, os resultados, à medida que remetem recorrentemente a uma área específica, se tornam adequados para consulta por parte do poder público municipal, para quem presta subsídio direto.

É na área de influência dos rios Atibaia e Jaguari adstrita ao município de Americana que o presente estudo se pautou e cujo objetivo estipulado visa a apreensão dos níveis de impactos ambientais ocorrentes na área através do estabelecimento de classes de instabilidade morfodinâmica a partir da análise conjunta dos atributos físicos e da exploração antrópica, que se coadunam na elaboração de diferentes padrões morfogenéticos.

Uma visão estática e descritiva do meio natural é insuficiente para a apreciação da dinâmica operante, fortemente condicionada à intervenção humana e que incrementa o ambiente com materiais sólidos, líquidos e gasosos oriundos de suas atividades e que interferem na dinâmica natural do conjunto da paisagem e são responsáveis por uma série de azares naturais (TRICART; KIEWIETDEJONGE, 1992).

Do ponto de vista da conveniência de uma abordagem integrada das relações Homem X Natureza, a inserção da Teoria Geral dos Sistemas no campo de ação da Geografia Física foi responsável por considerável aprimoramento no arcabouço teórico-metodológico deste subconjunto da Geografia, cujos reflexos tem nos estudos de cunho ambiental um notório destaque.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa baseou-se na abordagem ecodinâmica (TRICART, 1977) complementada pelas orientações de Ross (1994) e aprimorada pela aplicação de elementos da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) descritos em Bertoni & Lombardi Neto (2005).

Tricart (1977) distingue três unidades morfodinâmicas genéricas baseadas no equacionamento entre morfogênese e pedogênese em ambientes tropicais vinculado à teoria bio-resistística (ERHART, 1966), a saber: *meios estáveis*, nos quais a pedogênese suplanta a morfogênese; *meios intergrades*, caracterizados por um equilíbrio entre morfogênese e pedogênese; e *meios fortemente instáveis*, onde os processos morfogenéticos se dão em maior intensidade que a formação e evolução da cobertura pedológica. Os produtos finais são cartográficos, expressos pelas cartas ecodinâmicas, que representam diversas características dos ecótopos que influem na organização de determinado meio natural e em diversos aspectos de sua dinâmica, e, como as cartas geomorfológicas, hidromorfológicas e pedológicas, não se prestam como documentos de aplicação direta, mas se encarregam de fornecer, tal como as demais cartas citadas, as informações de base a respeito do funcionamento dos ecossistemas (TRICART, 1978).

As unidades morfodinâmicas foram obtidas a partir do cruzamento de informações referentes ao relevo, considerando aspectos fisiográficos (padrão de forma) e morfométricos (declividade), uso do solo e cobertura vegetal, cobertura pedológica e densidade de drenagem. Para cada elemento da paisagem foi atribuído um número de 1 a 5 de acordo com sua

significância morfogenética, isto é, quanto maior a significância geomórfica, maior o valor atribuído. Estes números foram conferidos a áreas previamente definidas segundo o padrão de uso e ocupação (mata, agricultura, solo exposto, pastagem, zona urbana pavimentada), variável esta na qual foram lançados os demais números, posteriormente associados através de soma para mensurar o grau de instabilidade vigente. O primeiro elemento a receber numeração, tido como mais importante para este estudo foi a cobertura vegetal (de acordo com sua capacidade de interceptação das águas pluviais), seguida pelos solos de acordo com sua erodibilidade, pelo relevo (conforme o padrão de formas e o declive das vertentes) e a densidade de drenagem, que relaciona a soma do comprimento dos cursos d'água ocorrentes com a área da unidade de análise (CHRISTOFOLETTI, 1970).

Para a espacialização da densidade de drenagem foi transposta na base cartográfica, após enriquecimento da drenagem, uma cobertura de células quadráticas com área correspondente a 1 km<sup>2</sup>, sendo o valor resultante da soma do comprimento dos cursos d'água dentro de cada célula dividido por sua área. Os valores obtidos foram plotados no centro da célula e unidos por interpolação linear.

A obtenção dos valores de declividade seguiu os procedimentos propostos por De Biasi (1992) associados às complementações de Sanchez (1993), e a carta geomorfológica representativa dos padrões de formas se orientou na metodologia proposta por Ross (1992). A numeração atribuída ao relevo foi orientada por uma avaliação qualitativa que se deu mediante a sobreposição dos dois atributos anteriores.

A atribuição de valores para os solos levou em conta sua erodibilidade (K) intrínseca, conforme prevê a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), não sendo calculados os valores para os solos hidromórficos, cujo confinamento em espaços restritos nos fundos de vale inviabiliza seu mapeamento na escala trabalhada. Os valores foram obtidos com a aplicação da fórmula proposta por Wishmeier e Smith (1978):

$$K = 2,8 \cdot 10^{-7} \cdot M^{1,14} (12 - a) + 4,3 \cdot 10^{-3} (b - 2) + 3,3 \cdot 10^{-3} (c - 3)$$

Onde:

M = (% silte + % de areia muito fina) . (100 - % de argila);

a = % de matéria orgânica;

b = código da estrutura do solo (adimensional);

c = classe de permeabilidade do perfil do solo.

Os parâmetros relacionados ao tamanho das partículas (M) e a porcentagem de matéria orgânica (a) foram obtidos em Oliveira *et al.* (1979). As descrições dos perfis correspondentes foram analisadas considerando os valores referentes ao horizonte A, onde mais se acumula a matéria orgânica humificada e que fica exposto diretamente aos agentes de alteração. A nomenclatura dada às classes de solos baseou-se na classificação (EMBRAPA, 1999; OLIVEIRA, 1999).

Os parâmetros b e c, referentes à estrutura e permeabilidade do solo, foram arbitrados segundo os valores expressos a seguir:

b – estrutura do solo:

Granular muito fina: 1

Granular fina: 2

Média a granular: 3

Em blocos: 4

c – permeabilidade do solo:

Rápida: 1

Moderada a rápida: 2

Moderada: 3

Lenta à moderada: 4

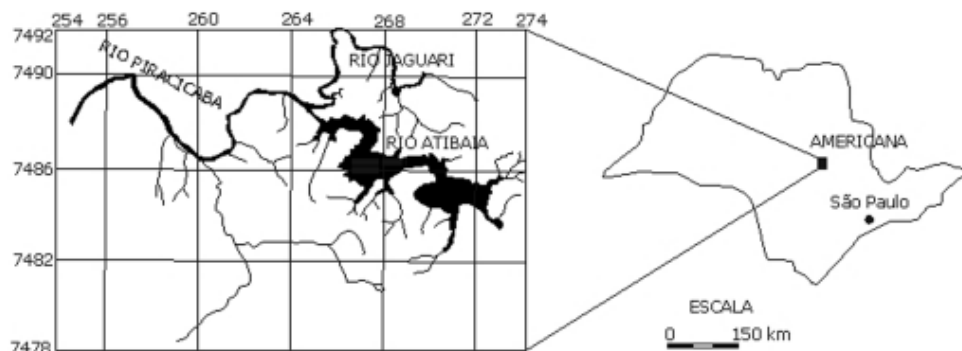
Lenta: 5

Muito lenta: 6

Os materiais cartográficos utilizados se referem às folhas topográficas SF-23-Y-A-V-1 (Limeira) e SF-23-Y-A-V-2 (Cosmópolis) na escala 1/50000, e às folhas SF-23-Y-A-V-1-SE-D (Americana I) e SF-23-Y-A-V-1-SE-F (Americana III), em escala 1/10.000. Também foram utilizadas cartas geológicas em escala 1/50.000 elaboradas em ação conjunta entre UNESP e DAEE sob a coordenação de Landim (1985).

## A ÁREA DE ESTUDO

O território do município de Americana inscreve-se na bacia do Piracicaba (Figura 1), rio que se forma em terras americanenses por meio da confluência entre os rios Jaguari e Atibaia.



**Figura 1 - Localização do município de Americana (área de estudo hachurada)**

O setor focado do município de Americana é litologicamente composto pelos sedimentos permocarboníferos glaciais predominantemente continentais com ingressões marinhas do Grupo Itararé. A ocorrência mais conspícua na área é de arenitos, siltitos e lamitos, podendo ser diferenciadas duas unidades faciológicas: uma delas marcada por estratificação fina plano-paralela que aparece pela margem esquerda do rio Atibaia, e outra caracterizada por ocorrência de arenitos de coloração amarelada dispostos em aspecto maciço subjacentes a depósitos quaternários inconsolidados que afloram pela margem direita do mesmo rio. O pacote sedimentar é cortado por *sill* de diabásio de idade cretácea da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) que provoca arqueamento dos sedimentos e controla por falhamento de orientação SSW-NNE, o curso do rio Jaguari no local, bem como sua confluência com o rio Atibaia, dando margem a ressaltos topográficos tanto em um curso d'água como no outro, com aproveitamento hidrelétrico no rio Atibaia (represa Salto Grande).

Do ponto de vista geomorfológico a área de estudo se localiza na Depressão Periférica Paulista, resultante de circundenação anteplanáltica, posicionada em partes setentrionais da bacia sedimentar do Paraná. Em toda a área abrangida pela pesquisa o padrão do relevo é predominantemente de colinas amplas e médias com topos extensos e vertentes convexiformes, conjunto este que constitui modelado de aplainamento de idade plio-pleistocênica, correspondendo à Superfície Velhas (KING, 1956), e que é truncado por níveis erosivos do Quaternário tardio ocorrentes nos fundos de vale. A drenagem da área obedece a um padrão predominantemente dendrítico, com densidade marcadamente baixa.

Lima (1997) identificou para o município de Americana a ocorrência de Latossolo Vermelho Amarelo nos topos das colinas e Argissolo Vermelho Amarelo em meia encosta, em setores de maior dissecação, sendo que os solos hidromórficos e aluviais ocupam os fundos de vale. Além destes níveis categóricos, também ocorre Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Vermelho Férrico e Nitossolo Vermelho, os dois últimos mantendo vínculo genético com as rochas máficas ocorrentes na área.

A vegetação original da área é a mata latifoliada, atualmente identificada em reduzidos fragmentos conectados ao rio Jaguari, com predomínio absoluto, nos dias de hoje, de agrossistemas (cana-de-açúcar). A mata ciliar medra de maneira contínua nas beiradas do rio Jaguari e se encontra vastamente alterada nas margens do rio Atibaia, onde a inundação imposta pelo represamento escamoteou o leito do rio. Estes setores se encontram atualmente atapetados por gramíneas e a ausência da mata é registrada em consideráveis extensões. A degradação da mata ciliar também é significativa numa série de afluentes dos grandes coletores, tanto os alojados nos canaviais como aqueles que dissecam a área urbana.

O clima vigente é do tipo tropical subúmido, com chuvas concentradas no verão e invernos relativamente frios e secos.

## MORFODINÂMICA

O trabalho empreendido sobre os parâmetros avaliados permitiu a categorização das seguintes classes segundo o grau de instabilidade morfodinâmica: *meios estáveis*, *meios de instabilidade emergente*, *meios medianamente instáveis* e *meios fortemente instáveis* (Quadro 1). As áreas urbanizadas foram consideradas aqui como zonas especiais de estabilidade antrópica, onde a pavimentação impede que os processos morfogenéticos e pedogenéticos sejam balanceados conforme sua preponderância na evolução da paisagem.

**Quadro 1 - Classes de instabilidade segundo sua valoração**

VALORAÇÃO	CLASSES DE INSTABILIDADE
<4	Meios estáveis
5 - 7	Meios de instabilidade emergente
8 - 10	Meios medianamente instáveis
> 10	Meios fortemente instáveis

Conforme exposto, estes valores foram atribuídos para as variáveis uso do solo e cobertura vegetal, susceptibilidade à erosão dos solos, forma e declividade do relevo e densidade de drenagem. Apresentamos na seqüência o agrupamento das informações

levantadas e suas respectivas valorações (quadros 2, 3, 4 e 5) acompanhado da carta de fragilidade morfodinâmica (Figura 2):

**Quadro 2 - Uso do solo e cobertura vegetal e suas características morfodinâmicas**

<b>PADRÃO DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL</b>	<b>INTERCEPTAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS</b>	<b>VALOR ATRIBUÍDO</b>
Mata	Alta	1
Área de mata degradada	Média	2
Cana-de-açúcar	Média	2
Pasto sujo	Baixa	3
Pasto limpo	Muito baixa	4

**Quadro 3 - Tipos de solo e suas propriedades morfodinâmicas**

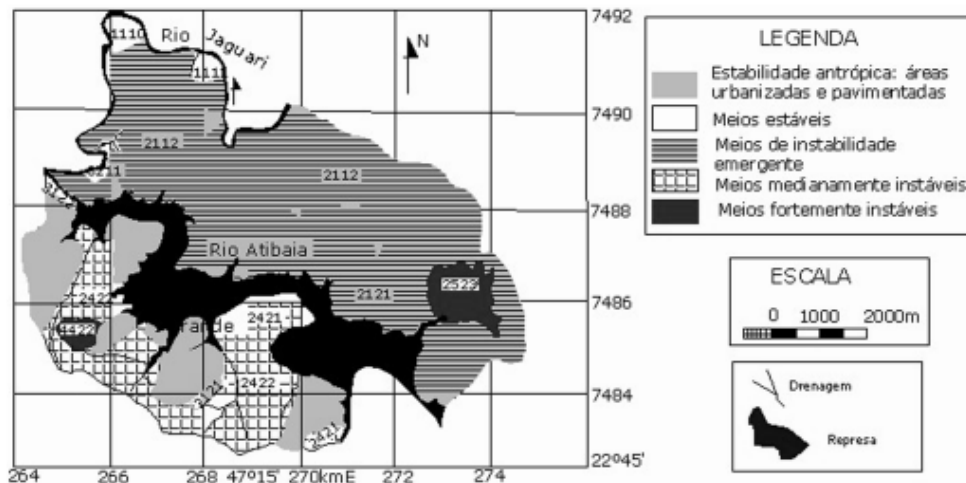
<b>TIPOS DE SOLO</b>	<b>SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO</b>	<b>VALOR DE K ENCONTRADO</b>	<b>VALOR ATRIBUÍDO</b>
Latossolo Vermelho-Amarelo	Baixa	0,015	1
Latossolo Vermelho-Escuro	Baixa	0,012	1
Latossolo Vermelho Férrico	Baixa	0,011	1
Nitossolo Vermelho	Baixa	0,015	1
Argissolo Vermelho-Amarelo	Média a alta	0,045	4
Neossolo litólico	Alta	0,062	5

**Quadro 4 - Características do relevo**

<b>TIPO DE RELEVO</b>	<b>DECLIVIDADES PREDOMINANTES</b>	<b>LITOLOGIA ASSOCIADA</b>	<b>VALOR ATRIBUÍDO</b>
Colinas amplas	2-6%	Siltitos/ arenitos/ diabásio	1
Colinas médias e pequenas	6-12%	Lamitos/ diabásio	2
Colinas amplas e médias	6-12%/ trechos superiores a 30%	Lamitos/ arenitos/ coberturas arenosas e depósitos grosseiros	2
Colinas médias	6-12%	Arenitos/ coberturas arenosas/ diabásio	2
Baixadas deposicionais	2-6%	Materiais inconsolidados	1

**Quadro 5 - Classes de densidade de drenagem**

<b>DENSIDADE DE DRENAGEM</b>	<b>MAGNITUDE</b>	<b>VALOR ATRIBUÍDO</b>
< 0,5 km/km <sup>2</sup>	Muito baixa	0
0,5 - 2,0 km/km <sup>2</sup>	Baixa	1
2,0 - 3,5 km/km <sup>2</sup>	Moderada	2
> 3,5 km/km <sup>2</sup>	Média	3



**Figura 2 - Classes de fragilidade morfodinâmica no sistema Atibaia-Jaguari, Americana, SP**

### *Meios estáveis*

Correspondem a um reduzido espaço coberto pela mata latifoliada que se prolonga encosta acima além do relevo relacionado à drenagem do rio Jaguari, correspondente a apenas 1,12% do total da área. O setor é caracterizado por declividades baixas, que não atingem a ordem de 6%. A presença da vegetação exerce significativo efeito de interceptação da chuva em diferentes andares, desde o nível da parte aérea, nas folhas e nas copas, até o nível do solo, coberto por uma camada de serrapilheira protetora que atenua a energia das gotas de chuva. A interceptação também ocorre no sub-bosque, onde ocorre marcante vegetação arbustiva, cuja presença também auxilia de maneira decisiva a difusão do escoamento superficial. As declividades baixas asseguram um consistente processo de infiltração e aprofundamento da frente de intemperismo químico.

O manto de alteração é coberto de matéria orgânica e a ação do sistema radicular da vegetação exerce forte amarração nas coberturas pedológicas com os quais esse ambiente está relacionado, que correspondem a solos hidromórficos não-diferenciados na baixada fluvial e Argissolo Vermelho Amarelo fase argilosa nas áreas situadas além da influência da drenagem, aparecendo Latossolo Vermelho Férrico à medida que o diabásio passa a compor o substrato.

A ação erosiva mais corrente é a *splash erosion*, efetivada com o impacto das gotas de chuva na superfície que provoca desagregação e remoção de partículas do solo. Bertoni e Lombardi Neto (2005) lembram ainda que gotas de chuva retidas pelas árvores podem se unir a outras gotas, aumentando seu diâmetro e velocidade de queda, e, a reboque, a energia cinética da gota ao golpear o solo também é mais elevada.

Da mesma maneira que a preservação da mata ciliar é fundamental para a manutenção da qualidade das águas, para evitar o assoreamento do canal e para garantir o fluxo gênico da biota animal, a manutenção de fragmentos de mata remanescentes que se prolongam das margens fluviais é de importância mister, uma vez que a conexão com as florestas beiradeiras permite a migração e evita a depressão endogâmica. Nesse caso, serve de residência para uma série de populações de pequenos e médios mamíferos passí-



veis de manutenção em pequenas áreas, entre eles o tatu-galinha (*Dasytus novemcintus*), o coelho brasileiro ou tapiti (*Sylvilagus brasiliensis*), o furão-pequeno (*Galictis cuja*), o mão-pelada (*Procyon cancrivorus*) o ouriço-cacheiro (*Coendou vilosus*), o serelepe (*Guerlingretus ingrami*) e outros. Além de concentrarem populações mais numerosas e uma biodiversidade diferenciada dos padrões da área, estes fragmentos também abrigam maior número de espécies da flora para dispersarem, a partir dos ambientes preservados, suas sementes e propágulos. Nesse caso, a importância reside na sua conexão direta com a zona ripária em 2 km de borda. Ainda assim, embora apresente exploração biológica diferenciada, o tamanho do fragmento não dá conta por si da manutenção de populações das espécies mais raras que foram encontradas na área, notadamente carnívoros de médio porte como o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) e o gato-do-mato (*Leopardus wedli*).

### *Meios de instabilidade emergente*

São os meios morfodinâmicos de maior expressão areolar (40% da área total). Estende-se pela maior parte das áreas submetidas ao cultivo da cana-de-açúcar. Com capacidade de interceptação deficiente, a cultura da cana permite uma maior incidência das águas pluviais, que atingem a superfície com maior força, e o escoamento superficial é mais eficiente nos intervalos entre uma linha de cultivo e outra.

Este amplo setor é marcado pela erosão laminar predominando como agente geomórfico, manifestação erosiva muito comum em áreas agrícolas e fator determinante na fisiologia da paisagem das depressões colinosas cobertas por canaviais da bacia do Piracicaba. As águas de escoamento superficial transitam pelos espaços não plantados dos canaviais, entre as linhas de cultivo e os próprios pés, e também pelas estradas existentes no canal, carregando camadas superficiais de solo que inexoravelmente se depositam nas partes mais baixas e nos talvegues dos canais fluviais que dissecam este meio, tido como de densidade de drenagem baixa a muito baixa. Vários sítios preferenciais de deposição são verificados ao longo dos canaviais, atestando a forte morfodinâmica que marca os processos de retirada, transporte e deposição de materiais, sendo a perda de solo significativa e de fácil apreciação qualitativa.

### *Meios medianamente instáveis*

São áreas de relevo padronizado por colinas médias com densidade de drenagem baixa a moderada e ocupadas por pastagem ou mata latifoliada degradada que respondem por 16% da área total. Essa classe também aparece diferenciada em meio ao domínio do setor padronizado em *meios de instabilidade emergente* em função da retirada da mata-ciliar de afluentes do rio Jaguari, o que resultou em acentuada morfodinâmica marginal e modificação na geometria do canal. A cana-de-açúcar avança até as margens e, na ausência do efeito de barreira que as vegetações ripárias exercem sobre os sedimentos transportados pelo escoamento superficial, o canal fluvial se encontra excessivamente assoreado por acentuada carga de fundo, com formação de diques marginais e bancos de areia situados na parte central do talvegue.

Essa mesma classe também ocorre encravada em zona urbanizada numa área de mananciais cujos canais formadores deságuam na represa Salto Grande. A drenagem apresenta encaixamento maior e as declividades ultrapassam a ordem de 30% em alguns pontos onde a ocupação residencial foi restringida. A cobertura vegetal protetora se encontra em estágio significativo de degradação, o que favorece a instalação de processos morfogenéticos expressos pela retirada de solo e assoreamento das drenagens receptoras. Em setores menos íngremes vizinhos à área urbanizada, a formação de sulcos e valas

durante as chuvas vêm sendo um processo recorrente que tem demandado constante reparo e que pode evoluir, por coalescência futura, para ravinamentos mais pronunciados. A cobertura pedológica associada ao processo se constitui por Argissolo Vermelho Amarelo de textura arenosa, cujo substrato corresponde a arenitos do Grupo Itararé, sendo consideravelmente susceptível à erosão em seu horizonte A arenoso, o que pode trazer incômodos futuros para a organização do espaço urbano no local, dada a plena interação existente e a elevada suscetibilidade erosiva desse solo.

Algumas áreas de pastagem também podem ser enquadradas na classe em questão, onde são verificados processos morfogenéticos decorrentes do pisoteamento imposto pelo gado, responsável pela formação de terracetes nos caminhos de passagem preferencial, onde o material pedológico passa a ser retirado pela circulação constante dos animais. Nestes setores ocorrem erosões em ravinas que evoluem de maneira rápida, com destaque para uma imensa cratera de 7 metros de profundidade, 20 metros de largura e 30 metros de comprimento que se instalou nas margens do rio Atibaia em decorrência do escoamento concentrado a céu-aberto de esgoto doméstico. Ao invés de optar pela condução dos efluentes por encanamento subterrâneo para um canal já existente encarregado de desempenhar tal função, e que inclusive passa por pequena estação de tratamento, foi privilegiado um sistema risível e rudimentar que resultou na eliminação da vegetação ciliar da área de preservação permanente (por conta da abertura da cratera) e em assoreamento do rio Atibaia nesse ponto, interferindo em sua organização erosiva. É necessário o desvio imediato para o canal correto, tendo a cratera sido aterrada posteriormente, somando ao impacto ambiental o dispêndio de recursos públicos mobilizados graças à negligência dos órgãos competentes.

As terras adequadas a esta categoria são as que merecem as maiores atenções do poder público. Dos meios morfodinâmicos apontados este é o segundo em termos de extensão. No entanto, é aquele que estabelece maior conectividade com a área urbana, aparecendo quase sempre nas adjacências do tecido urbano ou como enclaves em setores de franca expansão e consolidação da urbanização. A instalação de processos erosivos acelerados nessas áreas tende a representar adversidade para o cotidiano dos cidadãos e afetar as terras tanto em seu uso atual como em perspectivas futuras de utilização do espaço.

### *Meios fortemente instáveis*

Tais meios aparecem na condição de enclaves em setores ocupados por pastagem semi-intensiva e marcados por ravinas colonizadas em franca evolução para voçorocas, e que somam 8% da área total (a área ocupada pela represa e pela malha urbana totaliza 38,18% do total). Em meio a esse quadro é também verificada uma manifestação erosiva com significativas medidas: 65 metros de largura, 35 metros de comprimento e 1,5 metros de desenvolvimento vertical.

Na base desta vertente convexa de declividades modestas, compreendidas entre 6 e 12%, atapetadas por gramíneas em Argissolo Vermelho Amarelo, foi construído um açude por obra dos proprietários. A modificação do nível de base local vem provocando uma rápida reativação de cabeceiras, aumentando a erosão remontante e ravinando densamente a encosta. Instalou-se um fluxo d'água perene (recentemente desviado) que atuou como o maior responsável para o desenvolvimento da erosão maior, o que se deu acompanhado de um parcial aterro do foco erosivo com o fim de conter seu desenvolvimento.

Atualmente esta área tem uso definido, o urbano. Algumas ravinas passaram por processo rápido de contenção por aterramento, sendo separadas por cercas de ravinamentos que não foram submetidos à recuperação imediata; a direção dos arruamentos

já marca a paisagem, passando por cima das ravinas nitidamente ativas e que foram aterradas, medida que pode não ser capaz de conter seu desenvolvimento. Sendo assim, entendemos que o projeto deve se embasar em minuciosos estudos geotécnicos e, conforme o laudo, ser passível de embargo. Desperta atenção, diante disso, a intensa dinâmica de ocupação que marca esta região do estado de São Paulo, onde a mudança na paisagem é constante devido a reorientações tão bruscas nas funções dadas ao solo e aos incrementos provindos da instalação de novas infra-estruturas, que atuam decisivamente na funcionalidade do espaço.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do meio físico pautado numa concepção sistêmica tem interesse declarado pela dinâmica da paisagem, esforçando-se por entender a morfologia em face aos fluxos de matéria e energia operantes e considerando ainda o controle antrópico exercido no sistema; contempla assim as inter-relações entre os atributos físicos sem se desapegar incondicionalmente do caráter antropocêntrico da Geografia.

A abordagem ecodinâmica vem sendo vastamente adotada como pressuposto teórico-metodológico para estudos ambientais, com destaque para aqueles situados no âmbito da Geomorfologia. Entre os diversos modelos de evolução da paisagem, este tem se demonstrado bastante eficiente na averiguação empírica da dinâmica das paisagens fortemente antropizadas do domínio tropical atlântico. Em larga medida, a exploração agropecuária e a ocupação urbana em descompasso com os condicionantes geomorfológicos catalisam a evolução destes meios, conferindo-lhes uma morfogênese muitas vezes acelerada que necessita de apreciação imediata, a que se presta a carta-síntese parida pelo sistema metodológico adotado.

A aplicação da estratégia metodológica baseada na abordagem sistêmica da ecodinâmica foi bastante factível na investigação da dinâmica da paisagem em toda a zona de influência dos rios Atibaia e Jaguari no município de Americana, permitindo uma avaliação dos impactos ambientais vigentes na área mediante um equacionamento entre os atributos naturais e a intervenção humana, sendo que os procedimentos adotados para o estabelecimento das classes, calcado nos sistema de valoração que foi apresentado, encontraram consonância com as campanhas realizadas em campo. Esse recurso metodológico se mostrou também bastante maleável para adaptações, e a interação com elementos da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), cuja aplicação também é bastante difundida no meio tropical, além de ter se afirmado como procedimento de grande valia, é exemplo da ampla coleção de possibilidades de integrações metodológicas a que os estudos geomorfológicos se abrem.

A restrição a ser assinalada fica por conta da própria área de estudo, e se refere à dinâmica espacial que se verifica na bacia do Piracicaba e, sobretudo, na RMC, onde a paisagem se transforma rápida e intensivamente por conta das reorientações no uso do solo comandadas principalmente pela expansão da malha urbana, o que impõe uma relativa perecibilidade para as cartas ecodinâmicas, uma vez que a paisagem será impreterivelmente modificada, e, em tempo demasiadamente reduzido, determinado espaço poderia eventualmente ser adequado a uma classe não condizente com aquela mapeada.

Assim, uma área problemática do ponto de vista da estabilidade do terreno, por exemplo, pode sofrer mudança abrupta em sua morfodinâmica por inserção de técnicas para estabilização e breve ocupação, quadro comum na RMC. Em áreas como esta de alta concentração populacional e industrial onde a paisagem se modifica de maneira rápida e crescente, é necessário investimento para edição sistemática de cartas ecodinâmicas ou

pelo menos atualizações periódicas a serem feitas conforme a dinâmica de transformação do espaço. Dessa forma, permite estudos comparativos e análises históricas de valor sobre a dinâmica espacial. De outro jeito, tal como as cartas simples de uso do solo, perdem importância à medida que passarem a espacializar uma realidade que já foi alterada ou amplamente modificada pelo Homem.

## REFERÊNCIAS

- BERRÍOS, M. R. **Degradação Ambiental na Bacia do Piracicaba**. Tese (Doutorado em Geografia), São Paulo, 1993. FFLCH, USP.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 5º ed. 2005. 355p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica das bacias hidrográficas do Planalto de Poços de Caldas (MG)**. Tese (Livre Docência). Rio Claro, 1970, 215p. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- COELHO, M. P. **Análise do processo de assoreamento do reservatório de Americana – SP**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Rio Claro, 1993. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n. 6, p. 45-61, 1992.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informações; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. CETESB. v. 2, 2001.
- HOGAN, D. *et al.* Conflitos entre crescimento populacional e uso dos recursos ambientais em bacias hidrográficas do estado de São Paulo. In: TORRES, H.; COSTA, H. (Org.) **População e meio ambiente: debates e desafios**. São Paulo: ed. SENAC São Paulo, 2000. 351p.
- LANDIM, P. M. B. (coord.) **Mapeamento faciológico do Supergrupo Tubarão**. UNESP/DAEE, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 1985.
- LIMA, R. H. C. **Configuração Geológico-Geotécnica da Região de Americana – SP, Utilizando Sondagens à Percussão Simples de Reconhecimento** Dissertação (mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Rio Claro, 1997, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- MARQUES NETO, R. **Avaliação ambiental no sistema Atibaia-Jaguari em Americana (SP) no escopo da Geografia Física global**. Especialização *latu sensu* em Geografia Física do Brasil. Rio Claro, 2005. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- OLIVEIRA, J. B. **Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 112p.
- OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. F.; ROTTA, C. L. **Levantamento pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo** (Quadrícula de Campinas). Rio de Janeiro. SUPREN, 1979. 169p.
- PROCHNOW, M. C. R. **Análise Ambiental da Subacia do Piracicaba: Subsídios ao seu Planejamento e Manejo**. Tese (Doutorado em Geografia). Rio Claro, 1990, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n. 6, 1992.

\_\_\_\_\_. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977.

\_\_\_\_\_. **Géomorphologie Applicable**. Masson: Paris, 1978. 204p.

TRICART, J.; KIEWIETDEJONGE, C. - **Ecogeography and Rural Management**. New York: Longman Scientific & Technical, 1992.

TROPMAIR, H.; PROCHNOW, M. C. R. Considerações sobre a Poluição Hídrica no Quadrilátero do Açúcar (SP). **Biogeografia**, São Paulo, n. 11, 1975.

WISCHMEIER, W. H. SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide planning**. Washington, D. C. USA, 1978.

Recebido em janeiro de 2008

Revisado em maio de 2008

Aceito em agosto de 2008