

# **EVOLUÇÃO DA PAISAGEM NO EXTREMO SUDOESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Luzia Aparecida Joinhas, UNESP. luziaaj@rc.unesp.br  
Jairo Roberto Jimenez-Rueda, UNESP.

## **1 INTRODUÇÃO**

### Considerações Iniciais

A associação entre a natureza do registro sedimentar e a dinâmica da evolução da paisagem, constituem as bases para a reconstituição dos períodos de estabilidade e instabilidade ambiental, tratando-se, portanto, de premissa básica para a fundamentação Geomorfológica. As relações forma-sedimento-solo se reproduzem em diferentes escalas, desde as primeiras ordens da rede de drenagem (cabeceras de drenagem dentro de anfiteatro) até os sistemas fluviais regionais, permitindo a elaboração de mapas em diversos níveis de abordagem. As investigações sobre a evolução da paisagem de regiões, além dos progressos que podem trazer para os campos da Geomorfologia e da Geologia, constituem importantes subsídios para os estudos ambientais.

Classicamente, as investigações geomorfológicas têm privilegiado a atuação dos processos morfoclimáticos, atuais e pretéritos, na modelagem do relevo. Estudos recentes, realizados em todo o país, no campo da tectônica moderna, mostram que existem além dos aspectos morfoclimáticos, também formas ou paisagens resultantes de outros fenômenos, como os morfotectônicos, morfoestruturais e / ou a interação destes.

Esses estudos voltados para a temática neotectônica têm sido realizados em várias regiões do Território Brasileiro, onde podemos destacar os trabalhos desenvolvidos na Região Amazônica (Bemerguy, 1997), na região Centro-Oeste (Oka Fiori, 2002) e Sudoeste do Brasil - ao longo do Sul de Minas Gerais (Ferreira, 2001), Triângulo Mineiro, parte do Estado do Rio de Janeiro (Gontijo, 1999), Serra do Mar, Mantiqueira (Santos, 1999), Planalto de Campos do Jordão (Neves 1999), (Silva, 1997), (Bistrichi, 2001), (Faccincani, 2000) entre outros. No Extremo Sudoeste do Estado de São Paulo existem alguns trabalhos que foram desenvolvidos direcionados para a temática da tectônica, mas não abordando esta relação entre morfotectônica e evolução da paisagem.

Portanto o trabalho tem a proposta de contribuir para o entendimento da evolução da paisagem local, relacionando processos climáticos (exógenos) e tectônicos (endógenos).

Deste modo, a caracterização e o mapeamento dos diferentes depósitos quaternários pode orientar o estudo racional dos recursos naturais, como áreas de exploração de areia e argila; a expansão urbana, através da ocupação ordenada das encostas e terraços fluviais; a definição do traçado e/ou o desenvolvimento de arsenais técnicos mais adequados à instalação de obras de engenharia de grande porte - tais como estradas, dutos, linhas de transmissão, entre outros; por fim, a reavaliação de práticas de manejo agrícola dos solos e a determinação das áreas potenciais para fins agropecuários.

## **2 OBJETIVOS**

Este trabalho foi elaborado com a perspectiva de procurar contribuir para o entendimento de parte da província geomorfológica que marca o Extremo Sudoeste do Estado de São Paulo.

Buscou-se:

- Caracterizar os aspectos do relevo e da drenagem (para o entendimento da evolução fisiográfica da área),
- relacionar os elementos ecodinâmicos que vêm atuando, ou atuaram em épocas pretéritas, como modeladores das formas de relevo e,
- definir e relacionar os horizontes = Volumes de Alteração Intempérica (VAI), diagnósticos da classificação de solos como registros das interações ecodinâmicas.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

A revisão teve como objetivo principal coletar dados e informações sobre a área de pesquisa e temas afins.

Essa etapa compreendeu o levantamento de informações geológicas disponíveis sobre a região de estudo, assim como a realização de pesquisa bibliográfica temática.

Procedeu-se ainda uma aquisição de materiais que pudessem dar suporte ao levantamento geológico, geomorfológico, pedológico e climático da região.

A elaboração das cartas básicas constituiu a confecção dos mapas geológico, geomorfológico, pedológico e dos clinogramas (dados climáticos), que foram compilados de trabalhos anteriores, todos na escala 1:250.000. A carta de drenagem foi confeccionada a partir das ordens extraídas de imagens de Satélite Landsat. Foram representados os canais principais e os canais de 1ª e de 2ª ordem. A carta de Lineamentos de Drenagem e Traços de Fraturas foi confeccionada com base no mapa de drenagem, o que facilitou a compreensão, identificação e mapeamento, por meio de imagens de sensores remotos (escala 1:250.000), das feições geomorfológicas indicativas de movimentação tectônicas, conforme descrevem Doorkomp (1986) e Stewart e Hancock (1994). A análise da rede de drenagem compreendeu o estudo dos lineamentos extraídos, da carta base e imagens de sensores remotos e das análises dos padrões de drenagem. A partir do mapa de drenagem foram traçados os segmentos retilíneos das drenagens, conforme Hasui (2000), para a confecção de um mapa de lineamentos de drenagem nessa mesma escala. Os padrões de drenagem foram classificados segundo Howard (1967). As anomalias de drenagens observadas foram discutidas segundo os tratados de Ouchi (1985), Shumm (1986) e Phillips & Shumm (1987), referentes às modificações de segmentos de canais por efeitos tectônicos.

O estudo climático baseou-se na análise de clinogramas para a verificação de comportamento e evolução bioclimática / biofísica dos ecossistemas ali presentes. A coleta de dados de precipitação e evapotranspiração dos últimos 32 anos foi realizada na Estação Meteorológica da Unesp de Presidente Prudente.

Para a realização da análise dos lineamentos, utilizamos a carta topográfica 1:250.000 (Presidente Prudente) e, ainda, imagens de sensores remotos (Landsat TM, 222-76, 24/09/97, bandas 3,4,5; 222-75, bandas 3, 4, 5; 223-76, 20/07/93, bandas 3, 4, 5; 221-75, 20/04/98, bandas 3,4,5, todas em escala 1:250:000). Foram extraídos os lineamentos de drenagem (incluindo os canais de 1ª e 2ª ordem) para uma melhor observação com relação

ao comportamento da rede de drenagem. Os lineamentos extraídos de cada produto foram digitalizados no *Software* Autocad e apresentados na escala 1:250.000. Foram ainda confeccionados diagramas de rosetas de frequência acumulativa e de comprimento desses lineamentos.

A etapa de campo compreendeu o reconhecimento geológico das unidades da Bacia do Paraná, presentes na área somente em nível de reconhecimento. Houve ainda a coleta de dados estruturais e a identificação de unidades pedogenéticas nos perfis que foram levantados. Essas informações foram sistematizadas gerando um nível de reconhecimento para as formações que compõem a estratigrafia da Bacia do Paraná, retificando as informações pré-existentes da base geológica utilizada (Fernandes, 1998). Foi realizada a caracterização dos horizontes diagnósticos do solo, por meio do estudo dos Volumes de Alteração Intempérica (VAI).

Com a integração dos dados procurou – se uma abordagem multidisciplinar, pois dessa maneira todos os condicionantes seriam abordados na discussão final. A análise fisiográfica se fez mediante a interpretação das feições manifestas nas imagens dos elementos do relevo, hidrografia, vegetação, instalações urbanas e respostas espectrais destes, seguindo as etapas de fotointerpretação de acordo com Goosen (1966), Villota (1991) e Lueder (1959).

As atividades finais consistiram na análise e integração dos dados e na discussão dos resultados. Obtendo-se dessa forma as conclusões e proposições sobre o trabalho e a área de estudos.

## **4 RESULTADOS**

### **Análise da Rede de Drenagem e Tectônica Moderna**

Nesta análise conjunta, foram encontradas algumas feições consideradas anômalas, com relação ao padrão, que para Shumm (1986) e Howard (1967), podem ter sido ocasionadas devido a movimentações tectônicas em períodos pretéritos e que ainda podem estar atuando.

Na área próxima ao Rio Paraná, onde a planície de inundação aluvial se apresenta com uma extensão considerável, com poucos canais de drenagem e uma topografia plana (cota em torno dos 250 m), uma mudança no padrão dendrítico simples para dendrítico com influência de radial anelar, dão indícios de que na área poderia ainda ter ocorrido uma captura, pois o Ribeirão do Amigo, sentido NW - SE, sofre uma mudança abrupta em seu curso, passando para E-W, estas modificações podem estar ocorrendo em função da movimentação que sofre a área, pois temos, o Alinhamento Três Lagoas e a Sutura Presidente Prudente.

Mais ao sul da área, nas proximidades do Rio Paranapanema, encontra-se o Morro do Diabo onde o curso do Ribeirão Bonito toma forma de anelar, contornando dessa maneira o entorno do Morro. Isso pode estar ocorrendo devido à reinstalação da rede de drenagem, em função a mudanças abruptas do tipo de padrão, permitindo assim supor movimentos de subsidência e ou soerguimento de acordo com Ouchi (1985) e Shumm (1986).

Já nas proximidades do Rio Paraná têm o Ribeirão das Pedras e o Córrego Água Sumida que apresentam uma leve influência de drenagem anelar, essa mudança pode estar sendo ocasionada devido a estruturas de falhas que atuam no local.

Na porção mais ao noroeste o Córrego do Arigó apresenta uma forma diferenciada (quase ortogonal) sendo possível verificar no mapa de lineamentos que no local existe um sistema de falhas e que este provavelmente seria o responsável por esta feição anômala.

O Córrego do Coqueiro também tem características de influência anelar, o mapa de lineamentos apresenta traços de fratura que condizem com a feição existente na área.

Na porção centro-norte da área, onde temos o Rio Santo Anastácio que possui padrão dendritico com influência de anelar é possível verificar que existe neste local influência de dois lineamentos de drenagem que estariam controlando a reorganização da mesma.

É possível observar no sentido noroeste, a existência de um alinhamento, onde podemos visualizar uma seqüência de curvas anômalas, nas áreas próximas ao Ribeirão Rebojo e Pirapozinho, localizados na parte central da área, estas possivelmente são controladas por estruturas nessa direção.

De acordo com Ouchi (1985) e Schumm (1986), as mudanças abruptas de um tipo a outro de canais estão associadas à variação do regime do gradiente do rio, por subsidência ou soerguimento, no qual o aumento da inclinação do vale pode causar meandramento, enquanto que a redução pode ocasionar a formação de canais retilíneos.

Foram encontradas lagoas nas proximidades da Usina de Porto Primavera, na margem mato-grossense do Rio Paraná, neste caso é possível que estas tenham sido remanescentes de uma provável planície de inundação do sistema. A migração deste rio para oeste em períodos passados deu-se no Estado de São Paulo através de um sistema *horst e grabén*, Ferreira (1997) afirma que a evolução do sistema fluvial do Rio Paraná é complexa, a autora coloca que o mesmo vem sofrendo um deslocamento em direção a sua margem esquerda, fenômeno que ocorreu provavelmente no final do Pleistoceno, sob condições climáticas áridas, aluviando dessa forma a margem direita, construindo assim uma ampla planície de inundação no lado mato-grossense.

As seguidas variações climáticas, alternando períodos secos e úmidos, teriam gerado a deposição de sedimentos seguido de entalhamento do vale, isso ocorreu de maneira sucessiva, gerando áreas propícias para a instalação dessas lagoas.

Existe ainda a formação de terraços as margens dos rios Paraná e Paranapanema, que foram ocasionados devido a mudanças tectônicas como as responsáveis pela modificação no nível de base (soerguimento ou abatimento epirogenético), influenciados principalmente pelas NW-SE, E-W, e ainda NNW, N-S.

Conforme descreveu Stevaux (1993), uma característica muito comum no curso superior do Rio Paraná é o desenvolvimento de ampla planície de inundação (variando de 4 Km de largura) quase que exclusivamente na sua margem direita, sendo que as porções mais estreitas coincidem com pontos de estrangulamento (“node points”) do padrão multicanal. Ainda segundo esse mesmo autor, as planícies abrem-se em forma triangular nas desembocaduras dos principais tributários de sua margem direita onde atingem até 30 Km de extensão. Ainda na margem direita, ocorre uma série de terraços e leques aluviais de vários tamanhos. Esse fato, somado a forte assimetria da seção transversal do canal, que se

desvia para sua margem esquerda, já foi atentado por Iriondo e Suguio (1981) e Iriondo (1988) como forte evidência de tectonismo. Iriondo (op.cit.) sugere que esse tectonismo gerado por blocos com basculamento ascendente (pequeno meio-grabén) teria controlado os alargamentos locais e terraceamento da planície aluvial do Rio Paraná.

Outros autores, como Justus (1985, 1990) consideram os fatores climáticos como responsáveis pela construção assimétrica da planície aluvial do Rio Paraná. Esses rios, com alta descarga sólida construíram verdadeiros deltas em suas desembocaduras, “empurrando” o Rio Paraná para a margem esquerda desenvolvendo as largas planícies da margem mato-grossense.

As mudanças climáticas que afetam a dinâmica do sistema fluvial, influenciando na descarga líquida ou na carga sedimentar do rio. Desta forma os terraços podem então ser formados por materiais relacionados à antiga planície de inundação.

Um terraço fluvial dessa forma representa uma resposta a mudanças climáticas e tectônicas, contribuindo para o entendimento da história evolutiva da área.

Esses processos erosivos associados à falhas podem fazer com que haja uma reimplantação da rede de drenagem no caso dos canais de 1ª e 2ª ordem.

No mapa de Lineamentos e Traços de Fratura, é possível verificar que a frequência e o comprimento acumulado de lineamentos e traços é predominante nas direções NW - SE, porém as direções N -S, NE - SW, E-W são mais discretas.

Foram extraídos os traços associados aos canais principais (alinhamentos de drenagens) e canais de 1ª e 2ª ordem para a elaboração do diagrama de roseta.

Na parte central da área de estudos, entre os Municípios de Mirante do Paranapanema e Pirapozinho, verifica-se uma diferença no nível topográfico, com cotas em torno dos 300m, que se diferenciam do entorno da área. A morfologia da drenagem é muito diversificada, esta varia de dendrítica a paralela, com influência de radial anelar, apresentando ainda algumas curvas que quebram a direção dos rios, compondo uma área totalmente diferenciada do restante. O controle estrutural está em várias direções NE-SW, N-S, E-W, com predominância de NW - SE, nos canais mais significativos. Mas se considerarmos os canais de 1ª e 2ª, que apresentam-se em direções diferenciadas, também NE-SW, NWN, N-S, E-W, mas com predominância de NW-SE, o que corresponde à área limite da Sutura Presidente Prudente, podendo ser a responsável por um sistema diferenciado, que está sendo falhado e movimentado sob a influência dessa estrutura.

Próximos aos Municípios de Presidente Prudente e Pirapozinho, onde as altitudes são maiores, em torno de 500m, a rede de drenagem classifica-se como dendrítica do padrão básico (Howard, 1967), sem influências. Nessa área predominam as direções N-S e E-W.

Em direção ao sudeste da área, nas proximidades do Rio Paranapanema, ocorre um certo paralelismo entre as drenagens de 1ª e 2ª ordem alinhadas no sentido E-W, demonstrando que estas estão sofrendo influências do controle estrutural do Rio Paranapanema, que por sua vez segue um contexto regional, que seria o Alinhamento Paranapanema / Grande, que está diretamente ligado ao Alinhamento Guapiara.

A Leste da área, nas proximidades dos municípios de Presidente Prudente (próximo à nascente do Rio Santo Anastácio), encontram-se indícios de vales comprimidos. Os canais de 1ª e 2ª ordem, estão predominantemente no sentido NNW - SSE, possivelmente influenciada pelo Alinhamento Guapiara.

Esse controle estrutural na direção noroeste (NW-SE) verificado na área permite uma relação direta com os trabalhos já realizados por Fúlfaro e Perinotto (1996), Fernandes (1998), Hasui et. al. (2000), Borges, (2000), Etchebehere (2000). Ocorre na região a quase interseção dessas feições estruturais, que seriam principalmente o Alinhamento Três Lagoas e a Sutura Presidente Prudente com direção nordeste (NE-SW), os alinhamentos Paranapanema e Grande com direção leste/oeste (E-W) e ainda feições estruturais menores que estariam controlando rios de grande a médio porte, dos quais podemos destacar as feições Tiête, Marília, Cuiabá Paulista, entre outros.

Essas modificações nos padrões são (ou influências de outros padrões) segundo Hasui et. al. (2000), evidências de uma reativação tectônica se instalando na área e controlando primeiramente as drenagens de 1ª e de 2ª ordem e ainda sobrepondo-se a controles anteriores, que atuaram desde o Plesitoceno/Holoceno.

Realizada a identificação e interpretação desses lineamentos de drenagens e das anomalias no padrão da rede procurou-se estabelecer critérios quanto aos aspectos fisiográficos, assimetria da drenagem, formação de terraços, paleolagoas, diques marginais, deslocamento do canal fluvial, entre outros, para a elaboração do mapa fisiográfico.

O mapa fisiográfico foi elaborado essencialmente mediante a interpretação de sensores, que seriam, imagens de satélite TM/LANDSAT, escala 1:250.000.

Segundo Bennema (1969, apud Villota, 1991), a fisiografia compreende o estudo e entendimento de todos os fenômenos que determinam a aparência e características de uma paisagem.

Para Goosen (1967), a fisiografia tem por objetivo descrever, classificar e correlacionar as paisagens terrestres, características de certos processos fisiográficos, de modo que aqueles possam conduzir ao reconhecimento do padrão de solos.

Segundo Villota (1991), a análise fisiográfica constitui-se num método moderno de interpretação de imagens da superfície terrestre, que se baseia na relação fisiografia-solo, assumindo de um lado o solo como um elemento da paisagem fisiográfica, e de outro, o ambiente geomorfológico determinado pelo relevo.

Segundo Jimenez-Rueda e Mattos (1992, 1993), as unidades fisiográficas permitem conhecer a dinâmica do meio físico, constituem um conjunto de fatores do lugar, os quais induzem processos formadores e evolutivos das formas de relevo. Por outro lado, estas formas de relevo constituem fatores determinantes a definição e caracterização das diversas paisagens.

A confecção do mapa se deu mediante a caracterização das formas, reconhecimento e deduções dos fenômenos, etapas de fotointerpretação propostas por Lueder (1959) e Gui Shaakman (1965 in Lueder 1959), que atuaram na evolução da paisagem atual. Com base nesta análise foi elaborada uma legenda fisiográfica com estrutura similar a proposta por Villota (1991), por adequar-se melhor a reorganização das formas resultantes deste tipo de evolução das paisagens, aluvial, coluvial e tectônica.

Foi realizada uma correlação entre as unidades fisiográficas estabelecidas e os solos que ocorrem na região segundo Oliveira et al. (1999), que será apresentada de maneira descritiva para cada unidade.

## REFERENCIAS

- BEMERGUY, R. L. **Morfotectônica e evolução paleogeográfica da região da calha do Rio Amazonas**. 1997. 201f. Tese (Doutorado). Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R.M.; SANTOS, G. F. **Estrutura e origem das paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: UFSC, 1994. v. 1, p. 80-107.
- BIRKELAND, P. W. **Soils and Goemorphology**. New York. 1984.
- BORGES, M. S. **Neotectônica, morfogênese e sedimentação moderna no Estado de São Paulo e regiões adjacente**. Rio Claro:: UNESP/IGCE/FAPESP, 2000, Relatório Final.
- BOTERO, P. J. **Fisiografia y Estudio de suelos**. Bogotá, Centro Interamericano de Fotointerpretacion Unidad de Suelos, 1978.
- ETCHEBEHERE M. L. C. **Terraços Nequaternários no Vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista**: Implicações Estratigráficas e Tectônicas. 2000. 264f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- FERNANDES, L.F. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 1998. 216f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FERREIRA, M. F. M. **Geomorfologia e Análise Morfotectônica do Vale do Rio Sapucaí - Pouso Alegre (MG)**. 2001. 279f Tese (Doutorado em Geologia Regional) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- FÚLFARO, V.J. et al. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Rev. Bras. Geoc.**, São Paulo v. 12, n.4, p. 590 – 610, 1982
- GONTIJO, A. H. F. **Morfotectônica do Médio vale do Rio Paraíba do Sul**: Região da Serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro 1999 259f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- GOOSEN, D. **Interpretación de fotos aereas y su importancia en levantamientos de suelos**. Roma: FAO, 1967.
- HASUI, Y. et al. Compartimentação Neotectônica do Lineamento Paranapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 7., 1999, Lençóis. **Atas...**Lençóis: SBG-BA, 1999.
- HASUI, Y. et al. (Coord.) **Neotectônica, morfogênese e sedimentação moderna no Estado de São Paulo e regiões adjacente**. Rio Claro: UNESP, IGCE, FAPESP, 2000. Relatório Final de Projeto Temático.
- HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: A summary. **Am. Assoc. Petr. Geol. Bull.**, v. 51, p. 275-370, 1967.
- JIMENEZ-RUEDA, J. R.; MATTOS, J. T. Caracterização Fisiográfica e morfoestrutural da Folha de São José de Mipibu, RN. **Geociências**, São Paulo, v.12, n. 2., 1993.
- KELLER, E.; PINTER, N. **Active tectonics: earthquake, uplift and landscape**. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 338p.
- LUEDER, D. R. **Aerial photographic interpretation principles and applications**. New York, 462p. 1959.

- OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO.; Braz. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: IA, 1999. 4 mapas, color., 68cm X 98cm. Escala 1:500.000. Acompanha Legenda Expandida.
- OKA-FIORI, C. **Geomorfologia e Dinâmica Temporo-Espacial da Bacia do Rio Itiquira**: Pantanal Matogrossense – MT, MS. 2002, 209f. Tese (Doutorado de Geologia Regional) Instituto de Geociências e Ciências Exataa, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: USP, IPT, FAPESP, 1997. 2 v. 1 mapa, Escala 1:500.000.
- SCHUMM, S. A. **Alluvial river response to active tectonics**: Active tectonics, studies in geophysis. National Academy Press, 1986., p.80-94.
- STEWART, I. S.; HANCOCK P. L. Neotectonics. In: HANCOCK P.L. (Ed.) **Continental Deformation**. Pergamon Press, 1994, p. 370-409.
- TRICART, J. Divisão Morfoclimática do Brasil Atlântico Central. **Bol. Paul. de Geogr**, n 31, 1959.
- VILLOTA, H. **Geomorfologia Aplica a Levantamientos Edafológicos y Zonificacion Física de Las Tierras**. Geomorfologia de Zonas Montañas, Colina das y Onduladas . Santa-Fé: Instituto Geográfico “Augustin Codazzi”, 1991. p. 211.