

CONFEÇÃO DA CARTA DE DENSIDADE DE DRENAGEM POR MEIO DE GEOTECNOLOGIAS

PAULO SÉRGIO DE REZENDE NASCIMENTO
REINALDO ANTÔNIO PETTA
LUIZ ANTÔNIO NASCIMENTO DE PAIVA

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Centro de Ciências Exatas e da Terra - CCET
Departamento Geologia, Natal - RN
{paulo, petta}@geologia.ufrn.br

RESUMO – A densidade de drenagem representa o quadro erosivo de uma área, deste modo o objetivo deste trabalho foi realizar um mapa de densidade de drenagem através de técnicas de sensoriamento remoto e krigagem, definindo assim áreas vulneráveis aos processos erosivos da Sub-bacia do Baixo Piracicaba (SP). Para tal foram utilizados os seguintes procedimentos: extração da rede de drenagem pelo método fotointerpretativo de imagens de satélite, geração de imagens colorida e em nível de cinza da densidade de drenagem pelo método geoestatístico de krigagem e pré-processamento digital destas imagens para obter o mapa temático de interesse. De acordo com o resultado obtido, identificaram-se quatro diferentes áreas de vulnerabilidade à erosão representadas pelas classes de densidade de drenagem alta, medianamente alta, medianamente baixa e baixa. Concluiu-se que a área é heterogênea, com regiões sujeitas a diferentes intensidades de processos erosivos e que são necessários estabelecer prioridades de recuperação das áreas degradadas para garantir um nível de segurança adequado aos empreendimentos da agroindústria já estabelecidos na região e aos que venham a ser implementados.

ABSTRACT - As the density of drainage represents the erosive process of an area, this work aims to accomplish a map of the density of drainage through techniques of remote sensing and kriging. Hence, vulnerable areas toward the erosive processes of the Sub-basin of the Low Piracicaba River (SP) have been defined. The present work employs the following procedures: extraction of the drainage network for the visual interpretation method of satellite images; generation of colorful images of the drainage density for the geostatistician method of kriging; and digital processing of these images to obtain the thematic map of interest. Such data indicated that four different areas of vulnerability, represented by classes of density of drainage, identified high, medium high, medium low and low density. The findings revealed that the area is heterogeneous, with regions of different intensities of erosive processes. In addition, it is necessary to establish priorities of recovery of the degraded areas in order to guarantee an adequate level of security to both the agriculture already established in the region and the ones to be implemented.

1 INTRODUÇÃO

Existem vários critérios metodológicos com o intuito de compartimentar o potencial erosivo de uma determinada região, dentre eles, a utilização de processos sistemáticos de interpretação visual de imagens de satélites, pela análise das diversas propriedades da rede de drenagem, a partir da homogeneidade e da similaridade das unidades da paisagem. Estas propriedades são definidas em função do grau de persistência de uma ou mais das propriedades da rede de drenagem (VENEZIANI & ANJOS, 1982), que podem ser agrupadas de acordo com a sua densidade. A densidade de drenagem é a razão entre a quantidade de canais de drenagem por unidade de área e é considerada como a

resposta ao estímulo fornecido pelas condições ambientais e é observada nas imagens TM/Landsat de forma direta.

A relação densidade-permeabilidade é inversamente proporcional e tais propriedades possuem relações com a porosidade. Esta, por sua vez, depende do grau de cristalização e da granulometria dos minerais e da existência de fissuras nos litotipos, reconhecidas pelas lineações, que afetam as propriedades do terreno tais como: permeabilidade, resistência ao esforço e taxas de infiltração, de intemperismo e de erosão (SUMMERFIELD, 2000). De acordo com este autor, as relações espaciais das lineações podem ser utilizadas para identificações de áreas mais propícias a processos erosivos e que são facilmente definidas pela densidade da rede de drenagem. Como exemplo, podem ser citados

Hiruma e Ponçano (1994), que definiram o quadro erosivo da região à montante do rio Pardo (SP e MG) pela correlação qualitativa da densidade de drenagem.

A análise interpretativa das imagens orbitais dos terrenos paleo-mesozóicos da Bacia Sedimentar do Paraná no Estado de São Paulo mostrou a evidência de uma enorme quantidade de feições lineares fortemente expressas na topografia, invariavelmente representadas pela morfologia dos vales e significativamente relacionados a processos endógenos e exógenos, com feições estruturais e erosivas. A Sub-bacia Hidrográfica do Baixo Piracicaba (SP) apresenta-se heterogênea com relação aos aspectos tectônicos e processos superficiais, com regiões sujeitas a diferentes intensidades de processos erosivos e com *trends* regionais, principalmente, nas direções NE-SW e NW-SE, seguidos das direções N-S e E-W. Este quadro define o modelo mais apropriado para entender a dinâmica da paisagem desta sub-bacia, que é tectono-erosivo (NASCIMENTO & GARCIA, 2003). Aliada a esta dinâmica, ressaltasse a atividade antrópica como também responsável pela evolução da paisagem, tanto pela criação e expansão de centros urbanos quanto pelos empreendimentos rurais.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é compartimentar a Sub-bacia do Baixo Piracicaba em regiões fisiográficas homogêneas quanto ao grau de densidade de drenagem, definindo assim, áreas distintas quanto à vulnerabilidade à erosão. Para atingir este objetivo foram realizadas as seguintes etapas: extração da rede de drenagem pelo método fotointerpretativo, geração de imagens colorida e em nível de cinza da densidade de drenagem pelo método geoestatístico de krigagem e pré-processamento destas imagens por fatiamento e equalização de histograma para obter o mapa temático de interesse.

A área de estudo localiza-se na região central paulista, à nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná neste Estado, delimitada aproximadamente pelos paralelos 22°15' a 22°45' de latitude Sul e pelos meridianos 47°45' a 48°30' de longitude Oeste (Figura 1).

A geologia é representada pelas rochas dos grupos Passa Dois (Formação Corumbataí), São Bento (formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral) e Coberturas Cenozóicas (Formação Itaqueri e Aluviões Arenosos). Estas formações estão embutidas nas províncias geomorfológicas denominadas de Depressão Periférica e Cuesta Basáltica. Os tipos de solos, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação (EMBRAPA, 1999), são representados pelos NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, GLEISSOLO TIOMÓRFICO, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO. A cobertura vegetal é constituída por Vegetação de Várzea, Mata, Capoeira e Cerrado e as categorias de uso da terra são compostas principalmente por Cana-de-açúcar e Pastagem e secundariamente por Culturas Perenes (café e fruticultura) e Culturas Anuais (hortigranjeiras).

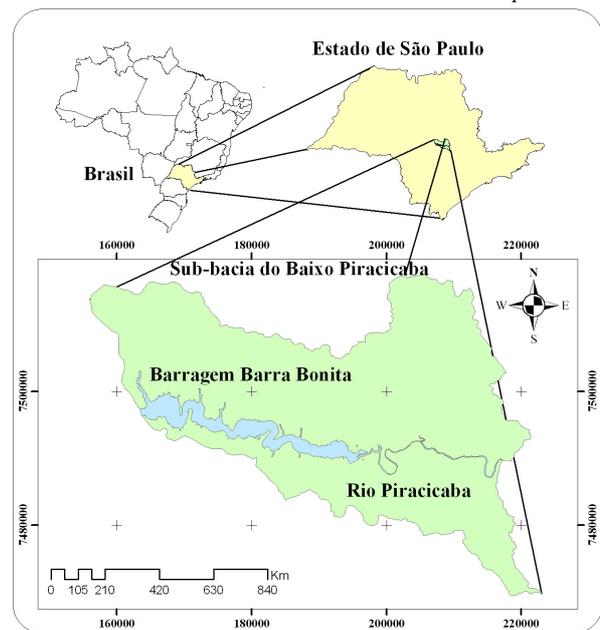


Figura 1 – Localização da área de estudo.

2 DENSIDADE DE DRENAGEM

A densidade de drenagem (soma do comprimento de todas as drenagens em determinada área ou bacia hidrográfica) visa correlacionar o quadro dos processos erosivos (HIRUMA & PONÇANO, 1994). A densidade da rede de drenagem é reconhecida como variável das mais importantes na análise morfométrica das bacias hidrográficas, representando o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial. Esta variável retrata as disponibilidades de canais para o escoamento linear das águas e materiais detríticos e se constitui em uma importante indicadora de alterações ocorridas na paisagem de bacias hidrográficas, seja por mudanças na sua estruturação, forma ou por perda ou ganho de canais (COLLARES, 2000).

Nesta perspectiva, o conjunto dos canais de escoamento é considerado como resposta ao estímulo fornecido pelas condições ambientais, assim, representa a medida da ajustagem da rede para transportar os excessos de precipitação. Desde que atinja o equilíbrio com as condições ambientais, a rede de drenagem torna-se variável independente do tempo, mas pode sofrer alterações rápidas em virtude das modificações ocasionadas no fornecimento de matéria e energia ao sistema. Pode-se tornar também variável sensível às mudanças neotecto-climáticas ou antrópicas em curtos períodos de tempo, o que a torna uma evidência de suma importância na definição da situação erosiva da bacia hidrográfica em estudo.

Para cada ambiente, os sistemas hidrográficos dependem principalmente das proporções de infiltração e deflúvio, considerando, no entanto, a resistência à erosão o mais importante fator e que, em períodos relativamente longos, exerce o efeito dominante no desenvolvimento dos sistemas hidrográficos e suas bacias de drenagem

(PIEADADE & GARCIA, 1981). Desta forma, nas rochas onde a infiltração é mais dificultada há maior escoamento superficial, gerando possibilidades para esculturação de canais permanentes e consecutiva densidade de drenagem alta. Além da geologia, outros fatores do meio físico podem influenciar na densidade de drenagem em uma bacia hidrográfica, tais como: topografia, clima e vegetação. Assim, a densidade de drenagem é um indicador do relevo superficial e indica o grau de dissecação da superfície. Dentre os fatores antrópicos, apenas a urbanização e a agricultura são capazes de provocar alterações consideráveis na densidade de drenagem (COLLARES, 2000).

3 GEOESTATÍSTICA

A geoestatística envolve análise e inferência de fenômeno espaço-temporal para avaliar e inferir valores de uma variável distribuída no espaço e ou no tempo e seu alicerce está fundamentado na Teoria das Variáveis Regionalizadas, a qual diz que alguma medida pode ser vista como um processo aleatório (CAMARGO et al., 2008). As variáveis regionalizadas apresentam uma aparente continuidade espacial e são representadas por funções numéricas, que assumem um valor definido a cada ponto no espaço e que descrevem um fenômeno natural. A continuidade geográfica se manifesta pela propriedade que a variável tem de apresentar valores muito próximos em dois pontos vizinhos e progressivamente mais diferentes à medida que os pontos vão ficando distantes.

Desta forma, a geoestatística considera existir uma dependência da variação com o espaço de amostragem e que, em parte, essas variações são sistemáticas. Uma premissa básica é que em todas as áreas existem regiões mais ricas do que outras, para uma determinada variável, logo, o valor da variável regionalizada depende de sua localização (MATA, 1997).

É importante ressaltar que, quando a variabilidade é muito grande, é comum considerá-la como uma dificuldade e, normalmente, muitos dados deixam de ser analisados, por se considerar que esta variabilidade é um erro ou resíduo. No entanto, a causa desta variabilidade pode ser o próprio ambiente, assumido como homogêneo no início. Então, se a distribuição espacial das amostras for observada e levada em consideração, em muitos casos será possível tirar vantagem da variabilidade espacial (MATA, 1997). Neste caso, há que se considerar a anisotropia da distribuição dos dados (da variável que está sendo analisada), como por exemplo, a distribuição das drenagens numa bacia hidrográfica.

Enfim, no estudo do comportamento das variáveis regionalizadas há duas ferramentas fundamentais dos métodos geoestatísticos: o semivariograma e a krigagem (LANDIM, 2003). O semivariograma mostra a medida do grau de dependência espacial entre amostras ao longo de um suporte específico, visando definir os parâmetros necessários para a estimativa de valores para locais não amostrados, através da técnica de krigagem, onde o

interpolador pondera os vizinhos do ponto a ser estimado, obedecendo aos critérios de não tendenciosidade.

Os parâmetros do semivariograma são: o alcance, distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente; o patamar, valor do semivariograma correspondente o seu alcance; o efeito pepita, descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras e a contribuição, diferença entre o patamar e o efeito pepita.

Para o ajuste do semivariograma é necessário definir o efeito pepita aproximado; especificar a direção do variograma com maior patamar, escolher o modelo de variograma que melhor se ajuste, atribuir um valor menor que zero para o alcance e uma razão de anisotropia muito grande; ajustar o patamar para um valor intermediário entre o maior e o menor; especificar a direção do variograma com maior alcance, escolher o modelo que melhor se ajuste, atribuir um alcance aproximado para essa direção, ajustar o patamar e a razão de anisotropia para o modelo aproximado e então finalizar a modelagem (LANDIM, 2008).

4 MATERIAL E MÉTODO

Os materiais utilizados no desenvolvimento deste trabalho foram as cartas topográficas do IBGE escala 1:50.000, correspondentes às folhas de Dois Córregos, Brotas, Itirapina, Piracicaba, Capivari, Laras, São Pedro, Barra Bonita e Santa Maria da Serra; imagem TM/Landsat-5 (bandas 4, 5 e 7) e o programa computacional de geoprocessamento SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas).

O procedimento metodológico adotado para a extração da rede de drenagem foi a fotoleitura, baseado no processo sistemático e lógico de fotointerpretação de fotos áreas e de imagens de satélite desenvolvido e divulgado por Soares e Fiori (1976) e Veneziani e Anjos (1982), respectivamente. Desta forma, o primeiro passo foi a importação da rede drenagem das cartas topográficas, que já se encontram no formato DXF, para o Banco de Dados Georreferenciados do SPRING. No próprio monitor, a rede de drenagem foi complementada ora utilizando a banda 4 ora a 5 ora a 7 das imagens TM-Landsat, juntamente o arquivo digital das isoípsas.

Para realizar a krigagem ordinária foi utilizado do modelo numérico de dados, pois as ferramentas de geoestatísticas exigem um mapa deste modelo e foi utilizado ainda o modelo cadastral para armazenar os diferentes atributos dos pontos de amostragem.

O primeiro passo foi a conversão da carta da rede de drenagem que se encontrava no formato vetorial para o matricial, pois o SPRING leva em consideração o número de pixels de cada drenagem e não o seu comprimento vetorial. A dimensão média e a distribuição das drenagens permitiram que a área fosse dividida em células de 4.000 x 4.000 metros, criando inicialmente um mapa temático, os quais foram transformados em cadastrais e assim foram associados os atributos, no caso a rede de drenagem, que

serviu para armazenar a densidade de drenagem. Neste procedimento foram utilizados os operadores de álgebras de mapas Conte e Média Zonal, os quais contam o número de pixels de cada drenagem e inserem na tabela de objetos a média do número de pixels em cada célula (parâmetro Z estimado). Para criar os planos de amostragem (do modelo numérico) utilizou-se a ferramenta de geração de pontos amostrais, estando agora no formato adequado para aplicar o método da Krigagem.

Antes da aplicação das ferramentas geoestatísticas, os dados devem ser analisados inicialmente através de procedimentos de análise estatística descritiva, para visualizar o comportamento geral dos dados, identificar possíveis valores discrepantes e melhorar a eficiência da análise geoestatística (ALVES, 1987). Assim, as estatísticas univariadas fornecem um meio de organizar e sintetizar um conjunto de valores, que se realiza principalmente através do histograma, cujas características importantes de análise são as medidas de localização, de dispersão e de forma.

Na geoestatística, a análise do semivariograma é uma etapa importante, pois o modelo de variograma escolhido é a interpretação da estrutura de correlação espacial a ser utilizada nos procedimentos inferenciais da krigagem. A análise completa do semivariograma compreende os seguintes passos: levantamento do semivariograma experimental; ajuste a uma família de modelos de semivariogramas e validação do modelo a ser utilizado nos procedimentos da krigagem e por fim, a aplicação da krigagem ordinária, propriamente dita.

Deste modo, inicialmente gerou-se um semivariograma omnidirecional para maximizar o número de pares em cada intervalo de distância, para produzir um variograma mais suavizado. Em seguida, realizou-se a análise por superfície (gráfico 2D que fornece uma visão geral da variabilidade espacial do fenômeno em estudo) do semivariograma omnidirecional, visando verificar a ocorrência ou não de uma anisotropia. A anisotropia indica as direções de maior e menor continuidade espacial da variável. É importante que o semivariograma experimental tenha uma aparência mais próxima de um modelo teórico (esférico, exponencial, gaussiano ou potência) a ser ajustado. Isto garante que o ajuste seja mais representativo e assim, as estimativas obtidas a partir da krigagem sejam mais exatas e, portanto, mais confiáveis.

O ajuste do semivariograma corresponde então a definição do modelo teórico que melhor se ajusta ao semivariograma experimental e permite estimar os valores do efeito pepita, a contribuição e o alcance para um determinado modelo. É imprescindível testar todos os modelos para verificar o melhor ajuste, que é definido pelo menor valor de Akaike. Então, armazenam-se os parâmetros do modelo e verifica-se a validação do modelo através do diagrama, histograma e estatística do erro e o diagrama dos valores observados e estimados, e por fim, realiza-se a krigagem, propriamente dita. Foi utilizada a krigagem ordinária 2D e tem-se, então, um produto com

representação numérica (grade) e uma imagem em nível de cinza (NC).

Como as variações de cores são mais visíveis ao olho humano do que as variações em NC, realizou-se um fatiamento, que é um aumento de contraste, cuja operação consiste em realçar os pixels cujas intensidades situam-se dentro de um intervalo específico (fatia), isto é, entre um mínimo e máximo. No SPRING, o fatiamento é feito de modo interativo, onde o usuário define o tipo de fatiamento e o número de fatias. O tipo de fatiamento escolhido foi o arco-iris, o qual segue a seqüência do arco-iris, como o próprio nome já indica e o número de fatias foi quatro.

A equalização do histograma é uma manipulação do histograma de forma que as classes ou fatias não necessitam ter os mesmos intervalos, pois as mesmas são definidas pela freqüência dos níveis de intensidade. Este procedimento, juntamente com o fatiamento por arco-iris e com o resultado da krigagem com representação em NC, foi possível separar de forma objetiva quatro classes de densidade de drenagens. Estas quatro classes possuem o valor interpolado Z o qual varia de 1.023 a 4.851 e as classes de baixa densidade possuem valores entre 1.023 a 2.446, a medianamente baixa entre 2.446 a 3.201, a medianamente alta, 3.201 e 4.062 e por fim a classe de alta densidade de drenagem, entre 4.062 e 4.851.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, gerou-se um semivariograma omnidirecional para maximizar o número de pares em cada intervalo de distâncias, produzindo um variograma mais suavizado. A experiência mostrou que não existem receitas para se produzir semivariogramas adequados aos modelos ideais, assim, várias tentativas foram testadas para escolher os melhores valores dos parâmetros. Pela avaliação do semivariograma omnidirecional por análise de superfície constatou-se a anisotropia com maior variação anisotrópica na direção de 26 graus e menor, na direção ortogonal (116 graus). Desta forma, foram realizadas as análises do semivariograma nestas duas direções.

Para confirmar a anisotropia confrontou-se o semivariograma unidirecional das duas direções de maior (cor verde) e menor variabilidade espacial (cor azul) com o variograma omnidirecional (cor vermelha), que pode ser visto na Figura 2. Com a construção dos semivariogramas nas duas direções consideradas, pode-se perceber que há uma grande diferença na estrutura dos dados ao longo das duas direções. Na direção 26° os valores aumentam muito mais rapidamente, sugerindo maior continuidade na direção 116.

Os ajustes dos semivariogramas de acordo com os modelos esférico, exponencial, potência e gaussiano resultaram nos seguintes Akaike, respectivamente: -60, -75, -41 e -60. O melhor ajuste foi realizado pelo modelo exponencial, pois apresentou o menor valor de Akaike e também foram obtidos os valores de efeito pepita C_0 , a contribuição C e o alcance, a saber: 281.648; 2.005.975 e 24.705, respectivamente. Como o modelo dos dados é

anisotrópico, não faz mais sentido continuar a análise do modelo isotrópico, assim daqui por diante os resultados obtidos foram analisados a partir das direções 26 e 116 graus (menor e maior variação do semivariograma).

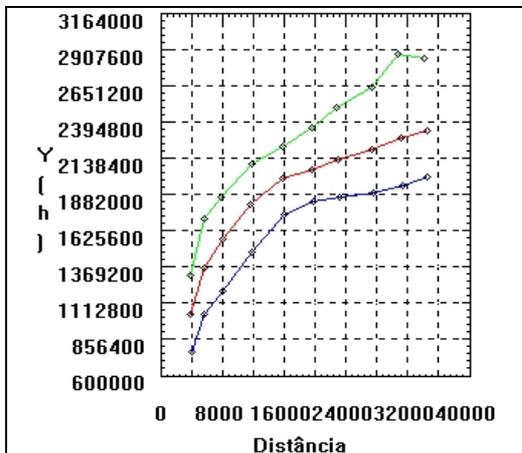


Figura 2 - Semivariograma anisotrópico por análise unidirecional para os pontos amostrais da densidade de drenagem nas direções 0 (vermelho), 26 (verde) e 116 (azul) graus.

Como no ajuste do semivariograma omnidirecional, os melhores resultados de ajuste para os semivariogramas anisotrópicos analisados foram com o modelo exponencial. Definido os parâmetros dos modelos nas duas direções, de acordo com os menores valores de Akaike, observou-se que se trata de uma anisotropia combinada, assim definiu-se um único modelo consistente da anisotropia.

Após definir o modelo anisotrópico, executou-se a krigagem ordinária, a Figura 3 mostra a imagem interpolada pela krigagem ordinária e a rede de drenagem. Na Figura 4, o resultado é visto com maior nitidez após o procedimento de fatiamento por arco-íris.

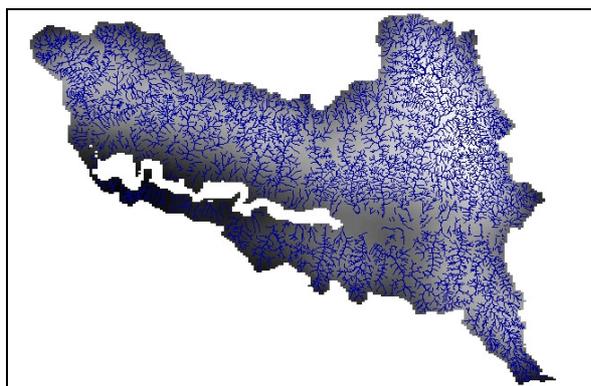


Figura 3 - Imagem interpolada em nível de cinza representativa da densidade de drenagem.

Na Figura 5, pode-se ser observado o mapa de densidade de drenagem no formato temático vetorial após a equalização do histograma. Este mapa representa as áreas de diferentes concentrações de drenagens, o que indica a capacidade de dissecação do relevo. Sem levar

em consideração a área da Represa de Barra Bonita, a sub-bacia apresenta 1.461 km² de área, a classe de alta densidade de drenagem possui 224 km² (15%); a medianamente alta, 627 km² (43%); a medianamente baixa, 401 km² (28%) e a baixa 209, km² (14%).

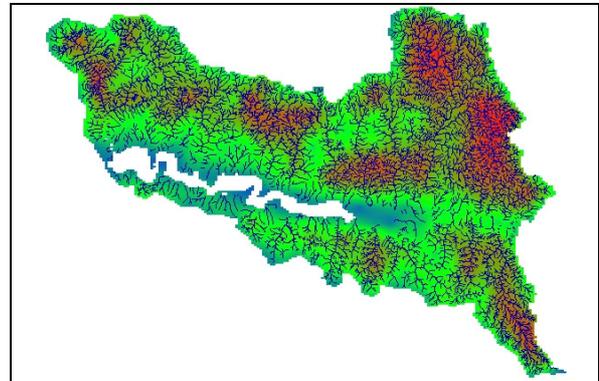


Figura 4 - Imagem interpolada colorida representativa da densidade de drenagem.

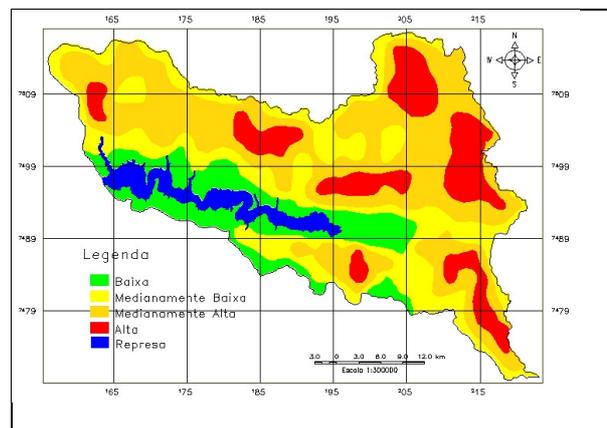


Figura 5 - Mapa de densidade de drenagem da Sub-bacia do Baixo Piracicaba.

Nas classes de alta, medianamente alta e medianamente baixa densidade de drenagem, os processos erosivos estão em estágios avançados, representados por ravina e boçorocas, facilmente verificados em campo e na classe de baixa densidade de drenagem, é comum os depósitos de sedimentos e de assoreamentos de alguns canais fluviais. Este resultado é decorrente, além das características abióticas e bióticas, da apropriação da área a que foi submetida ao longo de sua história. A apropriação se deu através do desmatamento acelerado e descompromissado com os princípios básicos de proteção do solo, dos tipos de culturas, principalmente (pastagem e cana-de-açúcar) e da preparação do solo para o plantio deixando-o exposto e modificando o trajeto original dos canais fluviais e até mesmo eliminando-os.

É importante ressaltar que, o mapa de densidade de drenagem representa uma importante ferramenta tecnogerencial para priorização dos ambientes a serem protegidos e auxiliam no direcionamento dos recursos

disponíveis para a recuperação e/ou minimização da degradação do terreno oriundo dos processos erosivos. Como a agricultura é um dos principais agentes propulsores do desenvolvimento dos municípios da área de estudo, a implementação de um plano de gestão ambiental, em que a agricultura seja prioridade constitui o caminho a percorrer para o desenvolvimento econômico e social. No entanto, a realidade da ocupação da área de estudo é adversa aos princípios de um desenvolvimento econômico sustentável, pois a apropriação do território pela atividade rural está inadequada com a capacidade do ambiente em sustentar esta atividade em várias porções da sub-bacia. As áreas com pastagens e cana-de-açúcar ocupam ambientes inapropriados, principalmente, as regiões das planícies de inundação e das encostas das serras de Itaqueri e São Pedro. É neste contexto que se recomenda a recomposição da mata ciliar e o reflorestamento das encostas das serras, segundo o Artigo 2º da Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965, do Código Florestal, modificado pela Lei 7.803 de 18 de julho de 1989.

6 CONCLUSÃO

De acordo com as informações obtidas e com o método adotado foi gerado um mapa de densidade de drenagem, onde foram definidas quatro classes. As classes de alta e medianamente alta densidade de drenagem perfazem juntas 58% da área e as classes medianamente baixa e baixa 42% e juntamente com as atividades rurais, permitem considerar a área como sujeita a processos intensos de erosão e assoreamento. Conclui-se então, que a área carece de medidas de preservação das áreas críticas ao desenvolvimento e aceleração de processos geodinâmicos indesejáveis e a definição de locais apropriados para os plantios.

Pode-se concluir também que a sistemática adotada mostrou-se eficiente e é uma ferramenta de auxílio para estabelecer diretrizes e prioridades de recuperação de áreas degradadas, como propor um nível de segurança adequado aos empreendimentos da agroindústria já estabelecidos na região e aos que venham a serem implementados. Assim, esta sistemática compartimentou as diferentes áreas de potencialidades à erosão, as quais podem ser utilizadas como ponto de partida para estudos ambientais e de apropriação do território em consonância com o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. I. F. **Introdução à análise exploratória de dados**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1987. 40p.

CAMARGO, E; DRUCK, S.; CÂMARA, G. **Análise de superfície geoestatística superficial**. Disponível em <<http://www.inpe.br/livros.htm>>. Acesso: em 6 janeiro 2008.

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari –SP**. 2000. 194f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

HIRUMA, S. T.; PONÇANO, W. L. Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfológicos na área do alto rio Pardo, SP e MG. **Rev. IG**, São Paulo, v.15. n.1, p.49-57, 1994.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora UNESP, 2003. 253p.

LANDIM, P. M. B. Krigagem ordinária para situações com tendência regionalizada. In: **Textos didáticos: geomática**. Disponível em <<http://ms.rc.unesp/igce/aplicada>> Acesso: 15 fevereiro 2008.

MATA, J. D. V. **Variabilidade espacial de indicadores da compactação de terra roxa estruturada sob dois sistemas de preparo, cultivada com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado**. 1997, 73f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba.

NASCIMENTO, P. S. R.; GARCIA, G. J. Análise de lineamento da rede de drenagem da Sub-bacia do Baixo Piracicaba no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 8. São Pedro. **Resumos...** Rio Claro, 2003. p.105.

PIEDADE, G. C. R.; GARCIA, G. J. Características de padrões de drenagem de áreas com entalhes erosivos no município de Botucatu – SP. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v.21., n.42., p.75-90, 1981.

SOARES, P.C., FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, Campinas 16 (32). p.71-104, 1976.

SUMMERFIELD, M. A. **Geomorphology and global tectonic**. England: John Willey & Sons, 361p. 2000.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia**. São José dos Campos: INPE, 1982. 54p.