

Uso da Técnica de Avaliação do Terreno para a Elaboração de Carta de Susceptibilidade à Erosão na Bacia do Prosa – Campo Grande, MS

José Roberto Mauro, José Augusto de Lollo

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP – lolloia@dec.feis.unesp.br

Recebido: 19/04/02 revisado: 04/02/04 aceito: 01/10/04

RESUMO

O presente trabalho engloba a avaliação dos condicionantes do processo erosivo em uma determinada bacia de drenagem em ambiente urbano e a análise de susceptibilidade à erosão de diferentes parcelas da bacia, identificadas em função de sua baixa heterogeneidade em termos de variáveis do meio físico. O critério básico de zoneamento das unidades do meio físico foi a geomorfologia, através do uso da técnica de avaliação do terreno. A área escolhida compreende a Bacia do Córrego Prosa, Município de Campo Grande – MS, a qual foi selecionada por se tratar de área urbana com urbanização acelerada e que, em função das características do meio físico local e dos efeitos da ocupação humana, tem apresentado significativos processos erosivos.

Para bem caracterizar os condicionantes do processo erosivo na área efetuou-se o levantamento dos atributos do meio físico (geologia e geomorfologia) e as características da ocupação humana. Para o levantamento, ordenação e classificação dos atributos e análise de susceptibilidade lançou-se mão do mapeamento geotécnico, segundo metodologia de Zuquette (1987 e 1993a) e para o zoneamento das unidades do meio físico foi usada a técnica de avaliação do terreno, segundo sistemática proposta por Lollo (1996).

Os resultados foram representados na forma de mapas produzidos na escala 1:15.000, tanto para os atributos como para a carta de susceptibilidade. Os atributos considerados foram substrato rochoso, materiais inconsolidados, declividade do terreno, landforms (levantados até o nível hierárquico elemento de terreno), e ocupação humana. Esses atributos foram classificados e sobrepostos de forma a gerar a carta interpretativa final (Carta de Susceptibilidade).

O uso da geomorfologia, através da técnica de avaliação do terreno mostrou-se altamente eficaz como ferramenta de delimitação de unidades do meio físico em termos de seu potencial de desenvolvimento de processos erosivos.

Palavras-chave: geomorfologia; avaliação de terreno.

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A erosão é definida como o desgaste da superfície terrestre devida a processos de desagregação, transporte e sedimentação das partículas através de diferentes agentes tais como a água, o vento e o gelo, além de agentes físicos, químicos e biológicos.

Quando o equilíbrio entre os processos erosivo e sedimentar é rompido, com uma intensificação da erosão, tem-se o processo de erosão acelerada, a qual provoca a perda das diversas camadas ou horizontes do solo sucessivamente.

Em regiões tropicais ou subtropicais úmidas, como a região tratada, a erosão mais pronunciada se dá pela ação das chuvas. Neste caso, a ocupação inadequada do território constitui fator decisivo da aceleração dos processos erosivos.

Os principais fatores que comandam os processos erosivos são a chuva, a cobertura vegetal, o relevo e os tipos dos solos (fatores naturais), e os aspectos ligados à

ação humana.

Dentre os fatores de ordem climática a precipitação é, sem dúvida, a variável mais importante. Seus efeitos podem ser sentidos de três formas: destacamento de partículas por impacto de gotas de chuva, destacamento de partículas por tensões de atrito do escoamento superficial, e transporte de partículas por escoamento superficial.

A chuva provoca uma aceleração maior ou menor da erosão, dependendo de sua distribuição mais ou menos regular, no tempo e no espaço, e sua intensidade. Sem dúvida, mais importante que o volume total precipitado, a intensidade de precipitação em determinados períodos é o fator climático fundamental no processo.

As características do relevo têm papel fundamental no processo uma vez que controlam a relação entre infiltração e escoamento superficial. Maiores velocidades de escoamento superficial estão associadas a terrenos mais acidentados enquanto maiores concentrações de fluxo normalmente se relacionam a encostas mais longas com formas tendendo a convexas e concentrantes.

As variáveis do relevo que interferem diretamente no escoamento (intensidade e concentração) estão relacionados à forma do relevo e a sua inclinação. Assim, atributos como comprimento e declividade da encosta, associados à forma do relevo local, fornecem os indicativos fundamentais sobre o comportamento do fluxo superficial local.

A cobertura vegetal, natural ou fruto de ocupação humana, também desempenha papel importante no processo. Sua existência normalmente determina condições que favorecem a infiltração e a evapotranspiração reduzindo assim o volume de água escoada superficialmente e, conseqüentemente, a ação erosiva da água.

Quando se tratam de aproveitamento agro-pastoril as ocupações por reflorestamento, culturas semi-permanentes e pastagem são mais vantajosas para a conservação do solo que as culturas anuais, as quais expõem freqüentemente o solo à ação da água da chuva.

Com relação ao solo a forma de avaliação normalmente utilizada é a caracterização da erodibilidade do solo (potencial do mesmo sofrer erosão). Tal atributo pode ser avaliado com base em informações sobre sua granulometria, estrutura, permeabilidade e teor de matéria orgânica.

Em termos da granulometria, pode-se afirmar que solos mais grosseiros, por apresentarem menor coesão, tendem a ser mais suscetíveis à erosão que solos finos. Devem ser consideradas ainda a estrutura do solo, sua composição, espessura e relação textural entre horizontes. A ação humana é, geralmente, o principal fator desencadeador do processo erosivo acelerado, seja ele rural ou urbano. As interferências provocadas pelas ações de uso e ocupação do solo costumam se refletir em desequilíbrios nos processos naturais que ocasionam o início do processo ou potencializam processos pré-existentes.

Quanto ao atributo clima, interferências como a construção de barragens, poluição atmosférica localizada e ocupações agrícolas que representem alterações significativas nas características da cobertura vegetal podem alterar o regime hídrico.

Com relação às modificações do relevo os efeitos da ação humana são mais localizados, porém não menos importantes. Ocupações agrícolas, industriais ou urbanas geralmente implicam em de terraplenagem ou de preparo do solo que podem propiciar o aparecimento de novas formas e inclinações na superfície do terreno.

A ação humana provoca, com a retirada da cobertura vegetal, a exposição do solo, a qual é tida como o um dos primeiros fatores no desenvolvimento de processos erosivos.

Com relação ao solo, a atividade humana, ao introduzir no solo novos materiais ou processos, induz modificações estruturais que podem tornar o solo mais erodível.

ÁREA EM ESTUDO

A cidade de Campo Grande surgiu no final do século XIX e teve seu crescimento populacional mais significativo a partir da década de 1950 com sua população dobrando a cada década. Este crescimento tornou-se ainda mais acentuado após 1979 com a divisão do Estado de Mato Grosso desmembrando-se em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, passando Campo Grande a ser a capital do Mato Grosso do Sul.

Todo este crescimento resultou em uma urbanização desordenada e maciça, sem as devidas considerações com os aspectos físicos do meio, proporcionando impactos de natureza diversa, sendo os processos erosivos os mais marcantes destes. A proliferação de favelas, invasões e ocupações desordenadas tem tornado o problema ainda mais sério com o passar do tempo.

Tais processos, além do desgaste das camadas de solo, têm sido responsáveis por avarias em residências e obras de infraestrutura (Planurb, 1997).

Para a recuperação das áreas degradadas são necessários investimentos de alto custo e técnicas especiais de correção, razão pela qual a identificação da potencialidade de ocorrência do fenômeno (através de análise de susceptibilidade) é importante, já que permite que sejam tomadas medidas preventivas, evitando a instalação do processo erosivo.

Para agravar ainda mais o problema, o déficit habitacional para a população de baixa renda, fez surgir à implantação de conjuntos habitacionais em áreas reservadas como "áreas verdes" da cidade, com o conseqüente desmatamento e sem o devido cuidado com o tratamento das águas superficiais.

Já há algum tempo tem sido divulgado, pelos meios de comunicação, o problema relacionado com o mau uso do solo e o conseqüente assoreamento de corpos d'água, principalmente dos mananciais responsáveis pelo abastecimento de água potável de Campo Grande. Este é o caso da bacia da Guariroba (Planurb, 1991) responsável pelo abastecimento de 20% da população e que vem apresentando uma redução significativa em seu volume d'água.

Considerando que as bases gerais e a sistemática de avaliação aplicada na área devem possibilitar sua extrapolação para outras parcelas do município foi selecionada uma bacia hidrográfica para o presente trabalho.

A opção por uma unidade fisiográfica (bacia de drenagem) em detrimento de unidades administrativas (como bairros) ou espaciais (como folhas topográficas base) se justifica em função desta unidade (bacia) ser aquela parcela da área que melhor representa uma certa homogeneidade de processos de dinâmica superficial.

Já a opção pela Bacia do Córrego Prosa se deve ao fato da mesma se caracterizar por uma ocupação mais recente e que tem apresentado importantes processos

erosivos, constituindo-se em área de grande interesse para o entendimento dos processos na área urbana do município como um todo.

METODOLOGIA

Do ponto de vista metodológico a elaboração do mapeamento foi conduzida segundo a proposta metodológica de Zuquette (1987 e 1993a) e o processo de levantamentos das condições do meio físico baseou-se na técnica de avaliação do terreno segundo sistemática proposta por Lollo (1996).

A metodologia de Zuquette (1987, 1993a) foi desenvolvida com o objetivo de ser bastante ampla para ser aplicada tanto em planejamento, (regional ou municipal) como em estudos de potencialidades e avaliação de viabilidade de implantação de uso da terra.

O principal objetivo da proposta é produzir documentos de consulta para elaborar diretrizes de ocupação do meio. Neste contexto o levantamento das informações deverá se basear em técnicas e métodos que sejam simples, baratos e objetivos. Os atributos do meio físico devem ser classificados basicamente segundo características naturais e secundariamente por sistemas técnicos.

Os princípios gerais que orientam a elaboração dos mapas geotécnicos segundo a proposta são: (1) limitar o número de atributos a serem considerados e respeitar a finalidade desejada, mostrando as informações com meios de comunicações versáteis; (2) considerar o mapa geotécnico como um documento temporário e que após sua realização pode ser acrescentadas outras informações; (3) o mapa geotécnico nunca deve substituir um reconhecimento local, sendo apenas um auxiliar ou um indicativo para a escolha adequada de uma dada área; (4) o mapeador deve sempre se reportar aos materiais superficiais e verificar a validade das generalizações; (5) considerar se o trabalho pretende atender um usuário específico, visando atender situações particulares ou vários usuários e a possibilidade de cada usuário selecionar os atributos que deseje; (6) realizar uma análise criteriosa dos atributos a serem mapeados quanto à validade, ao limite de investigação e a precisão dos dados nos intervalos estipulados.

A proposta metodológica pode ser resumida em três fases: (a) esquematização do problema a ser investigado e definição dos atributos do meio físico que devem ser analisados; (b) parcelamento da área em unidades (por hipótese homogêneas) em função das propriedades e relações dos atributos previamente selecionados; (c) comprovação da solidez das unidades previamente definidas através de métodos experimentais.

Quanto aos documentos cartográficos produzidos Zuquette (1993b) propõe uma análise completa com a elaboração de vários tipos de documentos, a saber: básicos fundamentais (topográfico; geológico e Mapas de Águas –

superficiais e subterrâneas), básicos opcionais (pedológico; geofísico; geomorfológico; climático; e mapa de ocupação atual ou prevista), auxiliar (mapa de documentação), derivados ou interpretativos (cartas de zoneamento geotécnico geral, zoneamento geotécnico específico, de declividades, de planejamento geral e de condições construtivas), e cartas analíticas (de risco e de viabilidade).

A técnica de avaliação do terreno se baseia no reconhecimento, interpretação e análise de formas do relevo, denominadas landforms, as quais, sendo regidas pelos processos naturais atuantes na superfície terrestre, devem ser reflexos dos processos naturais e, conseqüentemente, exprimir estas condições na forma dos materiais (solos e rochas) nelas presentes.

Na base das aplicações da técnica de avaliação do terreno encontra-se a possibilidade de se dividir a área em estudo em unidades cada vez menores a partir do uso de produtos de sensores remotos ou de trabalhos de campo, tendo como base sua uniformidade em termos de formas de terreno, para posteriormente proceder à avaliação das propriedades dos materiais presentes nestas unidades.

O uso da técnica pressupõe um enfoque baseado em três níveis hierárquicos de landform (do mais amplo geograficamente para o mais detalhado) utilizados para este tipo de zoneamento. Estes níveis hierárquicos são denominados sistema de terreno (land system), unidade de terreno (land unit) e elemento de terreno (land element).

Segundo Lollo (1994) o sistema de terreno pode ser descrito como: "associação de formas de relevo com expressão especial determinada e que representa condições similares de processos evolutivos e de materiais associados, representando um conjunto de processos ou um intervalo de tempo durante o qual este conjunto de processos se encontrou ativo, esperando-se que apresente uniformidade em termos de substrato rochoso".

Primeira subdivisão do sistema de terreno, a unidade de terreno pode ser descrita como "forma individual do terreno que se distingue das outras às quais está associada por indicar um determinado subconjunto de processos do sistema de terreno no qual se situa, estas características devem se refletir em nível de diferenças em termos do material inconsolidado associado à unidade" (Lollo, op. cit.).

O elemento de terreno é uma subdivisão da unidade de terreno e pode ser entendido como "parte de uma forma individual do relevo distinguível das demais partes em termos de inclinação ou forma da vertente, posição topográfica, ou forma topográfica, e que deve refletir condições diferenciadas de espessura de materiais inconsolidados ou variações laterais no perfil destes materiais" (Lollo, op. cit.). A Figura 1 ilustra os níveis de landform citados.

Quanto à forma de tratamento do conjunto de informações considerado a técnica adotada foi a de cruzamento (sobreposição) de mapas e cartas de forma a consi-

derar, em princípio, pesos iguais para cada um dos atributos considerados.

Tal atitude foi tomada para que, na análise de susceptibilidade, não se desse importância diferenciada a qualquer dos atributos considerados, de forma a permitir que a análise final da importância de cada atributo permitisse identificar, de fato, quais deles teriam maior importância no controle dos processos.

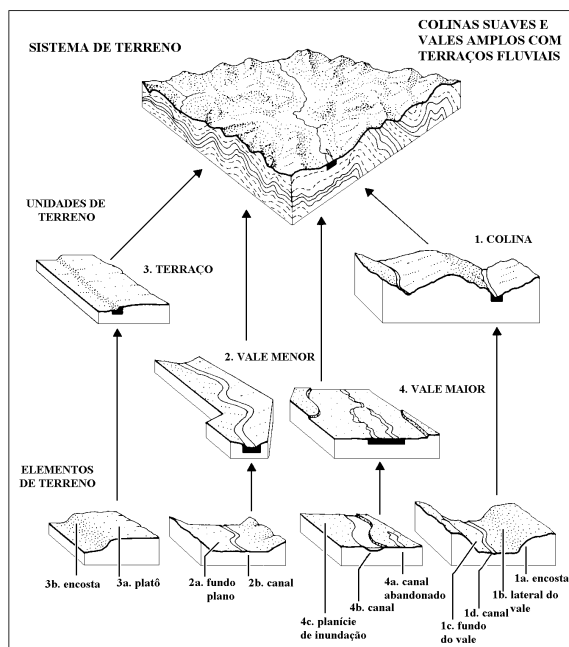


Figura 1 - Representação esquemática da aplicação da técnica de avaliação do terreno, modificado de Cooke & Doornkamp (1990)

Dados o grau de detalhe necessário e a escala de trabalho adotada (1:15.000) o levantamento das condições do meio físico, via técnica de avaliação do terreno, foi conduzido até o nível hierárquico elemento de terreno, de forma a buscar caracterizar a relação entre características locais do modelado com materiais presentes (especialmente materiais inconsolidados) e os processos de dinâmica superficial atuantes.

Como o objetivo do trabalho era a elaboração de uma Carta de Susceptibilidade à Erosão, os atributos selecionados para levantamento e tratamento envolveram, além daqueles fundamentais para a caracterização do meio físico (substrato rochoso, materiais inconsolidados e águas), os fatores tidos como imprescindíveis para avaliar os condicionantes do processo erosivo (características do relevo e da ocupação na área).

A produção de um mapa climático não foi considerada tendo em vista as pequenas dimensões da área (sub-bacia em área urbana), o fato da mesma não apresentar

condições climáticas diferenciadas do contexto maior no qual se insere (área do município), e também a natureza do estudo, cujo objetivo principal era apresentar um zoneamento em termos de classes potenciais de desenvolvimento do processo erosivo e não uma análise da importância de cada fator no processo.

A elaboração de um mapa de águas também não foi levada adiante, não só em função da carência de dados sobre águas subterrâneas, mas também porque a presença de materiais inconsolidados espessos indicava que o controle do processo erosivo sofria influência apenas no escoamento superficial.

As características do relevo local foram definidas através da avaliação das condições de declividade e do mapa da landforms.

Por se tratar de área urbana, em muitos locais densamente ocupada, não havia sentido em se caracterizar a cobertura vegetal. Assim, a influência da ocupação humana na cobertura vegetal foi caracterizada com base no mapa de ocupação.

Descritos os atributos selecionados para levantamento e análise na área estudada, cabe descrever a forma que cada atributo ou conjunto de atributos foi obtido.

Sempre que se inicia um processo de mapeamento, a primeira tarefa costuma ser a definição da escala do trabalho. A escala é definida com base nas dimensões da área, da natureza do que se pretende apresentar e, às vezes, em função das dimensões máximas ou mínimas esperadas para o produto cartográfico final.

No caso em questão, as dimensões relativamente pequenas da área estudada e a natureza do trabalho exigiam que a representação cartográfica se situasse na escala 1:15.000, sendo a base cartográfica elaborada com base nas folhas anteriores em escala 1:10.000 e na atualização da informação através do uso de fotografias aéreas em escala 1:8.000, da consulta a documentos específicos de loteamentos e novas ocupações e de trabalhos de campo.

Obtida esta base cartográfica, foi possível então a elaboração dos demais documentos, com o levantamento das informações e a digitalização das mesmas sobre a nova base cartográfica.

A primeira atividade de campo foi o registro das ocorrências de processos erosivos presentes na área e a representação cartográfica de sua localização e abrangência.

Apesar da escala grande adotada (1:15.000) esta tarefa mostrou-se um tanto difícil já que a representação de pequenas feições, como sulcos e ravinas, era praticamente impossível dadas suas dimensões e alto dinamismo e também pelo fato de que, em muitos casos, antigos processos erosivos presentes na área haviam sido encobertos pela ação de empresas e órgãos públicos, através de serviços de "recuperação" local como a execução de aterros localizados.

Pelos motivos expostos, no mapa de ocorrências foi possível apenas o registro das feições de maior porte que se encontram atualmente ativas e não expostas.

A produção do mapa do substrato rochoso se baseou em documentos anteriores tais como Oliveira (1991), Planurb (1991, 1993 e 1997).

A exemplo do substrato rochoso, também para a avaliação dos solos presentes na área as principais informações vieram de trabalhos anteriores (Oliveira, 1991; Planurb, 1991, 1993 e 1997).

Mais uma vez o acesso a novas informações foi dificultado pela densa ocupação da área e também pelo fato do relevo local ser bastante aplainado, não possibilitando, por isso mesmo, o acesso a exposições, naturais ou em corte, do perfil de alteração dos materiais inconsolidados.

Como os trabalhos anteriores consultados apresentavam apenas a classificação pedológica dos materiais, estudos visando sua relação com as possíveis matérias fonte foram efetuados com o apoio da técnica de avaliação do terreno e das informações advindas do mapa do substrato rochoso.

Com este tipo de análise foi possível o estabelecimento da relação espacial entre os materiais inconsolidados e o substrato rochoso a eles sotoposto, além de uma avaliação da possível relação genética entre os materiais inconsolidados e os materiais rochosos que lhes deram origem.

A declividade do terreno normalmente é obtida como uma relação, geralmente expressa em porcentagem, entre a diferença de cota entre dois pontos do terreno e a distância entre os mesmos.

Essa medida pode ser absoluta (quando se trata de análise de pequenas parcelas do terreno como uma encosta por exemplo) ou expressa na forma de classes com intervalos pré-definidos de declividade quando se pretende representar parcelas maiores do terreno (como áreas por exemplo).

Quando se trata da definição de declividades locais (de pontos do terreno) é comum que sua definição se dê com base em trabalhos de campo. Por outro lado, quando se trata de representar a variação da declividade em áreas, o procedimento mais comum é a obtenção da mesma a partir de operações (manuais ou computadorizadas) sobre mapas topográficos.

No segundo caso (situação do presente trabalho) a declividade é obtida ponto a ponto através de operações entre duas curvas de nível contíguas na base cartográfica. Apesar de trabalhoso (por ser manual) o processo mais preciso para se efetuar este tipo de levantamento é o uso do método do gabarito (De Biasi, 1970) no qual faz-se o deslocamento, sobre o mapa topográfico, de um gabarito de papel transparente onde se têm marcadas as distâncias

características entre curvas de nível que representem os limites das classes de declividade consideradas.

À medida que este gabarito é deslocado sobre o mapa topográfico vão sendo marcados, sobre o mesmo, os locais (entre as curvas de nível) nos quais aconteça a mudança de classe de declividade. O processo é repetido para todos os pares de curvas de nível existentes no mapa, até que este esteja completo.

No presente trabalho os intervalos de classe de declividade considerados foram 2, 5, 10, e 20%, fornecendo as seguintes classes de declividade: menor que 2%, 2 a 5%, 5 a 10%, 10 a 20%, e maior que 20%. Estas são as classes previstas na proposta de Zuquette para áreas de relevo mais abatido (como a área em estudo).

A aplicação da técnica de avaliação do terreno, segundo sistemática de Lollo (1996), na área estudada se deu com o uso de fotografias aéreas (escala 1:8.000), folhas topográficas (escala 1:10.000) e trabalhos de campo.

Como se trata de área com grande uniformidade fisiográfica do ponto de vista das feições de maior porte caracterizando, portanto, um único sistema de terreno na área da bacia considerada, os trabalhos de identificação e análise dos landforms presentes foram feitos considerando os níveis hierárquicos unidade de terreno e elemento de terreno.

Como a técnica de avaliação do terreno pressupõe o uso de critérios fisiográficos como forma e extensão de encosta como critérios descritivos dos landforms, a avaliação dos atributos forma da encosta e comprimento de rampa como condicionantes do processo erosivo foi efetuada nesta fase.

Considerando-se que a área estudada localiza-se em área urbana do município não haveria sentido em se caracterizar a cobertura vegetal (toda já destruída ou modificada em função da urbanização), porém as características da ocupação humana não poderiam deixar de ser tratadas como condicionantes do processo erosivo na área. Desta forma buscou-se caracterizar o efeito da ocupação e uso do solo na área da Bacia do Prosa em termos do grau de ocupação urbana constatado.

No entanto, o levantamento deste atributo por meio de trabalhos de campo seria uma tarefa muito lenta razão pela qual optou-se pela caracterização da intensidade da ocupação da área através de interpretação de imagem de satélite.

Para tanto foi utilizada uma Imagem Landsat TM cinco, órbita 225_074 Quadrante D (área de cobertura da Bacia do Prosa), Bandas três, quatro e cinco, composição colorida e resolução espacial de 30 metros (Anexo 7).

Tal imagem foi georeferenciada para a delimitação do perímetro da bacia e posteriormente tratada (através do software ENVI 3.0) tendo sido classificada em termos de densidade de ocupação urbana considerando-se seus padrões de cores e sua correspondência em termos da taxa de

ocupação constatada na parcela do mapa cadastral do município que continha a área em estudo.

CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

O Município de Campo Grande está situado na Bacia Sedimentar do Paraná, mais precisamente no compartimento denominado Planalto de Maracajú – Campo Grande.

Nas porções mais elevadas do relevo o substrato rochoso é composto por rochas pertencentes à Formação Caiuá, composta predominantemente por arenitos arcoseanos finos a médios com cimentação carbonática e subordinadamente por arenitos grosseiros e lentes conglomeráticas.

Nas porções mais rebaixadas do relevo (especialmente em fundos de vale) o substrato rochoso é representado pela Formação Serra Geral, composta por seqüências de derrames basálticos.

O relevo do Município está compreendido em duas grandes regiões geomorfológicas, a Região dos Planaltos Arenítico-Basáltico Interiores, Região dos Planaltos da Borda Ocidental da Bacia do Paraná. O modelado compreende a associação de colinas médias a amplas suaves onduladas a aplainadas com vales pouco profundos. São formas elaboradas pela ação fluvial, apresentando topos tubulares e vertentes com baixas inclinações. A rede de drenagem caracteriza-se pela baixa estruturação e densidades médias a baixas (Planurb, 1998).

As unidades de solos presentes na área compreendem solos lateríticos geralmente profundos e bem drenados e que podem ser assim descritos:

Latossolo Vermelho: profundos e bem drenados, com textura média, situam-se nas porções aplainadas e suavemente onduladas da região. Por serem desenvolvidos sobre diferentes substrato rochosos estes solos podem apresentar significativas variações texturais.

Seus perfis apresentam grande capacidade de infiltração com pouca susceptibilidade a erosão, no entanto, sob condições de intenso uso desenvolvem graves processos de degradação.

Latossolo Vermelho distroférico típico: compreendem solos profundos bem drenados de textura argilosa ocorrendo geralmente em relevos planos e suavemente ondulados e não apresentando desenvolvimento de processos erosivos, em função de sua textura argilosa.

Neossolos Quartzarênicos: são solos tipicamente arenosos, com baixa capacidade de retenção de umidade e forte tendência ao desenvolvimento de processos erosivos. Ocorrem em áreas de relevo aplainado e suave ondulado.

Neossolos Litólicos: solos rasos e que apresentam teores elevados de materiais primários e textura média a grosseira ou argilosa a grosseira em relevo suave ondulado.

Do ponto de vista climático a área é caracterizada,

segundo classificação de Köppen, na faixa de transição entre o sub-tipo Cfa (clima temperado quente) sub-tipo Aw (tropical úmido). Cerca de 75% das chuvas ocorrem entre os meses de outubro e abril, quando a temperatura média oscila em torno de 24°C. A precipitação média anual varia entre 1750 e 2000mm e os meses de menor precipitação são junho, julho e agosto com temperatura média de 20°C e o déficit hídrico da ordem de 350 a 500mm.

Considerando-se o tipo de vegetação original a área localiza-se na região fitogeográfica da savana com contribuição de áreas de formação antrópicas distribuídas por toda a extensão do município, representando a ocupação e 70% da superfície com atividades agro-pastoris, com o plantio de culturas cíclicas e pastagens.

INFLUÊNCIA DOS ATRIBUTOS

Os procedimentos usuais para a classificação de susceptibilidade envolvem a consideração da importância de cada atributo com a classificação de cada um deles em termos de sua influência no fenômeno tratado nas classes alta, média e baixa. A definição desta maior ou menor influência de cada fator leva em conta a importância relativa daquele atributo com aquela característica local.

Em alguns estudos verifica-se que os autores lançam mão da atribuição de pesos relativos a cada atributo considerado. Nesse caso a técnica pressupõe que o executor da carta conheça a importância relativa de cada atributo, o que nem sempre é verdade.

No presente trabalho, a importância de cada atributo foi tratada separadamente, conforme se verá a seguir, e a análise final de susceptibilidade de deu com base na composição dos diversos graus de influência de cada atributo em cada parcela do terreno classificada, segundo a técnica de superposição da informação (também conhecida como cruzamento de mapas). A seguir discute-se a influência relativa de cada atributo separadamente.

Com relação ao substrato rochoso, apesar de não ser uma postura comum a avaliação do mesmo na análise de susceptibilidade à erosão, no presente trabalho tal avaliação foi levada em conta tendo em vista as diferenças marcantes entre os materiais do substrato existentes na área (arenitos e basaltos) e os tipos de solos de alteração esperados para os mesmos (textura mais fina para os solos residuais de basalto e mais grosseira para os residuais de arenitos).

Com esta visão, as áreas de ocorrência de substrato rochoso da Formação Serra Geral (basaltos) foram consideradas áreas de baixa susceptibilidade enquanto as porções com substrato da Formação Caiuá (arenitos) foram consideradas áreas de alta susceptibilidade.

No que diz respeito aos materiais inconsolidados, da mesma forma que em outros estudos desta natureza, os critérios fundamentais de distinção de diferentes potenciais

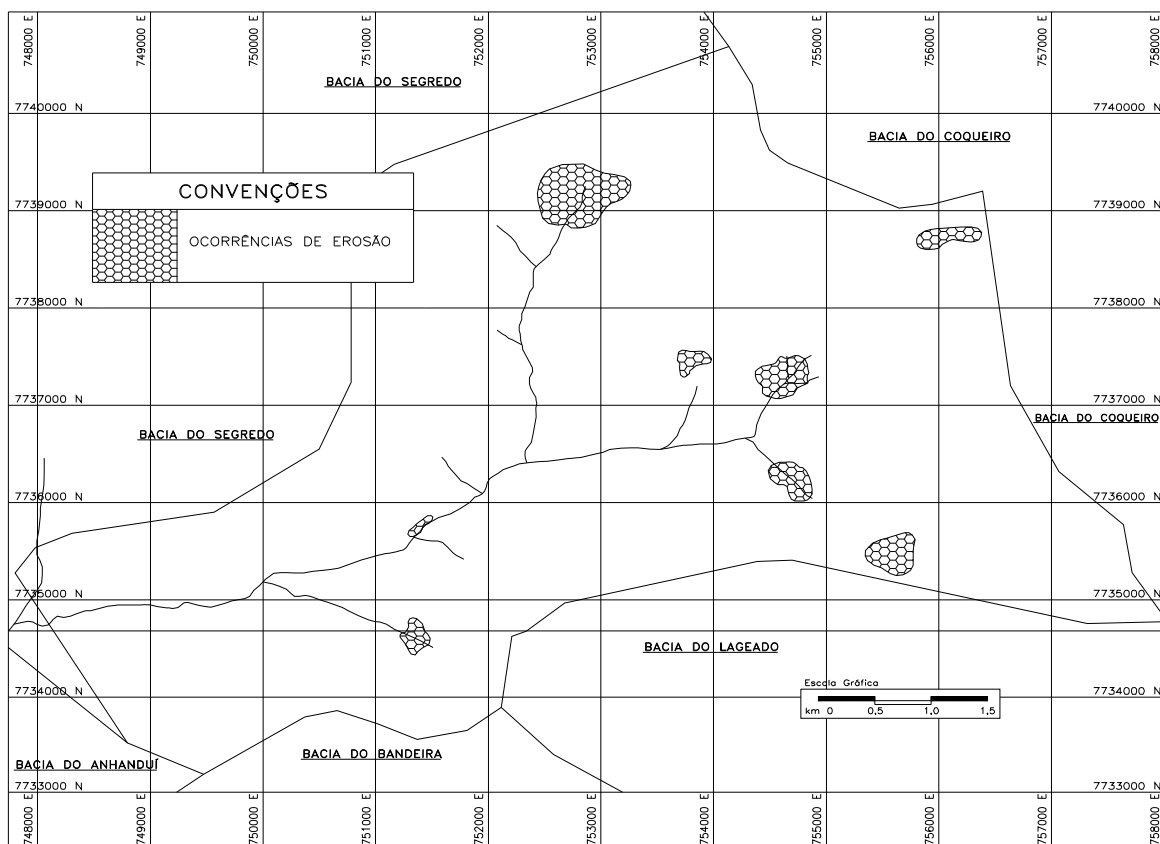


Figura 2 - Mapa de ocorrências de erosão em voçorocas na Bacia do Prosa.

de susceptibilidade à erosão foram as características dos materiais em termos de sua textura e estrutura.

As áreas de ocorrência dos latossolos e dos neossolos litólicos residuais de basalto foram, segundo os critérios descritos, consideradas áreas de baixa susceptibilidade enquanto as parcelas com neossolos quartzarênicos (residuais dos arenitos) e de depósitos aluviais foram tratadas como áreas de alta susceptibilidade à erosão.

Com base nas classes de declividades adotadas (< 2%, 2 – 5%, 5 – 10%, 10 – 20% e > 20%), na proposta metodológica adotada, e em outros trabalhos considerados na revisão bibliográfica sobre o assunto, este atributo foi classificado, segundo sua influência no processo erosivo em: baixa susceptibilidade – declividades menores que 5%, susceptibilidade média – declividades entre 5 e 10%, e alta susceptibilidade – declividade do terreno maior que 10%.

Considerando-se as características dos elementos de terreno descritos na área, notadamente a forma predominante das encostas e o comprimento de rampa das mesmas, os landforms foram classificados em três categorias, a saber: baixa susceptibilidade – topos das colinas, susceptibilidade média – áreas de várzea e fundos de vale,

alta susceptibilidade – cabeceiras de drenagem e encostas convexas.

A classificação do atributo ocupação em termos de susceptibilidade se deu em termos da intensidade de ocupação e da suposição, confirmada em muitas áreas urbanas em nosso país, de que áreas mais ocupadas tendem a apresentar condições mais propícias ao desenvolvimento de processos erosivos.

Com base nesse princípio as parcelas da área foram assim classificadas segundo sua susceptibilidade à erosão: baixa susceptibilidade – baixa ocupação, susceptibilidade média – média ocupação, susceptibilidade alta – alta ocupação.

O trabalho consistiu basicamente de três etapas interligadas, descritas a seguir (Mauro, 2001).

A primeira etapa envolveu atividade de levantamento de informações acerca da área tais como relatórios, mapas e fotografias aéreas. Nesta etapa foi ainda elaborada a base cartográfica da área e, sobre a mesma, a elaboração do mapa de ocorrências, a partir de trabalhos de campo. Ao mesmo tempo procedeu-se a fase de fotointerpretação preliminar dos landforms presentes na área possibilitando um zoneamento do meio físico da mesma.

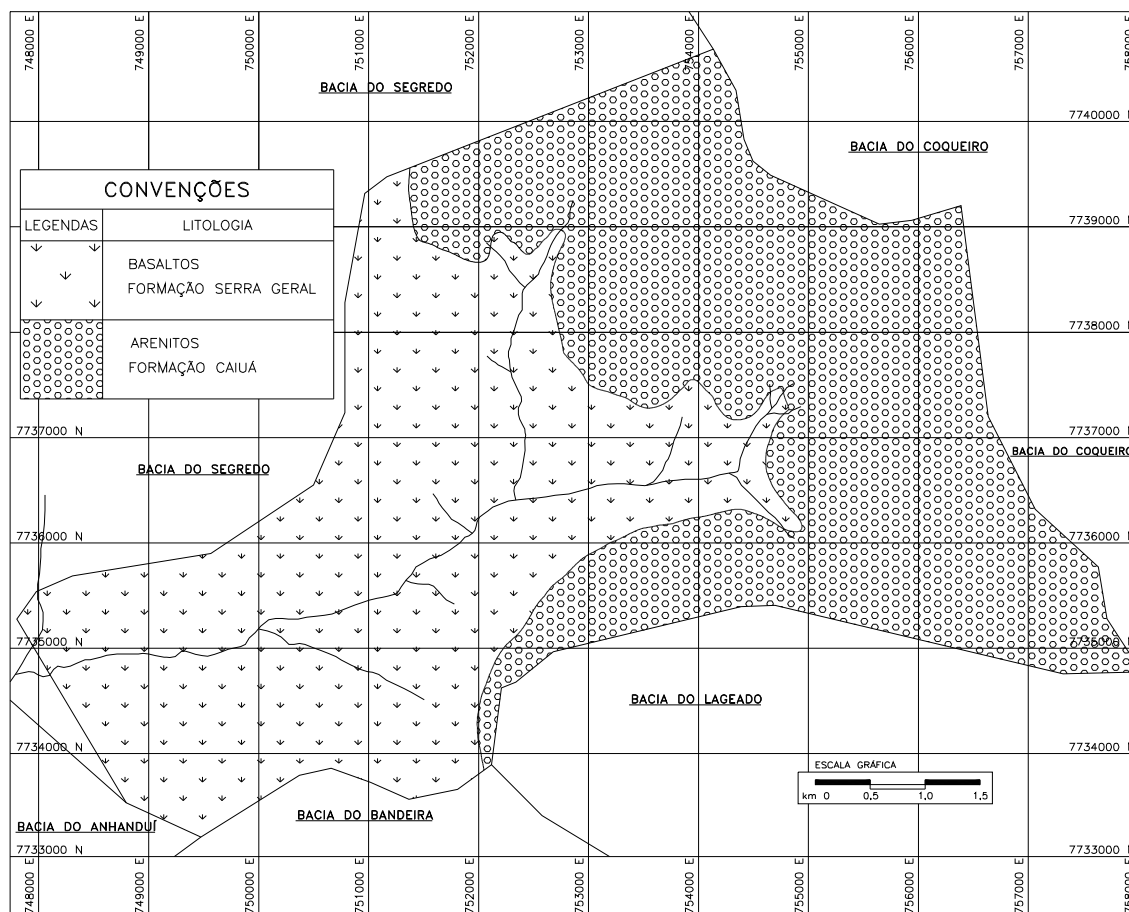


Figura 3: Mapa do substrato rochoso da Bacia do Prosa.

A segunda etapa constou basicamente de uma intercalação de trabalho de campo e de escritório. No trabalho de campo, procurou-se verificar os resultados obtidos na primeira etapa, permitindo uma maior precisão ao zoneamento preliminar feito através do trabalho de fotointerpretação buscando-se também caracterizar os materiais rochosos e inconsolidados presentes. Com base no conjunto de informações foi possível a fotointerpretação final e a produção dos mapas de atributos (substrato rochoso, materiais inconsolidados, declividades, landforms, ocupação do solo).

A etapa final (terceira) envolveu o tratamento das informações relativas aos atributos e a avaliação da importância relativa de cada classe de cada um dos atributos considerados, visando definir os mecanismos de classificação da susceptibilidade à erosão na área. Com base nestes

trabalhos foi possível então a elaboração da Carta de Susceptibilidade à Erosão.

ATRIBUTOS LEVANTADOS

Mapa de Ocorrências

Tendo em vista as dificuldades, já descritas, de identificação no campo (devido a obras anteriormente efetuadas) e de representação cartográfica de ocorrências de menor porte como sulcos e ravinas, este mapa ficou restrito à representação das voçorocas identificadas na área (Figura 2).

Estas feições (em número de oito) têm dimensões e localização variada na área ocorrendo tanto em áreas mais ocupadas como em outras com baixo índice de ocupação urbana.

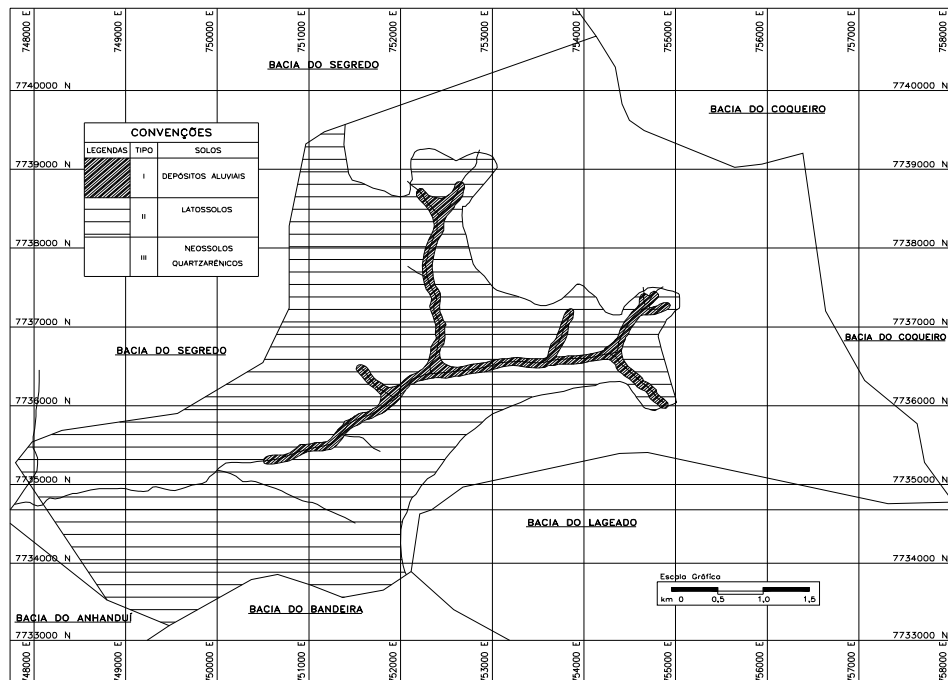


Figura 4: Mapa de materiais inconsolidados da Bacia do Prosa

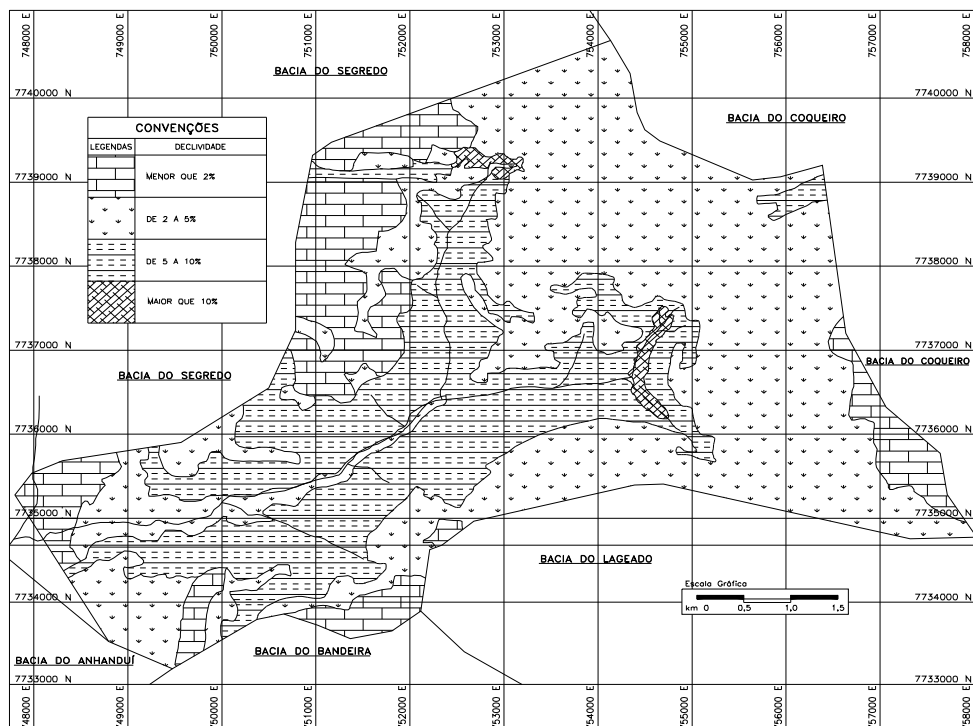


Figura 5: Carta de declividades da Bacia do Prosa.

Mapa do Substrato Rochoso

Como já descrito anteriormente o substrato rochoso da área apresenta os arenitos da Formação Caiuá nas porções mais elevadas do terreno (predominantemente nas parcelas sudeste e sudoeste da área) enquanto os basaltos da Formação Serra Geral ocorrem nas porções inferiores das encostas e nos vales das drenagens (posicionadas nas regiões central e oeste da área). Tal distribuição é representada na Figura 3.

Mapa de materiais Inconsolidados

Os materiais inconsolidados identificados na área foram divididos em três categorias segundo sua origem: I – depósitos aluviais (sedimentos argilosos pouco espessos, assentes sobre substrato rochoso composto por basalto); II – solos residuais da Formação Serra Geral (neossolos líticos e latossolos espessos de textura siltosa a argilosa com possibilidade de ocorrência de fragmentos de rocha); III – solos residuais da Formação Caiuá (neossolos quartzarênicos espessos).

Enquanto as ocorrências dos tipos I e II estão associadas ao substrato rochoso composto por basalto (porções central e oeste da área) o tipo III ocorre no entorno leste da bacia sobre os arenitos da Formação Caiuá (Figura 4).

Carta de Declividades

A primeira observação importante acerca da declividade na área estudada é o forte domínio de classes de declividade baixa a média o que reflete o aplainamento do relevo local. Outro aspecto marcante é a total ausência de parcelas do terreno com declividades superiores a 20% na bacia.

As classes de declividade dominantes são 2 – 5% (na porção superior das encostas e fundos de vale) e 5 – 10% (terço inferior das encostas). As parcelas da área com declividades menores que 2% situam-se no topo das encostas, enquanto as parcelas com maiores declividades (10 a 20%) estão restritas a áreas de nascentes das drenagens da bacia, como se pode observar na Figura 5.

Mapa de Landforms

A aplicação da técnica de avaliação do terreno na área permitiu a delimitação de dois tipos de unidades de terreno colinas e vales.

Unidade A: vales fechados e pouco profundos com terrenos mais inclinados no trecho superior (porção côncava da encosta).

Unidade B: colinas médias suave onduladas com topos aplainados e predominância de encostas de formas convexas. A subdivisão destas unidades proporcionou a identificação de quatro elementos do terreno (dois em cada unidade) a seguir apresenta-se a descrição dos elementos de terreno identificados (Figura 6).

Elemento A.1: correspondendo às várzeas e fundos de vale, estes landforms apresentam-se bastante aplainados ocorrendo na porção sudoeste da área e representam as parcelas dos vales com forte influência de processos deposicionais (aluviais).

Elemento A.2: compreendem as áreas de cabeceiras de drenagem e apresentam as maiores inclinações da área e encostas com pequeno comprimento de rampa (inferior a 500m) e formas predominantemente côncavas, distribuem-se por quase toda a porção central da bacia. Sua inclinação e forma sugerem forte influência de processos morfogenéticos e menor espessura de materiais inconsolidados no perfil.

Elemento B.1: representam as porções mais elevadas da área, são topos aplainados das colinas e situam-se em posições marginais da bacia, representando os divisores de água da Bacia do Prosa. Sua maior elevação e o forte aplainamento de suas formas indica materiais inconsolidados mais espessos.

Elemento B.2: inclui as porções superiores e médias das colinas com formas predominantemente convexas e grandes comprimentos de rampa (maiores que 1000m).

As características destes landforms indicam perfis de alterações espessos de solos.

Mapa de Ocupação do Solo

Como já descrito, a produção do mapa de ocupação se baseou na interpretação da carta imagem produzida a partir de imagens TM Landsat cujos padrões de cores foram analisados em termos da intensidade da ocupação urbana local.

Após o tratamento percebeu-se que de fato existiam padrões de cores que correspondiam a diferentes taxas de ocupação urbana na área.

Assim, as áreas com predominância de tons de verde (mesmo que levemente compostos com outros tons) indicavam área de menor ocupação urbana, as áreas com composição mista de tons esverdeados e rosados correspondiam a áreas de média ocupação, enquanto as áreas com forte predominância de tons rosas chegando até o extremo lilás indicavam áreas de alta taxa de ocupação.

Trabalhos posteriores de campo permitiram uma melhor definição dos limites destas classes em termos do traçado urbano local possibilitando a elaboração do mapa de ocupação do solo para a área (Figura 7).

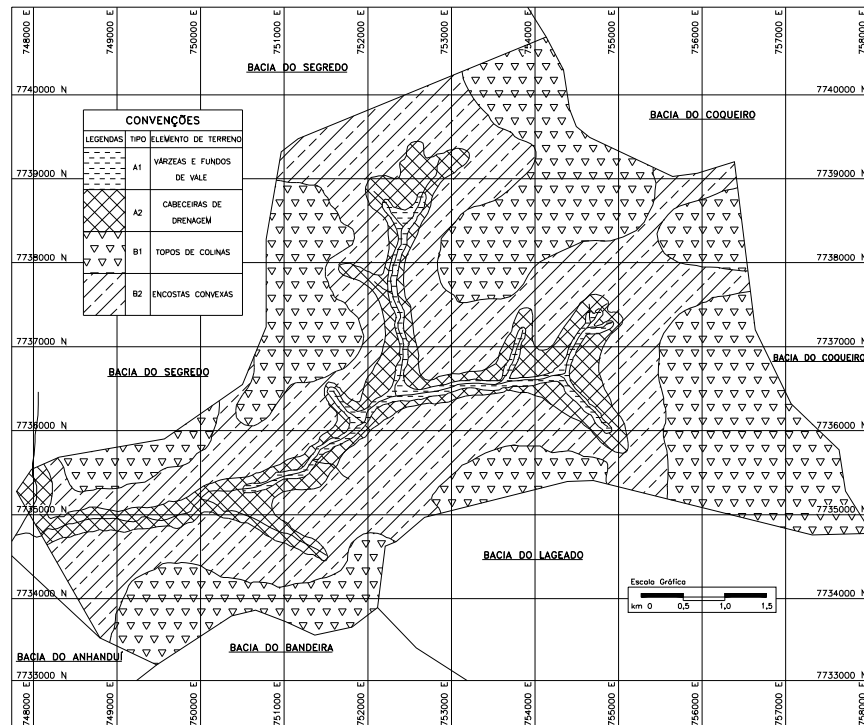


Figura 6 - Mapa de elementos de terreno da Bacia do Prosa

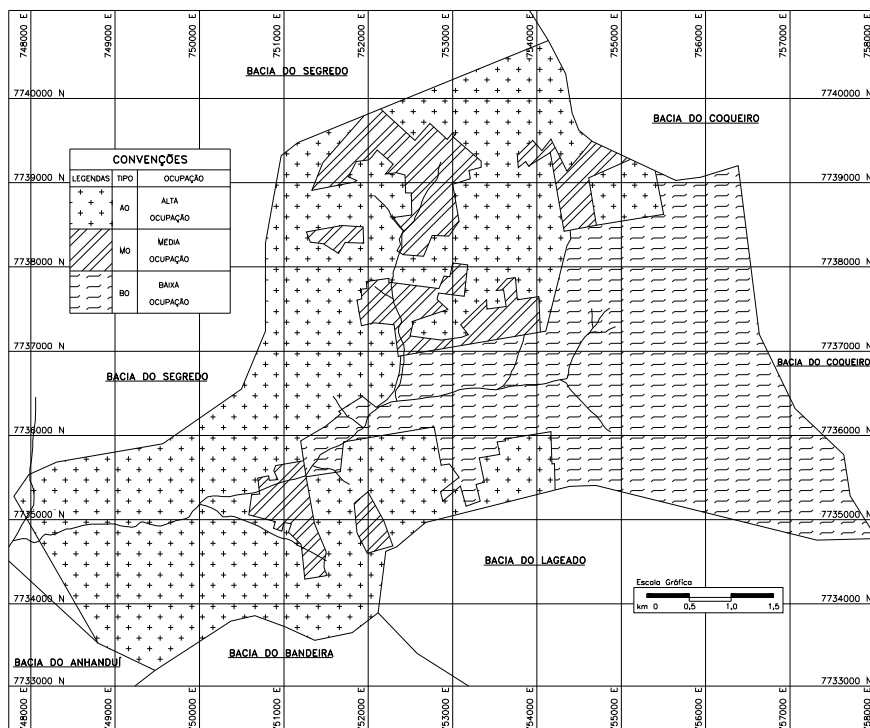


Figura 7 - Mapa de ocupação da Bacia do Prosa

SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO

A elaboração da Carta de Susceptibilidade à Erosão teve por objetivo analisar os terrenos da área, identificando áreas mais ou menos predispostas ao desenvolvimento das feições erosivas e quais atributos detêm maior influência no desenvolvimento destes fenômenos.

Como um dos objetivos da análise era justamente a definição da importância relativa dos atributos no desencadeamento do processo erosivo, optou-se por não estabelecer um conjunto de diferentes pesos para os atributos.

As classes de susceptibilidade foram então definidas com base na associação de número de atributos enquadrados nas categorias: alta (AS), média (MS) e baixa susceptibilidade (BS), conforme se pode observar na Tabela 1, sendo a avaliação final de susceptibilidade definida com base na composição dos atributos analisados.

A combinação de quatro atributos com alta susceptibilidade, três atributos com alta susceptibilidade, ou dois atributos com alta e dois com média susceptibilidade, por exemplo, dá como resultado áreas de alta susceptibilidade (AS).

Outras combinações de classes de susceptibilidade dos atributos foram definidas como média ou baixa susceptibilidade.

Tabela 1 - classes de susceptibilidade à erosão para a área em estudo, em função da combinação da susceptibilidade dos atributos considerados

Resultado	Susceptibilidade dos Atributos
Alta	4 atributos com AS 3 atributos com AS 2 atributos com AS e 2 com MS
Média	2 com AS, 1 com MS e 1 com BS 2 com AS e 2 com BS 1 com AS e 3 com MS 1 com AS, 1 com BS e 2 com MS 1 com AS, 1 com MS e 2 com BS 3 atributos com MS e 1 com BS
Baixa	1 atributo com AS e 3 com BS 2 com MS e 2 com BS 1 com MS e três com BS 4 atributos com BS

Para a elaboração da carta de susceptibilidade, foram analisadas as informações referentes ao substrato rochoso, materiais inconsolidados, declividade, landforms e ocupação do solo, buscando assim, hierarquizar áreas em função de seu potencial desenvolvimento de processos erosivos.

A identificação das ocorrências e suas características auxiliou na avaliação da influência dos atributos consi-

derados, permitindo uma análise mais precisa da importância de cada atributo nas diferentes combinações entre eles.

A consideração do substrato rochoso como atributo de análise de susceptibilidade se mostrou infrutífera por dois fatores:

- (1) a idéia de se utilizar o substrato rochoso como atributo se baseava no princípio de que os materiais residuais desenvolvidos sobre os mesmos apresentavam marcantes diferenças o que também se reflete no mapa de materiais inconsolidados;
- (2) a localização das ocorrências indicava igual distribuição para ambos os tipos de substrato rochoso (quatro em cada unidade do substrato) mostrando a baixa influência deste atributo.

Dessa forma a análise de susceptibilidade ficou então restrita a quatro atributos: materiais inconsolidados, declividade, landform, e ocupação do solo. As classes de susceptibilidade consideradas para cada atributo foram consideradas segundo descrição a seguir.

Com relação aos materiais inconsolidados, as áreas de ocorrência dos latossolos e dos neossolos litólicos residuais de basalto foram definidas como áreas de baixa susceptibilidade enquanto as áreas neossolos quartzarênicos e depósitos aluviais foram tratadas como áreas de alta susceptibilidade à erosão.

Para o atributo declividade do terreno, declividades menores que 5% foram definidas como baixa susceptibilidade, declividades entre 5 e 10% – susceptibilidade média, e declividades maiores que 10% – alta susceptibilidade.

Para os landforms foram consideradas áreas de baixa susceptibilidade os topos de colinas, susceptibilidade média as áreas de várzea e fundos de vale e alta susceptibilidade as cabeceiras de drenagem e encostas convexas.

Com relação à ocupação, as áreas com baixos índices de ocupação foram definidas como de baixa susceptibilidade, as de média ocupação como susceptibilidade média e como susceptibilidade alta as áreas com altos índices de ocupação.

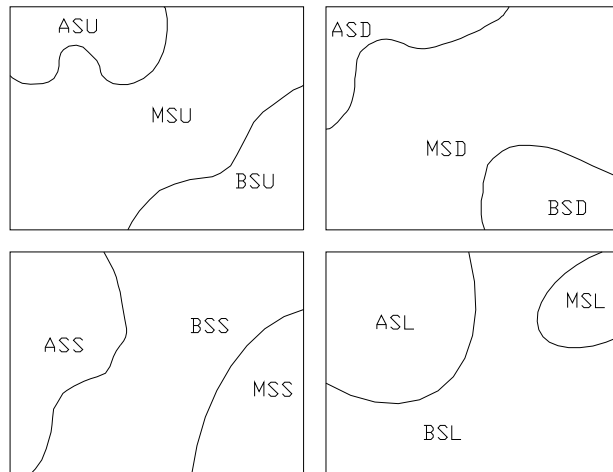
A combinação das susceptibilidades relativas de cada atributo se deu com base na técnica de superposição de mapas, considerando as combinações de atributos descritas na Tabela 1. O pressuposto básico para a aplicação de tal técnica é a existência de um zoneamento para cada atributo, hierarquizando sua influência na análise, como se pode observar na figura 8.

O passo seguinte é a sobreposição das cartas e a representação espacial de todos os atributos hierarquizados, como se pode observar na figura 9.

Após essa etapa, usualmente se parte para a atribuição de pesos relativos a cada atributo. No caso atual tal estratégia foi substituída pela consideração dos atributos

com mesmo peso, pelos motivos já expostos, sendo o resultado apresentado em termos de número de atributos classificados como alto, médio e baixo, por parcela de terreno considerada (figura 10).

O resultado de tal soma foi então classificado em termos da proposta apresentada na tabela 1, proporcionando a representação das classes de susceptibilidade generalizadas. O resultado final de tais atividades, com a avaliação global de susceptibilidade, é a carta interpretativa final apresentada na figura 11.



As – Alta Susceptibilidade
Ms – Susceptibilidade Média
Bs – Baixa Susceptibilidade
S–Solo; U–Uso; L–Landform; D–Declividade

Figura 8 - Representação da hierarquização dos atributos utilizados na análise.

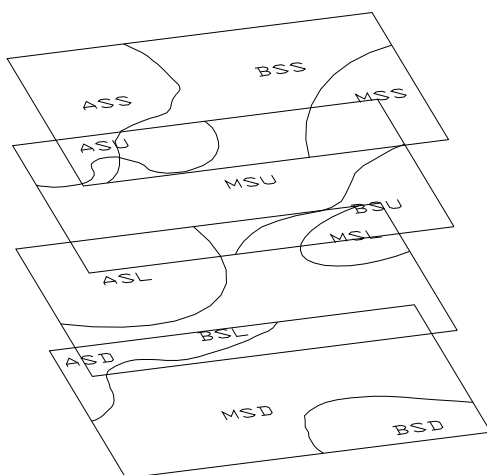
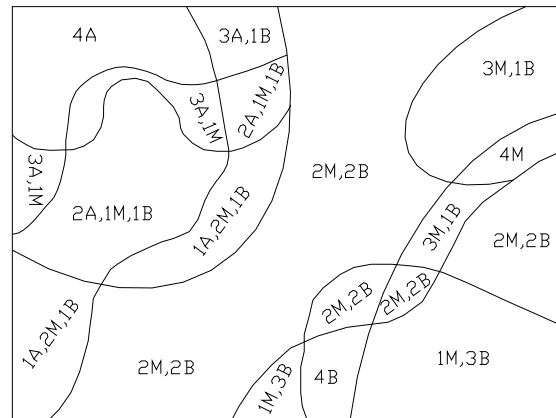


Figura 9 - Sobreposição dos atributos.



XA – atributos com susceptibilidade alta
YM – atributos com susceptibilidade média
ZB – atributos com susceptibilidade baixa

Figura 10 - Resultado da sobreposição, com a soma dos atributos.

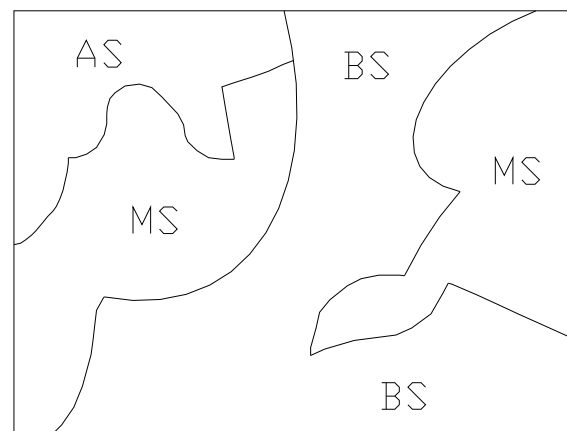


Figura 11 - Resultado final da análise de susceptibilidade.

O zoneamento da área em termos de sua susceptibilidade à erosão teve por objetivo a produção de um documento orientativo para planejadores e demais pessoas do meio técnico ligadas aos processos de ocupação urbana da área.

A apresentação da carta final, no entanto, não provê o usuário de informações que lhe permitam a tomada de decisão quanto à melhor solução técnica quando da ocupação de áreas, principalmente caso esta ocupação venha a se dar em área de susceptibilidade à erosão média ou alta.

A simples restrição à ocupação de áreas (sugestão muito comum em trabalhos de mapeamento geotécnico no passado) além de ser uma postura dramática e de pouco

resultado prático não informava adequadamente o usuário sobre as reais condições de ocupação.

Com o objetivo de evitar este tipo de postura e apresentar ao usuário um conjunto de informações que permitam que o próprio tome a decisão acerca da ocupação da área, conhecendo suas potencialidades e limitações, faz-se, a seguir, uma análise do efeito relativo de cada atributo no processo e das possíveis soluções técnicas a serem adotadas quando certos atributos se tornem desvantajosos.

Vale destacar que as “soluções técnicas” aqui descritas são meras sugestões, e que no processo de ocupação de cada área o usuário não deve dispensar a investigação local para aprofundar seus conhecimentos sobre a área em estudo e, aí sim, adotar a melhor solução técnica.

Influência dos Materiais Inconsolidados

Um dos aspectos mais marcantes com relação à este atributo é o fato de que as áreas com ocorrência dos neossolos quartzarênicos (residuais dos arenitos) resultaram áreas de susceptibilidade baixa ou média. Isso se deu porque estas parcelas, apesar de apresentarem o tipo de solo mais susceptível à erosão da bacia, apresentavam outros atributos (declividade, landform) favoráveis.

As poucas parcelas da área que apresentam areias quartzosas em áreas de alta susceptibilidade correspondem à áreas com maiores declividade (10 – 20%) e elemento de terreno B.2 (encostas convexas com grande comprimento de rampa).

Por outro lado, as áreas de alta susceptibilidade à erosão que apresentam os latossolos (residuais do basalto) como unidade de material inconsolidado apresentam declividades entre 5 e 10% e elemento de terreno A.2 (colinas côncavas) essencialmente nas cabeceiras de drenagem.

Estas observações, relacionadas ao fato que as ocorrências registradas se distribuem igualmente entre os dois principais tipos de materiais inconsolidados, mostram que este atributo não deve ser considerado como decisivo para o desenvolvimento do processo erosivo na área.

Nas áreas em que houver a combinação de solos potencialmente erodíveis (neossolos quartzoarênicos) com encostas convexas de grande comprimento de rampa e declividades maiores que 5% sugere-se cuidados especiais na ocupação, evitando-se cortes importantes nos serviços de terraplanagem e a adoção de dispositivos de drenagem superficial comprovadamente eficientes para a área ocupada.

Influência da Declividade

As áreas resultantes como alta susceptibilidade à erosão na bacia coincidem com as parcelas com predomínio de classes com maiores declividades (5 – 10% e 10 –

20%), das oito ocorrências registradas, sete se situam neste contexto, sendo quatro delas em cada tipo.

Quando predominam as classes de menor declividade (inclinações menores que 5%) tem-se, na análise da susceptibilidade global, áreas de susceptibilidade à erosão média ou baixa.

As observações acima indicam claramente que a declividade é, para a área estudada um atributo distintivo em termos do potencial de desenvolvimento do processo erosivo. É importante que se destaque que tal situação (forte influência da declividade no processo) não difere de situações que ocorrem em outros locais, devendo-se apenas destacar o fato de que na Bacia do Prosa, declividades acima de 5% já constituem alto potencial de desenvolvimento de processos erosivos.

Áreas com declividade entre 10 e 20% correspondem principalmente às cabeceiras de drenagem e, não só pelo potencial de desenvolvimento de processos erosivos mas também com o intuito de proteção de mananciais, devem receber especial atenção quando da ocupação sugerindo-se a revegetação de áreas com solo exposto e o uso destas áreas principalmente para fins institucionais (principalmente parques ou áreas de lazer).

As áreas com declividades entre 5 e 10%, tradicionalmente consideradas como de baixa susceptibilidade em outras áreas, merecem também atenção especial na Bacia do Prosa, uma vez que estão quase sempre associadas a colinas convexas longas, criando condições potenciais de instalação dos processos erosivos.

Para estas áreas sugere-se cuidados especiais com obras de drenagem e com o traçado urbano, de forma a não se criar caminhos preferenciais de escoamento superficial concentrado em direções paralelas à pendência principal da encosta (ou perpendicular às curvas de nível locais).

Influência dos Landforms

Com relação à este atributo verifica-se que as parcelas da área estudada que resultaram como susceptibilidade de alta correspondem às encostas.

As áreas de encosta convexa (elemento de terreno B.2) apresentam menores inclinações (entre 5 e 10%) e, neste caso, o principal fator que influenciaria o desenvolvimento de processos erosivos seria a forma da encosta associada a seu comprimento de rampa.

Já nas áreas de encostas côncavas (elemento de terreno A.2), supostamente menos susceptíveis à erosão, tudo indica que a maior inclinação do terreno (declividades superiores a 10%) deva ser o principal fator desencadeador do processo.

O fato das ocorrências registradas na área se dividirem igualmente (quatro ocorrências em cada) entre os elementos de terreno citados demonstra um certo equilíbrio entre a possibilidade de desenvolvimento do processo

erosivo nestes landforms, além de indicarem que este atributo (landform) tem papel importante no processo erosivo na área, se constituindo num atributo fundamental na análise.

Influência da Ocupação

A avaliação da distribuição das parcelas da área e dos diferentes graus de susceptibilidade associados indica independência entre a intensidade da erosão e o grau de ocupação registrada.

A área estudada apresenta parcelas definidas como alta susceptibilidade em áreas de baixo, médio e alto graus de ocupação, o mesmo acontecendo com as parcelas classificadas como susceptibilidade média e baixa.

Da mesma maneira, foram registradas, na Bacia do Prosa, ocorrências de processos erosivos tanto em áreas caracterizadas como alto índice de ocupação urbana como em áreas de ocupação média e baixa.

Todas as observações citadas indicam que a intensidade de ocupação não é um atributo distintivo na análise da susceptibilidade à erosão na área estudada.

Não é a intensidade da ocupação, mas sua execução sem as soluções técnicas adequadas às condições locais que desencadeia o processo erosivo.

CONCLUSÕES

A técnica tradicional de cartografia geotécnica com a superposição de atributos e o uso de escala de detalhe proporcionou bons resultados na análise de susceptibilidade à erosão na área, permitindo não só o zoneamento da mesma em termos de classes susceptibilidade, mas também a consideração da importância relativa de cada atributo considerado.

A utilização da proposta metodológica de Zuquette (1987 e 1993) mostrou-se adequada para a caracterização do meio físico visando a análise de susceptibilidade.

A aplicação da Técnica de Avaliação do Terreno até o nível hierárquico elemento de terreno, segundo sistemática de Lollo (1996) evidenciou claramente a importância do condicionante geomorfológico no processo erosivo na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DE BLASI, M. (1970) *Cartas de declividade: confecção e utilização. Geomorfologia*, 21, p.1-13.
- COOKE, R.U. & DOORNKAMP, J.C. (1990) *Geomorphology in Environmental Management: a new introduction*. New York: Claredon Press, 767p.
- LOLLO, J.A. (1994) "Landform": Conceituação, Descrição e Aplicabilidade na Caracterização Preliminar de Unidades do Meio Físico para Cartografia Geotécnica. Seminário – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 46p.
- LOLLO, J. A. (1996) O uso da técnica de avaliação de terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadricula de Campinas. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2v.
- MAURO, J. R. (2001) Carta de susceptibilidade à erosão para a área da Bacia do Prosa, Campo Grande – MS, escala 1:15.000. Dissertação – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 65p.
- OLIVEIRA, A. L. (1991) Carta geotécnica de Campo Grande-MS, PLANURB/SEPLAN, 34p.
- PLANURB (1991) Carta geotécnica de Campo Grande. Instituto Municipal de Planejamento Urbano e de Meio Ambiente. Campo Grande, MS, 22 p.
- PLANURB (1993) Carta de drenagem de Campo Grande. Instituto Municipal de Planejamento Urbano e de Meio Ambiente. Campo Grande, MS, 31 p.
- PLANURB (1997) Diagnóstico de Erosão da cidade de Campo Grande. Instituto Municipal de Planejamento Urbano e de Meio Ambiente. Campo Grande, MS, 103 p.
- PLANURB (1998) Perfil sócio econômico de Campo Grande. Instituto Municipal de Planejamento Urbano e de Meio Ambiente. Campo Grande - MS, 105p.
- ZUQUETTE, L. V. (1987) *Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras*. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 3v.
- ZUQUETTE, L.V. (1993a) *Importância do Mapeamento Geotécnico no Uso e Ocupação do Meio Físico: fundamentos e guia para elaboração*. Tese (Livre Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2v.
- ZUQUETTE, L. V. (1993b) *Algumas propostas metodológicas para elaboração de cartas de risco de "hazards"*. In: Congresso brasileiro de geologia engenharia, 7, Poços de Caldas. ABGE, p.75-88.

Use of Terrain Evaluation Technique to Generate Erosion Susceptibility Chart in Prosa Basin – Campo Grande - MS

ABSTRACT

This work involves erosion conditioning processes evaluation in a specific drainage basin in urban environment and susceptibility analysis in different basin parts identified in terms of its physical environment homogeneous properties. The main criterion for physical environment zoning was morphologic, using terrain evaluation technique. The studied area involves Córrego do Prosa Basin, in Campo Grande (MS), which was selected due to its accelerated urban occupation and its serious problems with erosion processes. In order to characterize erosion conditioning we survey geologic and geomorphologic information and human activities. For surveying, classification and analysis of attributes we used Zuquette (1987 and

1993a) methodological proposition while to provide the natural units zoning were used terrain evaluation technique, with Lollo (1996) systematic.

Results were represented in 1:15.000 scale maps. The considered attributes were rocks, soils, slope inclination, landforms (until land element level) and human occupation. These attributes were classified to susceptibility chart generation (final chart).

Terrain evaluation technique shows high efficacy in physical environment zoning to describe its different levels of erosion processes development potential.

Key-words: Geomorphology; terrain evaluation.