

ANÁLISE DE VULNERABILIDADE DE UM PARQUE URBANO ATRAVÉS DE MÓDULOS DE APOIO À DECISÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Heinrich Hasenack; Eliseu Weber; Rejane Valdameri

UFRGS - Centro de Ecologia/Centro de Recursos IDRISI

Caixa Postal 15.007 Porto Alegre - RS

Tel.: (051) 316-6909 fax: (051)319-1568

e-mail: hasenack@ecologia.ufrgs.br

RESUMO

A urbanização nas regiões metropolitanas no Brasil produziu estruturas complexas, desiguais e compartimentadas. Encostas e áreas verdes foram e continuam sendo inadequadamente ocupadas, resultando em degradação ambiental e em riscos à segurança da população. A implementação de políticas de conservação dessas áreas passa pelo estudo e zoneamento como forma de subsidiar o manejo, a gestão e o monitoramento. O presente trabalho desenvolve um mapa de vulnerabilidade à ocupação urbana de uma área proposta para um parque no município de Porto Alegre, usando técnicas de geoprocessamento. Foram digitalizadas 13 cartas cadastrais em escala 1:1.000 da base cartográfica da Prefeitura Municipal de Porto Alegre. A integração dos dados foi feita com o uso dos módulos de apoio à decisão disponíveis no *software* IDRISI (Clark University). Foram usados como variáveis a declividade do terreno, a distância das áreas construídas, a distância de ruas e caminhos e a cobertura vegetal. Os resultados mostram ser os sistemas de informação geográfica uma excelente ferramenta para o planejamento ambiental.

ABSTRACT

The urbanization of the Brazilian metropolitan regions produced complex, unequal and compartmented structures. Slopes and green areas were and are not properly used, resulting in environmental degradation and facilitating environmental hazards. The implementation of conservation policies asks for studies and zoning as a way to support the management and monitoring of such areas. The present study develops a vulnerability map to an urban park aiming its zoning and the establishment of a management plan for this area. The cartographic basis came from the digitalization of 13 map sheets in 1:1.000 scale of the Prefeitura Municipal de Porto Alegre, RS. Decision support modules of the IDRISI software (Clark University) were used to integrate the data. Variables like slopes, vegetation, distance to streets and trails and distance to buildings were used as factors for the establishment of a vulnerability map. The results showed that geographical information systems are an excellent tool for environmental planning.

INTRODUÇÃO

A urbanização no Brasil, principalmente nas regiões metropolitanas, tem produzido estruturas complexas, desiguais e compartimentadas, constituindo-se num fator de diminuição da qualidade de vida. O processo de metropolização se caracteriza por envolver uma multiplicidade de agentes e fatores do espaço no qual o processo se concretiza. Assim “A cidade/metrópole cresce a partir das contradições e da diversidade que diferentes lógicas sociais lhe emprestam...”(Andrade, 1993). A problemática gerada por esse processo de urbanização reflete-se na organização e na ocupação do espaço, modificando as relações homem x sociedade e homem x meio ambiente. Gera-se, assim, um novo espaço, com nova estrutura e novos códigos visando à sobrevivência nesta nova ordenação espacial. Como consequência destes fatos temos a geração de uma estrutura urbana fragmentada com a separação de um núcleo central urbanizado e de um cinturão periférico caracterizado pela falta de infra-estrutura, loteamentos irregulares e invasão de áreas de risco e de áreas verdes.

Porto Alegre, como outras metrópoles, enfrenta o problema do aumento da população que agrava a falta de moradia e emprego, aumentando a miséria e a marginalidade. Andrade (1993) afirma que o processo de metropolização de Porto Alegre segue a lógica nacional. Como confirma a regra, Porto Alegre apresenta uma lógica de expansão urbana caracterizada em nível macro por um processo disperso e subestruturado, gerando grandes zonas periféricas e “zonas cinto” desocupadas e subutilizadas.

A preocupação de preservar os poucos remanescentes da vegetação associada aos morros graníticos de Porto Alegre alerta o Poder Público para a necessidade da criação de leis de proteção e regras de ocupação específicas para estas áreas. Algumas áreas verdes com vegetação natural já possuem regulamentação, contando com leis que protegem sua flora e fauna e determinam o uso do solo, mas ainda existem áreas com vegetação nativa sem qualquer proteção, como é o caso da área que envolve o Morro do Osso. Buscando desenvolver ações nesse sentido, a Prefeitura

Municipal de Porto Alegre está desenvolvendo o projeto Vegetação em Porto Alegre, no qual está inserido por termo aditivo o estudo da área que caracteriza o Morro do Osso, visando à implantação do Parque do Morro do Osso.

Localizada na margem esquerda do Guaíba, a 30° 01'53" S e 51° 13'18" W Gr, Porto Alegre situa-se numa área geomorfológicamente complexa onde se inter cruzam elementos de relevo de várias províncias morfo-estruturais do Rio Grande do Sul, como o Escudo Sul-Riograndense, a Depressão Periférica, o fundo da Planície Costeira e o Sistema Lagunar. Em função deste quadro, a topografia porto-alegrense caracteriza-se por apresentar um relevo muito diversificado com a presença de planícies aluvionais, baixos terraços e morros altos e baixos, entre outros. O conjunto dos morros baixos (até 130 m de altitude) da margem do Guaíba (figura 1) caracteriza-se por apresentar vertentes mamelonares, espigões alongados e patamares escalonados, separados ou não por pequenos colos (Ab'Saber, 1966).



Figura 1. Vista parcial do conjunto de morros baixos localizados junto ao Guaíba.

No conjunto de morros baixos da margem esquerda do lago Guaíba encontra-se o morro do Osso, situado entre os bairros de Ipanema e Tristeza, a sul do centro de Porto Alegre.(figura 2). A denominação Morro do Osso está relacionada ao fato de nele ter sido encontrada grande quantidade de ossos, identificados como sendo de índios que usavam o local como cemitério (Caldre e Fião, 1943). O morro do Osso possui área aproximada de 383 ha, com uma altitude máxima de 137m. É uma das maiores áreas verdes contínuas no interior da área urbana de Porto Alegre e sua flora e fauna formam um sistema rico e diversificado associado à mata atlântica. Aliada à riqueza do ecossistema, o morro tem uma localização privilegiada de onde se pode avistar toda a cidade de Porto Alegre, o que o torna um local que requer atenção especial no que se refere à busca de uma melhor utilização da área em termos de ocupação e preservação.

Com o objetivo de conservar esta área verde urbana, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAM) de Porto Alegre tomou a iniciativa de propor a transformação de parte da área do morro em um parque, procurando preservar a flora e fauna locais e incentivar o turismo não predatório. Assim, a SMAM e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), através do Centro de Ecologia do Instituto de Biociências, estruturaram um projeto de cooperação para o estudo e caracterização da área. Haja visto a carência de informações e de dados bibliográficos específicos para a área de estudo em questão foi necessário desenvolver uma base de informações para subsidiar o zoneamento e o gerenciamento da área. Através do projeto de cooperação foram efetuados vários levantamentos, dentre os quais um levantamento florístico e de comunidades vegetais e um levantamento faunístico.

De posse dos dados específicos levantados e dos dados da base cartográfica da prefeitura, o passo seguinte foi integrar as informações e montar simulações dos cenários envolvendo os aspectos de interesse (Valdameri, 1996). Os métodos convencionais de análise usados em ecologia de paisagem são demorados e trabalhosos, dificultando a tarefa de integração e espacialização dos dados, especialmente quando eles tem diferentes origens, tipos e formatos. As técnicas de análise espacial introduzidas com o geoprocessamento podem facilitar sobremaneira essa tarefa, permitindo a integração de um grande número de variáveis e a espacialização dos resultados. Além de reduzir a subjetividade nos procedimentos de análise passa-se a contar com a visualização dos dados e resultados na forma de mapas.

A possibilidade de combinar informação cartográfica e tabular, bem como embutir conhecimento específico e/ou subjetivo em uma análise, torna um sistema de geoprocessamento uma ferramenta especialmente útil para fins de planejamento. Pode-se entender o planejamento como a aplicação racional do conhecimento do homem ao processo de tomada de decisões para conseguir uma ótima utilização dos recursos, a fim de obter o máximo de benefícios para a coletividade (Santos & Nascimento, 1992).

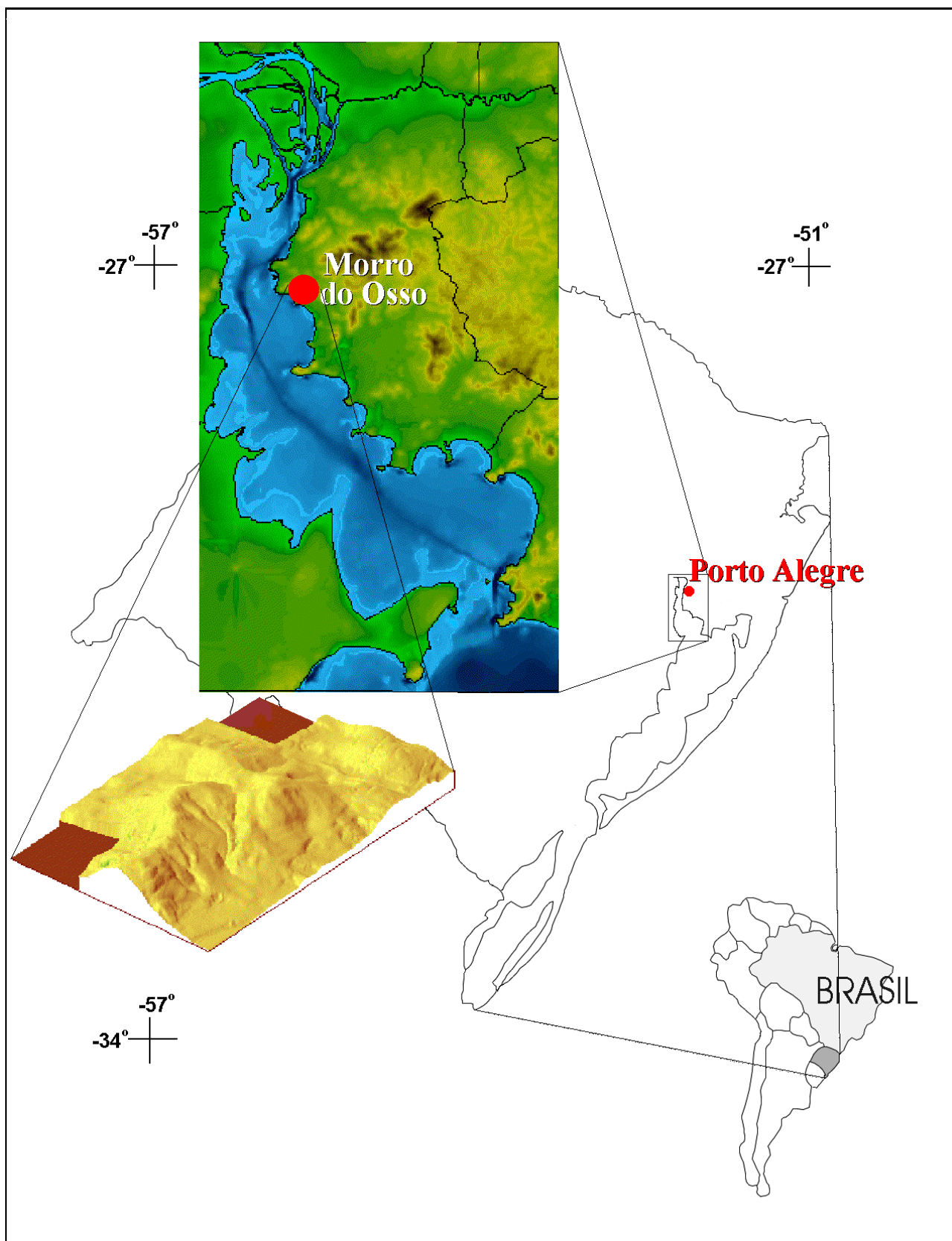


Figura 2. Localização do Morro do Osso no Rio Grande do Sul e no município de Porto Alegre.

No contexto do geoprocessamento, o processo de tomada de decisão envolve vários conceitos. Uma decisão, por exemplo, é uma escolha entre alternativas, baseada em algum critério. Um critério é alguma base mensurável e avaliável para uma decisão, e pode ser um fator ou uma restrição. Um fator realça ou ameniza a aptidão de uma alternativa específica para um propósito em consideração e uma restrição limita as alternativas em consideração. Uma regra de decisão é o procedimento pelo qual critérios são combinados para uma determinada avaliação que visa um

objetivo específico. Essa avaliação pode ser feita por critérios múltiplos ou com múltiplos objetivos, e estes podem ser complementares ou conflitantes.

O objetivo do presente trabalho foi estruturar um banco de dados cartográfico digital da área do futuro parque e aplicar rotinas de apoio à decisão na geração de uma mapa de vulnerabilidade à ocupação, integrando dados de declividade, classes de vegetação, além da proximidade de ruas e caminhos e da proximidade de edificações.

MATERIAL E MÉTODOS

O material e equipamentos utilizados no desenvolvimento do presente trabalho são os seguintes:

- 13 cartas planialtimétricas (sistema de coordenadas Gauss-Krüger) do mapeamento cadastral da prefeitura municipal de Porto Alegre em escala 1:1.000, com equidistância das curvas de nível de 1m, elaboradas em 1982;
- mapa de cobertura vegetal elaborado a partir de trabalho de campo e de interpretação visual de fotografias aéreas de 1982 da prefeitura municipal de Porto Alegre em escala 1:8.000;
- levantamento planimétrico com o limite proposto para o parque;
- *software* de digitalização e edição vetorial TOSCA v. 2.12;
- *software* de geoprocessamento IDRISI for Windows v. 2.0;
- microcomputadores e periféricos.

As informações relativas às curvas de nível, rede viária e edificações das cartas do mapeamento cadastral, bem como as classes do mapa de cobertura vegetal fotointerpretado, foram digitalizadas em planos de informação individuais usando-se o *software* Tosca v.2.12 (Clark University). Depois de editados, os arquivos vetoriais oriundos da digitalização foram processados no *software* IDRISI for Windows v. 2.0 (Clark University). A partir das curvas de nível foi interpolado um modelo numérico do terreno, que constitui um conjunto estruturado de dados de coordenadas x , y e z que pode ser utilizado para representar quaisquer variáveis distribuídas num espaço bidimensional, como o teor de algum mineral ou pH do solo, associando seus valores à coordenada z (Lombardi Neto & Camargo, 1992). Neste caso a coordenada z representa a altitude. Os demais arquivos vetoriais também foram convertidos para o formato raster, pois é neste formato que o IDRISI efetua as análises. A resolução espacial utilizada nos arquivos raster foi de 5 metros.

Uma vez estruturados os mapas, foi necessário desenvolver uma regra de decisão para contemplar o objetivo do trabalho. Uma regra de decisão é um procedimento para combinar os critérios que serão utilizados para definir o grau de vulnerabilidade de cada *pixel* da área do futuro parque. A escolha de uma determinada área para implantação de um parque tem caráter político, mas a decisão sobre a forma como essa área será dividida ou monitorada tem caráter eminentemente técnico (Eastman et al., 1993). Com o auxílio de métodos estatísticos é possível atribuir pesos aos fatores envolvidos em uma análise ambiental de modo a ponderar a participação de cada variável na análise desejada. Neste contexto, o geoprocessamento constitui-se num instrumento útil para diminuir a subjetividade no processo de decisão (Hasenack, 1995).

Para definir o grau de vulnerabilidade da área proposta para o futuro parque do morro do Osso foram levados em consideração cinco critérios: o limite da área proposta para o futuro parque, a declividade, a cobertura vegetal, a distância de áreas construídas e a distância de ruas e caminhos. Como já mencionado, um critério pode ser um fator ou uma restrição. Neste caso, o limite da área proposta para o futuro parque representa uma restrição, pois a análise de vulnerabilidade é válida somente para a área dentro desse limite, ou seja, qualquer que seja o valor de vulnerabilidade fora do mesmo ele não tem efeito algum porque não é área de interesse. Os demais quatro critérios constituem fatores, que definem áreas com algum grau de vulnerabilidade para toda uma região geográfica, descrevendo uma superfície contínua que indica áreas favoráveis ou desfavoráveis para o objetivo proposto. São eles o fator declividade, o fator vegetação, o fator distância de ruas e caminhos e o fator distância de edificações.

O primeiro passo na análise é criar os arquivos correspondentes a esses critérios a partir dos dados originais digitalizados, como descrito a seguir.

- a) **Restrição área do parque:** a partir do polígono digitalizado do parque foi gerada uma máscara *Booleana* com valor 1 na área do parque e valor zero nas áreas externas a ele (figura 3).
- b) **Fator vegetação:** o mapa de vegetação com as classes originais foi reclassificado de modo a ordená-las em ordem crescente de vulnerabilidade. Quanto mais baixa for a vegetação, maior sua vulnerabilidade à ocupação (figura 4).
- c) **Fator declividade:** a partir do modelo numérico do terreno calculou-se um mapa de declividades em porcentagem, usando-se a rotina SURFACE do IDRISI (figura 5).
- d) **Fator distância de ruas e caminhos:** as ruas e os caminhos permitem um acesso fácil a qualquer local próximo ao seu trajeto. Assim, foi gerado um mapa de distâncias lineares calculadas a partir do arquivo raster de ruas e caminhos, empregando-se a rotina DISTANCE. O mapa de distâncias resultante é uma superfície contínua onde cada *pixel* registra a distância linear ao *pixel* pertencente a uma rua ou caminho mais próximo (figura 6).

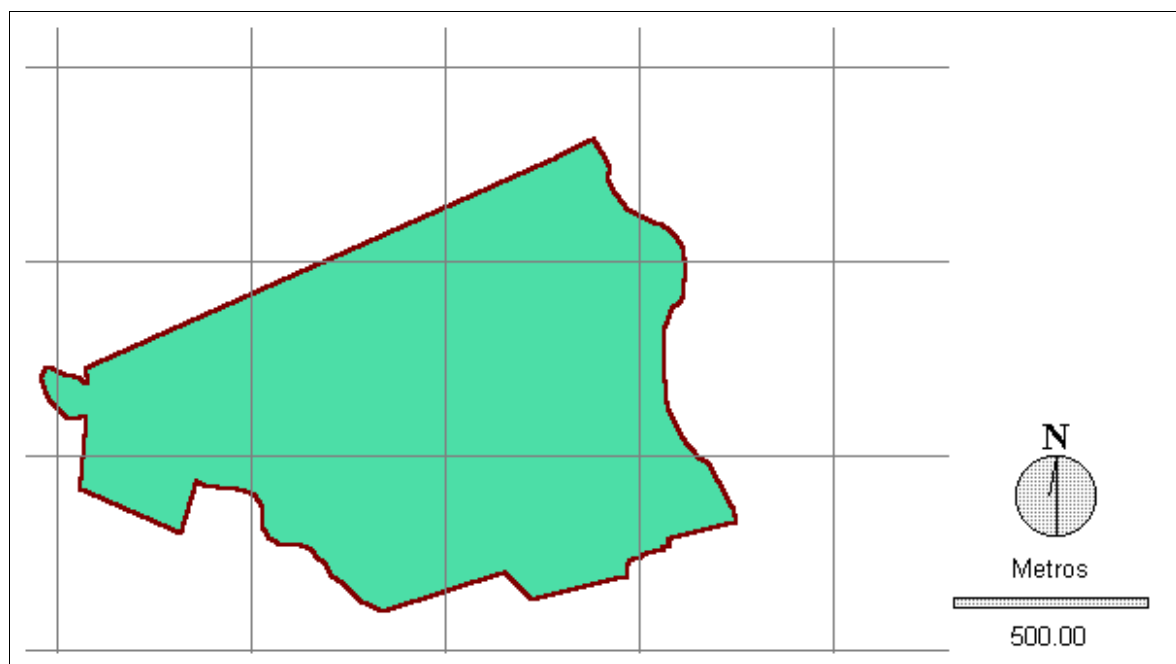


Figura 3. Máscara *Booleana* da área proposta para o futuro parque.

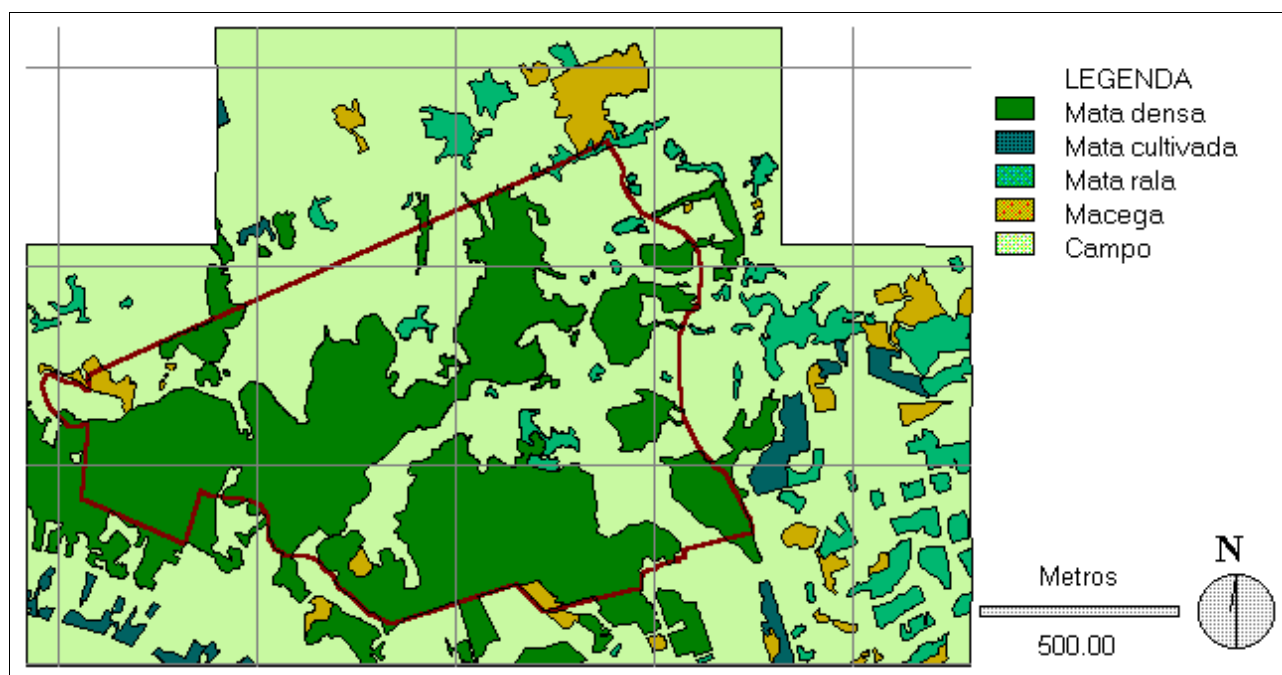


Figura 4. Mapa de vegetação da área do parque e entorno.

- a) **Fator distância de edificações:** diferente da distância simples calculada no fator anterior, neste caso usou-se o cálculo de distâncias de custo. A distância de custo leva em consideração uma superfície de atrito representando restrições relativas ou absolutas ao movimento, associadas ao deslocamento através de um *pixel*. Sabe-se que o deslocamento em direção ao limite do parque a partir de qualquer ponto externo ao mesmo se dá bem mais facilmente pelas ruas e caminhos do que por sobre outras áreas. Produziu-se assim uma superfície de atrito na qual se estabeleceu que o deslocamento em uma rua ou caminho é três vezes mais fácil que o deslocamento através de um *pixel* que não é nem rua nem caminho. O mapa resultante representa as distâncias calculadas a partir de cada edificação em número de células equivalentes a uma unidade de medida de tempo relativo de deslocamento ao longo de ruas e caminhos existentes (figura 7).

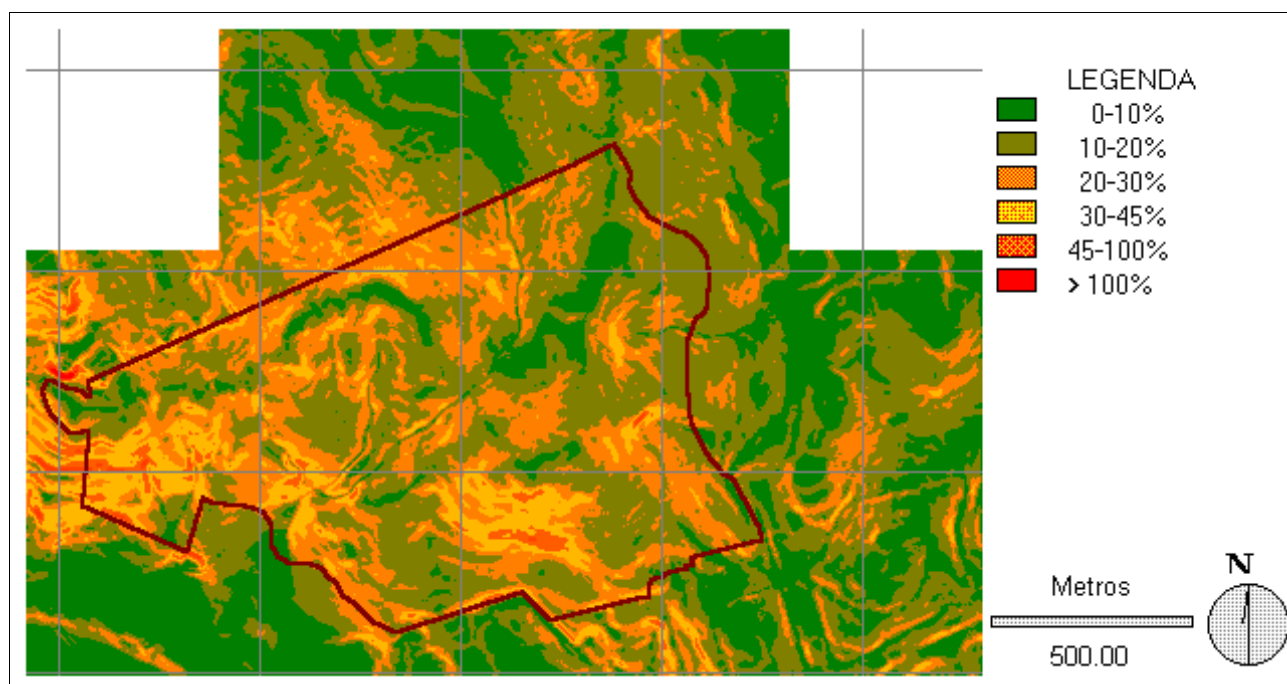


Figura 5. Mapa de declividades da área do parque e entorno.

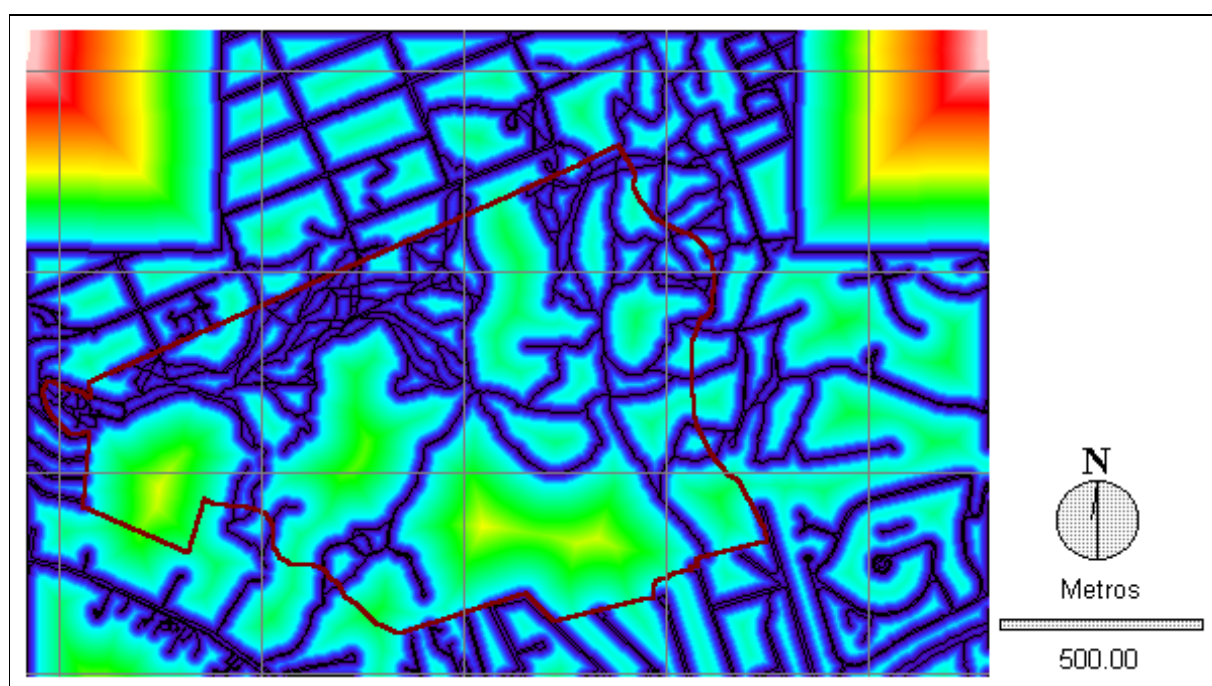


Figura 6. Distância calculada a partir das ruas e caminhos existentes.

Após definir os mapas dos critérios, é necessário reduzi-los a uma mesma escala de valores para torná-los comparáveis. No nosso caso, a restrição correspondente à máscara do parque continuou como imagem *Booleana*, enquanto os fatores foram reescalados para uma escala padrão que oscila entre 0 e 255, o intervalo de um *byte*. Usou-se o conceito probabilístico *fuzzy* neste reescalamento, onde os fatores são padronizados para uma escala contínua de vulnerabilidade de 0 (menos vulnerável) até 255 (mais vulnerável), permitindo a retenção da variedade dos dados contínuos. Para essa tarefa empregou-se a rotina FUZZY do IDRISI.

- a) **Fator vegetação:** as classes de vegetação já ordenadas em ordem crescente de vulnerabilidade foram distribuídas linearmente entre 0 e 255. O campo nativo (menor grau de cobertura vegetal) recebeu valor 255 e a mata nativa (maior grau de cobertura) o valor 0.
- b) **Fator declividade:** áreas com alta declividade representam menor vulnerabilidade à ocupação do que áreas com pouco declive, pois dificultam a instalação de moradias. Embora quanto menor a declividade maior sua vulnerabilidade, áreas com declividades inferiores a 10% não têm diferença significativa entre si. Já as áreas acima de 45% são limitantes à ocupação e devem ter valor de vulnerabilidade baixo. Usou-se para este

reescalonamento uma função sigmoidal decrescente com primeiro ponto de inflexão em 10% e o segundo em 45%.

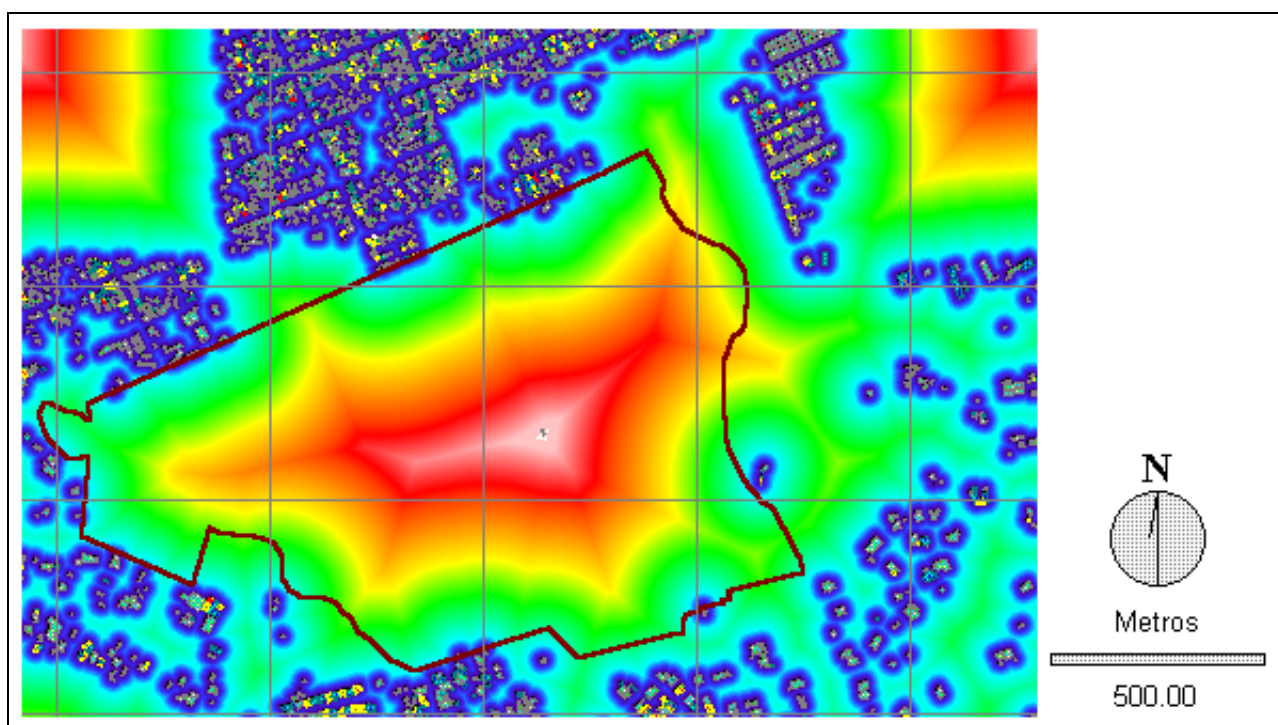


Figura 7. Distância a partir das edificações existentes no entorno do parque.

- Fator distância de ruas e caminhos:** quanto mais próxima estiver uma área de uma rua ou caminho, tanto mais vulnerável à invasão ela estará sujeita. Áreas próximas às ruas e aos caminhos são facilmente invadidas. Empregou-se assim uma função sigmoidal crescente com primeiro ponto de inflexão a 2,5 m (largura média do passeio) e 100m como a distância máxima que alguém estaria disposto a se deslocar para construir uma casa ou estabelecer uma ligação clandestina de água ou luz.
- Fator distância de edificações:** quanto mais distante estiver uma área de uma edificação, menos vulnerável à invasão ela estará sujeita. Como já havia sido levada em consideração uma superfície de atrito quando da geração do mapa de distâncias a partir das edificações, foi utilizada uma função linear decrescente de reescalonamento.

Depois de padronizar todos os fatores é necessário usar um método de agregação para chegar ao resultado final pretendido. Para agregar os quatro fatores padronizados e a restrição utilizou-se o método de combinação linear ponderada, disponível no módulo MCE (*Multi Criteria Evaluation*) do conjunto de apoio à decisão do IDRISI. Nesse método é possível atribuir a cada fator um peso que indica a sua importância no processo de agregação dos dados (Eastman, 1997).

Para gerar o conjunto de pesos a aplicar aos fatores utilizou-se a técnica de comparação pareada disponível no IDRISI através do módulo WEIGHT. Nesta técnica cada fator é combinado com os demais através de uma matriz de comparação pareada, como a mostrada na tabela 1. Indica-se qual o fator mais importante e quanto este fator (coluna da esquerda) é mais importante que cada um dos demais fatores (linha superior) aos quais está sendo comparado. Quando a matriz é completada é possível calcular os pesos de cada fator resultantes da comparação pareada, bem como efetuar uma avaliação de consistência da mesma. Os pesos resultantes da comparação pareada efetuada são mostrados na tabela 2.

RESULTADOS

Tabela 1: Matriz de comparação pareada entre os fatores usados na definição do grau de vulnerabilidade.

| Fatores | vegetação | declividade | dist. de edificações | dist. de ruas |
|----------------------|-----------|-------------|----------------------|---------------|
| vegetação | 1 | | | |
| declividade | 2 | 1 | | |
| dist. de edificações | 3 | 1 | 1 | |
| dist. de ruas | 4 | 2 | 2 | 1 |

Tabela. 2: Pesos calculados para cada fator usado na análise de vulnerabilidade.

| <i>Fatores</i> | <i>Pesos</i> |
|----------------------|--------------|
| vegetação | 0,0994 |
| declividade | 0,2190 |
| dist. de edificações | 0,2437 |
| distância de ruas | 0,4379 |

O processo de agregação dos dados por combinação linear ponderada através do módulo de avaliação por critérios múltiplos MCE do IDRISI consistiu na multiplicação de cada imagem com os fatores padronizados pelo seu peso correspondente e a soma dos resultados. A última etapa do processo foi a multiplicação deste resultado com a restrição *Booleana* correspondente ao limite do parque, do que se obteve um mapa com distribuição contínua de vulnerabilidade à ocupação (figura 3).

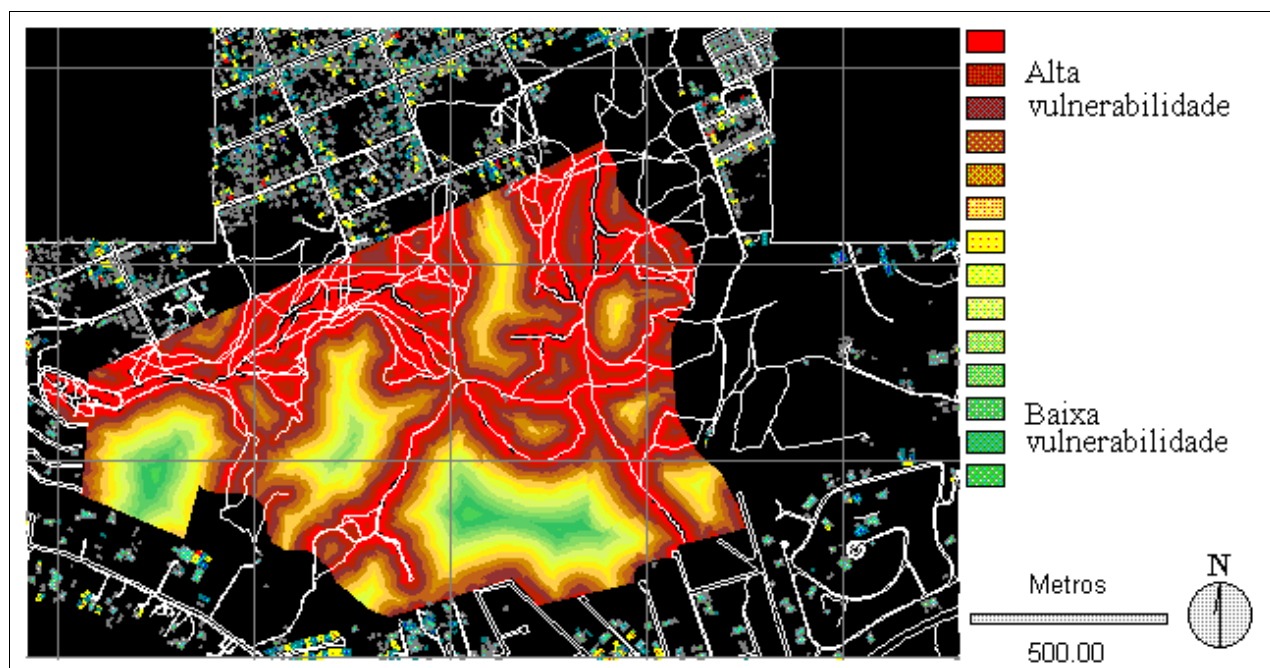


Figura 3: Mapa de vulnerabilidade do Parque do Morro do Osso. Na escala contínua as áreas em vermelho indicam a máxima vulnerabilidade encontrada, enquanto áreas em verde mostram áreas de baixa vulnerabilidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise utilizada mostrou-se adequada aos objetivos propostos. Com o auxílio das rotinas de apoio à decisão do IDRISI pôde-se verificar de modo mais objetivo que as áreas do futuro parque são mais vulneráveis e devem, portanto, ter prioridade no caso do planejamento e/ou execução de uma intervenção pública. Tanto os dados básicos quanto o resultado da análise constituem importante subsídio para o zoneamento e para a elaboração de um plano de manejo para a área do futuro parque. Este método apresenta também a vantagem de contemplar o rigor matemático da análise mas de outro lado oferece ao leitor leigo a possibilidade de visualizar os resultados intermediários e o final de forma simples. Adicionalmente, permite aproveitar a experiência de determinadas pessoas e incorporá-lo na análise, mesmo que esta variável não seja quantificável.

Conhecendo-se a distribuição espacial da vulnerabilidade é possível definir locais menos vulneráveis como áreas intangíveis à visitação, bem como facilitar a demarcação de trilhas de visitação nas áreas por vocação mais vulneráveis a ação antrópica. Deve-se ressaltar, no entanto, que é importante primeiramente definir os critérios a partir dos quais os fatores e as restrições serão gerados. A partir deles o uso dos módulos de apoio à decisão presentes no *software* permite a geração rápida de outros cenários, baseados na definição de pesos diferentes a cada um dos fatores. Caso fosse feita manualmente ou passo a passo utilizando rotinas convencionais de outros sistemas de informação geográfica esta tarefa seria bastante tediosa.

Desta forma, considera-se a utilização das ferramentas de apoio à decisão imprescindível ao planejamento ambiental. O geoprocessamento pode ser útil na preservação de áreas verdes propiciando maior eficiência, flexibilidade e grau de complexidade no tratamento dos dados, com inúmeras aplicações em nível gerencial, operacional e estratégico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A. N. & Roche, J. 1966. *Três estudos rio-grandenses*. Porto Alegre, Gráfica da Universidade.
- Andrade, L. M. V. 1993. Porto Alegre: indagações sobre o desenho urbano. in: Panizzi, M. W. & Rovatti, J. F. (org). *Estudos urbanos: Porto Alegre e seu planejamento*. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/PMPA.
- Caldre e Fião, V. Ibicuí-Retã. 1943. *Boletim Municipal*. v. 6, n.13.
- Eastman, J. R. 1997. *IDRISI for Windows version 2 tutorial exercises*. Worcester, Clark University.
- Eastman, J. R.; Kyem, P.A.K.; Toledano, J.; Jin, W. 1993. *GIS and decision making*. Geneva, UNITAR.
- Hasenack, H. 1995. O geoprocessamento no processo de tomada de decisão. *Boletim Gaúcho de Geografia*. v.20.
- Lombardi Neto, F., Camargo, O.A.. 1992. *Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas*. Campinas. Documentos IAC, nº 29, p. 91-119.
- Santos, M. A.; Nascimento, J. A. S. 1992. A inserção da variável ambiental no planejamento do território. *Revista da Administração Pública*. v. 26 n. 1. p. 6-12.
- Valdameri, R. 1996. *Análise de vulnerabilidade ambiental através de técnicas de geoprocessamento: o caso do Morro do Osso, Porto Alegre-RS*. UFRGS, Departamento de Geografia, Dissertação de Bacharelado, Porto Alegre.