

USO DO GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE AMBIENTAL DA APA CARSTE DE LAGOA SANTA – MG¹

Rafaelle da Silva SCHIMITH¹; André Luiz Lopes de FARIA²; Danielle da Silva Barros SCHIMITH³

¹ - Universidade Federal de Viçosa – DEF/UFV - rafaschimith@gmail.com

² - Universidade Federal de Viçosa – DAH/UFV

³ - Universidade federal de Ouro Preto -DETUR /UFOP

Abstract

To represent the space of areas is not being challenge for the community informs, with the coming of the geoprocessamento techniques it is already possible for Systems of Information Geographical - SIGs, to do dynamic mathematical models built with an administered digital database. In agreement with this context the general objective of the work consists of demonstrating some of the usefulness of SIGs for environmental analyses for given georeferenciados of APA-Carste of Pond Saint-MG. Specifically information had been crossed, space to acquire a susceptibility map the erosion and infiltration potential. For the use of SIGs, it is possible to cross information for possible sockets of decisions, what can provide an administration and a rational planning, while it is the search to improve the analysis of the atmosphere several in accordance interests.

Resumo

Representar espacialmente áreas e traçar possíveis cenários ambientais com as mesmas, não vem sendo mais desafio para a comunidade científica, pois com o advento das técnicas de geoprocessamento já é possível através de Sistemas de Informações Geográficas - SIGs, fazer modelos matemáticos dinâmicos construídos com um banco de dados digitais gerenciados, empregando a integração de dados provenientes de fontes dispersas.

Neste contexto o objetivo geral do respectivo trabalho consiste em demonstrar algumas das utilizações dos SIGs para análises ambientais, através de dados georreferenciados de diferentes camadas de informações da região limitada pela APA Carste de Lagoa Santa que se encontra hoje sujeita às fortes pressões do turismo, expansão urbana e industrial da metrópole. Objetiva-se especificamente cruzar informações espaciais da geologia, solos, geomorfologia, uso da terra, declividade, para obter um mapa de suscetibilidade à erosão, e potencial de infiltração. Através da utilização de SIGs, é possível cruzar informações espaciais, para servirem de subsídio para possíveis tomadas de decisões, o que pode proporcionar uma gestão e planejamento racional, buscando otimizar a análise ambiental de acordo com peculiares interesses.

Introdução

A utilização do geoprocessamento para análises ambientais cresce substancialmente junto com a evolução da informática, melhora segundo Moreira (2003), tarefas manuais referentes à

delimitação de áreas, confecção de mapas, cálculos de áreas, cruzamento de informações espaciais entre outros; além de tornar possível a introdução de diversas informações de diferentes origens, contribuindo para análises e procedimentos que permitem a investigação detalhada de relacionamentos entre entidades pertencentes a um ambiente. É importante ressaltar que, para meios científicos não é suficiente gerar, identificar e classificar dados ambientais, porque estes podem constituir uma expressão integrada de uma situação ambiental ocorrente, sobre a superfície da Terra que, como tal, necessita ser analisada.

Este trabalho consiste em uma contribuição científica aos estudos que estão sendo realizados na área, sendo que atualmente o local está cada vez mais expandindo sua população, correndo o risco de comprometer seus valores, quanto Unidade de Conservação. A junção de dados nesse sentido é possível pela facilidade de acesso aos trabalhos de Zoneamento Ambiental local, e pelo apoio aos projetos que se preocupam com o futuro da APA Carste de Lagoa Santa-MG.

O planejamento e gestão das diversas atividades no local exigem bases em dados que mostrem a realidade do ambiente. No caso de áreas Cársticas, esta preocupação deve ser ainda maior, já que o ambiente tem uma dinâmica própria e em certos casos até mesmo inviabiliza certas atividades como a ocupação, neste sentido realizar a análise ambiental constante desta área é necessária, pra prevenções, e para subsidiar o gerenciamento local.

Revisão de Literatura

Geoprocessamento

O geoprocessamento pode ser definido como o resultado da integração de tecnologias de informática, mapeamento e sensoriamento remoto. O desenvolvimento do SIG teve início no Canadá, e nos Estados Unidos na década de 60 e o seu reconhecimento científico veio com estabelecimento em 1987 do NATIONAL CENTER FOR GEOGRAPHIC INFORMATION AND ANALYSIS – NCGIA pela NACIONAL SCIENCE FOUNDATION com a cooperação das Universidades Califórnia, Maine e New York. Os Sistemas de Informações Geográficas possui as seguintes características: um poderoso conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados espaciais do mundo real, qualquer conjunto manual ou computadorizado de procedimentos usados para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados, é um sistema de apoio à decisão envolvendo a integração de dados espacialmente referenciados em um contexto de resolução de problemas. (RIBEIRO, 2007)

Sistemas Cársticos

Os relevos cárstico perfazem o total de aproximadamente 10% do globo terrestre, sendo que, cerca de 5% a 7% estão no território brasileiro.

Constituindo um importante componente nas paisagens do Brasil, o sistema cárstico é tido como uma das mais espetaculares paisagens, com cavernas, cânions, paredes rochosos e relevos ruiformes produzidos pela ação geológica da água subterrânea sobre rochas que possuem características de dissolução.

“Carste é a denominação dada aos fenômenos específicos que ocorrem nas rochas calcárias, como dolinas, poljé, rios sumidos ou alveugles, uvalas, grutas ou cavernas, estalactites, estalagmites etc. Esta denominação foi tomada da região calcária dos Alpes Dinários, Iugoslávia – no Adriático. O carste é definido pelas suas formas específicas e também pela circulação subterrânea. O fator litológico é o fator inicial e fundamental.” (GUERRA, 1993: 114).

A Erosão e Infiltração

Segundo Guerra (1993) a erosão é a destruição física das estruturas do solo e seu carregamento, consistindo num processo natural e importante para a formação do relevo, que pode ser

provocado pela chuva, vento entre outros. Boegli (1980) relata que a origem verdadeira da erosão está no fato da infiltração deficiente de água no solo. Almeida (1997) sugere que um mapeamento, ao nível de detalhe dos solos é um instrumento mínimo que se deve ter em mãos para evitar problemas de impactos ambientais futuros como o da erosão. Além de um mapa de solos, o ideal é que se tenha um mapa de declividade, um geomorfológico, outro geológico, para que cruzando estas informações via um sistema de informações geográficas, tenha-se uma idéia precisa da suscetibilidade do meio físico à erosão e / ou movimento de massa.

O termo infiltração foi proposto por Horton (1933) para expressar a água que molha ou que é absorvida pelo solo, precisamente, a infiltração é definida por ele como a passagem da água da superfície para o interior do solo e o termo potencial é empregado como o potencial que o solo tem de absorver água pela sua superfície justamente para diferenciar da capacidade de infiltração, lembrando que estes termos se confundem, é necessário ter cuidado com a sua aplicação. Segundo Horton (1933), o processo de infiltração resulta das relações de interdependência dos mecanismos de entrada na superfície do solo, de estocagem dentro do solo e da transmissão de umidade do solo. Entre os fatores que interferem no potencial de infiltração estão a precipitação, topografia, geologia dos solos, ocupação e uso do solo.

Histórico e Caracterização Físico – Ambiental Geral da APA Carste de Lagoa Santa

A Área de Proteção Ambiental de Lagoa Santa – MG foi criada em 25/01/1990, no governo de José Sarney, em atendimento aos anseios de ecologistas, espeleólogos, naturalistas e parte das comunidades inseridas na região conhecedores dos estudos feitos no passado pelo naturalista Peter W. Lund para a conservação do conjunto paisagístico e da cultura regional; proteção e preservação das cavernas e demais formações cársticas, sítios arqueopaleontológicos, cobertura vegetal e fauna silvestre. (Lei federal 6902/81).

A temperatura média do ar é da ordem de 23°C A umidade relativa varia de 60 a 77% nos meses mais secos e úmidos, respectivamente, chegando a 96% nos meses mais úmidos. A pluviometria média está em torno de 1380mm. (Patrus, 1996).

A hidrografia local pode ser caracterizada como mista de componentes fluviais subaéreos e cársticos subterrâneos, Guerra (1993) denomina o padrão de drenagem de áreas calcárias de Criptorréica. Toda a região da APA integra a sub-

bacia do rio das Velhas, e em função das características cársticas de grande parte da área, há de se registrar a existência de várias lagoas que, no geral, apresentam características intermitentes. (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC, 1984)

Em relação à geologia local, existe uma seqüência de calcários atribuída ao Proterozóico superior, pertencente ao Grupo Bambuí, Formação Sete Lagoas e, nos levantamentos geotécnicos, foi denominada Complexo Calcário Santa Helena. (Dardene, 1979).

Quanto ao relevo e geomorfologia local, dois compartimentos fisiográficos maiores descrevem os principais domínios morfogenéticos do carste propriamente dito, delineados por Auler (1994) para a porção-centro sul da área: Planaltos Cársticos e Depressão de Mocamboiro. Kohler (1989) reconhece restos da Superfície Sul-Americana em topos planálticos residuais, marcados por morros alongados e convexos nas cotas superiores a 800m.

Na área encontram-se de acordo com o mapeamento do serviço Geológico do Brasil - CPRM do programa GATE as seguintes unidades de classes de solos: Latossolos Vermelho-Escuro, Cambissolos, Podzólicos Vermelho - Escuro e Glei pouco Húmico, além de áreas com afloramentos rochosos, constituídos principalmente por rochas calcáreas (Oliveira, 1992). Mapeados pela CPRM verifica-se a unidade AR - que constituem os afloramentos rochosos, que são na área formados principalmente de rochas calcáreas que somam 4,64% na APA e também as áreas de mineração que ainda ocorrem a exploração mineral de cimento e brita para a construção civil.

A região possui formações vegetacionais de cerrado e floresta estacional semidecidual. Sobre os afloramentos calcários desenvolve-se Floresta Estacional Decidual (“mata seca”), que possuem formações vegetais ocorrentes em áreas de afloramento de calcário no Cerrado (Pilo, 1998).

Localização da Área de Estudo

A APA Carste de Lagoa Santa está localizada no Estado de Minas Gerais e apresenta uma superfície aproximada de 363 km², cujos limites, abrangem parte dos municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo, Matozinhos e Funilândia e englobam o recém-criado município de Confins, antigo distrito de Lagoa Santa.

Tem-se a informação de que 53% da APA está compreendida dentro da Região Metropolitana de Belo Horizonte e seu limite sul dista aproximadamente 25km do centro da capital mineira. (Figura 2) (IBGE, 2005)

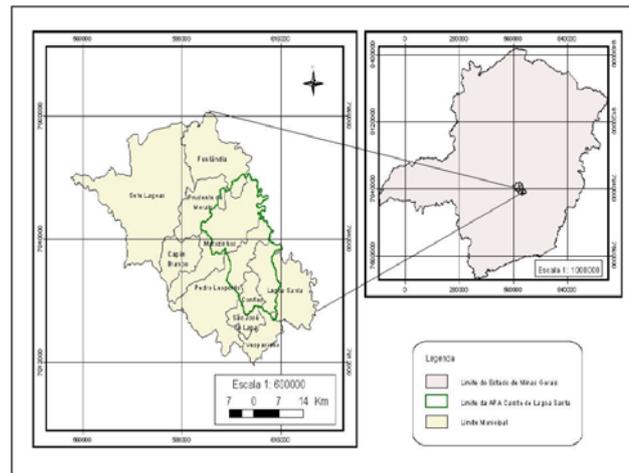


Figura 2 – Localização da APA Carste de Lagoa Santa, MG - Fonte: geominas

Metodologia

Foram utilizados arquivos contendo os mapas de Solos, Geologia e Geomorfologia do Programa GATE - Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pelo CPRM – Serviço Geológico do Brasil, através do Projeto de Zoneamento Ambiental da APA Carste de Lagoa Santa - MG. Estes arquivos foram fornecidos pela Secretaria de Planejamento do município de Lagoa Santa-MG, no Autocad e foram digitalizados a partir da base cartográfica: SE-23-Z-C-II, Sete Lagoas; SE-23-Z-C-III, Baldim; SE-23-Z-C-VI, Lagoa Santa; SE-23-Z-C-V, Pedro Leopoldo (todas na escala de 1:50.000). Os respectivos arquivos foram exportados para o formato shape próprio para trabalhos com o Arcview 3.3 da ESRI e posteriormente foram feitas correções necessárias para edições dos respectivos mapas temáticos. Em relação ao mapa altimétrico, de drenagem e limites, estes foram adquiridos através do banco de dados do Geominas.

Suscetibilidade à Erosão

Através do software arcview 3.3 da ESRI com a extensão Geoprocessing foram cruzadas informações e analisadas para o produto final.

$$geologia+solos+geomorfologia+Declividade+Uso = Suscetibilidade \grave{a} eros\~{o}e$$

- Cruzamento das informações de solos e geologia: Menu View - Geoprocessing Wizard - Union two themes. Os atributos solos se juntam aos de geologia. No Menu theme - table foi criada uma nova coluna para identificar as informações cruzadas.
- Cruzamento das informações de solos, geologia e uso: Menu View - Geoprocessing Wizard -

Union two themes (o mesmo procedimento anterior)

Declividade

Através da extensão 3D Analyst do Arcview foi gerada uma rede triangular irregular (TIN) tendo por base dados altimétricos e hidrográficos, o que contribuiu para caracterizar o relevo local.

$$\text{Hidrografia} + \text{limite} + \text{altimetri} \\ = \text{MDT} \rightarrow \text{GRID} \rightarrow \text{DEC}$$

Os valores de declividade na tabela de atributos são fornecidos em graus e também podem ser identificados em %

- Modelo Digital do Terreno – MDT: Surface - Create TIN From Features (nesta parte ocorreram a entrada dos dados de hidrografia com a topologia de linhas, lagoas, altimetria cotada, limite da área da APA).
- TIN para GRID: Theme - Convert to Grid (nesta parte ocorreu a entrada do TIN (MDT))
- Reclassificação a partir da (Tabela 1- Sociedade Brasileira dos Solos): Menu Surface → Derive Slope → Analysis → Reclassify.

Tabela 1 - Declividade e relevo

Declividade (%)	Relevo
0-3	Plano
3-8	Suave Ondulado
8-20	Ondulado
20-45	Forte Ondulado
>45	Montanhoso ou Escarpado

- Cruzamento de informações de solos, geologia, uso e declividade

- Conversão do mapa matricial de declividade em vetorial: Menu Theme - Convert to Grid
- Cruzamento das informações: Menu View - Geoprocessing Wizard - Union two themes.

- Cruzamento de informações de solos, geologia, uso, declividade e compartimentos geomorfológicos

Esta etapa segue os mesmos passos dos cruzamentos anteriores, tais que, não são necessárias atribuições, sendo que os layers dos compartimentos geomorfológicos estão no formato vetorial classificados, e segue o mesmo método de união no Arcview. Sendo, assim na tabela haverá mais uma categoria, perfazendo um total de cinco variáveis para identificar a suscetibilidade à erosão na APA Carste de Lagoa Santa.

- Determinação das Possíveis Áreas Suscetíveis à Erosão: Para cada variável, solos, geomorfologia, geologia, declividade, uso, foram

analisadas suas características e atribuídas alta, média ou baixa suscetibilidade à erosão. Para os solos foi considerado o fator declividade e sua textura; para geologia foi considerada os seus caracteres de serem rochas dissolutivas ou não e as rochas que estão em locais de deposição e reposição da área; em relação ao uso consideramos áreas com alguma formação vegetal de média à baixa suscetibilidade dependendo da densidade vegetal, áreas edificadas mais propícias com florestas plantadas média, áreas com atividades de mineração ainda atuantes foram consideradas altas; quanto a declividade de 0 à 8 baixa, de 8 à 20 média e o restante alta; em relação aos compartimentos geomorfológicos também levamos em consideração áreas de deposição e reposição de acordo com as informações nos mapas, além dos compartimentos cársticos e não-cársticos.

Com estes parâmetros foram estabelecidas a alta, média e baixa suscetibilidade à erosão final relacionando cada variável, a partir da tabela de atributos final de solos, geologia, uso, declividade e compartimentos geomorfológicos, (Tabela 2). Exemplo de análise:

Tabela 2 – Exemplo da análise quanto à suscetibilidade à erosão na APA Carste

Suscetibilidade à erosão das Variáveis solos/geologia/uso/declividade/geomorfologia	Suscetibilidade à Erosão
A+A+A+B+A	Alta
A+A+A+B+B	Alta
B+A+A+B+B (ligada à geologia e ao uso)	Média
A+A+A+B+A	Alta
A+B+A+M+B (ligada aos solos e ao uso)	Média
A+A+A+M+M (solos com alta suscetibilidade à erosão, junto a uma geologia que possivelmente representa uma área de deposição e uso com alta suscetibilidade à erosão.	Alta

Onde: B (Baixa), M (Média) e A (Alta).

Potencial de Infiltração

Para obter-se o mapa de potencial de infiltração utilizou-se o Método da CN “Curve Number que tem como propriedade $0 < CN \leq 100$, que tabela o número de deflúvio CN para cada tipo de solo, desenvolvido pelo SCS - Soil Conservation Service USDA em 1972. Este modelo é um dos mais utilizados segundo Tucci (2001), em aplicações práticas devido a sua simplicidade, facilidade e qualidade dos resultados fornecidos. Para obter informações sobre o

Potencial de Infiltração, foi levado em consideração o CN, que é a curva número (Curve Number), tabelado pelo SCS em função das características fisiográficas e de ocupação do solo, (Tabela 3). Para isso cruzaram-se as informações uso do solo e tipo do solo, sendo os solos caracterizados de acordo com o potencial de deflúvio sugerido pelo método.

Tabela 3 - Valores do Número de Deflúvio segundo SCS

Utilização da terra	Condições da Superfície	Tipos de Solo da Área			
		A	B	C	D
Terrenos cultivados	Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
	Más	72	82	87	89
Florestas	Muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76
Superfícies impermeáveis	Áreas urbanizadas	100	100	100	100

Onde segundo Wilken (1978):

- solo do tipo A é o de mais baixo potencial de deflúvio. Terrenos muito permeáveis, com pouca silte e argila.
- solo do tipo B tem uma capacidade de infiltração acima da média após o completo umedecimento, inclui solos arenosos.
- solo do tipo C tem uma capacidade de infiltração abaixo da média, após a pré-saturação. Contém porcentagem considerável de argila e colóide.
- solo do tipo D é o de mais alto potencial de deflúvio. Terreno quase impermeáveis junto à superfície.

Fonte: (adaptada de WILKEN, 1978)

Resultados e Discussão

Através da utilização das técnicas de geoprocessamento foi possível cruzar informações, obtendo assim novos mapas como o de suscetibilidade à erosão e potencial de infiltração (Figura 3). Com estes dados em mãos podem-se

realizar análises como a ocorrência de áreas em torno de 19.000 hectares com suscetibilidade à erosão alta, 15.714 hectares com suscetibilidade média e 4.966 hectares com suscetibilidade baixa; a suscetibilidade à erosão dos solos na sua maior parte, quando alta é devido a soma às demais variáveis do ambiente, em relação aos parâmetros geológicos que foi considerado as áreas de deposição e de reposição, que ocorre no sentido sudoeste (SO) para o nordeste (NE), é importante lembrar que as áreas de formação calcária, sofrem com o processo de dissolução, através da água, com isso ocorrem os processos de solifluxão e os vazios subterrâneos peculiares de áreas calcárias. Analisando a suscetibilidade à erosão, somando a geologia às outras variáveis, são na maior parte áreas de deposição que ocorrem áreas de alta suscetibilidade à erosão o que se observa perfeitamente em mapas individualizados e cruzados, sendo que observa-se nas áreas de maior declividade em grande parte com alta e média suscetibilidade à erosão. O leste da APA, norte e a porção sudoeste correspondem aos declives maiores; os grandes maciços – compartimento C7a cárstico, que constitui formações montanhosas parcialmente erodidas, tem uma considerável expressão em áreas de alta suscetibilidade à erosão.

Com os resultados do cruzamento de uso do solo e tipo de solo, obteve-se o mapa de Número de Deflúvio. Os maiores deflúvios consistem em áreas que o potencial de infiltração é menor, ou seja, áreas de edificações, com valores 100. Os tipos de solos existentes na APA Carste são argilosos e muito argiloso o que faz com que a infiltração seja menor em muitas áreas, porém, existe na APA uma característica peculiar à qual diz respeito ao seu caráter geológico de rochas na sua maior parte das vezes permeáveis e diretamente refletindo nas características dos solos que estão sobre formações em sua maior parte calcárias. O método da curve number nos fornece informações sobre o quadro da influência do uso do solo no valor do escoamento superficial. Na APA Carste, quando se analisa os solos junto às declividades, reconhecemos que áreas com declividades elevadas, a partir de 8% já apresentam algum tipo de erosão, no caso pressupõe-se que seja um tipo de erosão vertical, resultante provavelmente do escoamento superficial que de acordo com uso pode ser maior, por mais generalistas que se apresentem as análises e os métodos utilizados, pode-se observar relação entre a suscetibilidade à erosão e a infiltração. Quanto maior o número do deflúvio, mais propícia a área estará à erosão, o que nos dá a visão do potencial de infiltração na área. Em muitos locais que possuem

elevado número de deflúvio, pode-se notar que existem altas ou médias suscetibilidade à erosão.

O conjunto de variáveis revela a suscetibilidade à erosão em diversas áreas da APA, o que não acontece com uma variável isolada como já foi falado anteriormente, significa que um tipo de solo pode ter baixa suscetibilidade à erosão, porém junto às declividades acentuadas podem passar a ter de média a alta suscetibilidade. Quando cruzada a variável uso e ocupação junto às demais variáveis, muitas áreas já com um alto grau de suscetibilidade à erosão passam a adquirir mais fragilidade ainda quanto ao processo.

As áreas que possuem elevado número de deflúvio, estarão provavelmente ligadas à suscetíveis à erosão.

As informações adquiridas ligadas ao uso da terra local nos fornece uma outra linha de raciocínio, no contexto em que os cerrados da APA foram e continuam sendo devastados para dar lugar ao setor de siderúrgica local; a exploração mineral atuante em parte da área é intensa, devastando os maciços de calcário e as cavernas neles existentes, monumentos culturais e turísticos da região. Na APA exhibe um caráter ambiental de regiões instáveis, conseqüentemente está sujeita aos efeitos danosos da erosão acelerada e do deslocamento de massas. A mineração constitui-se num dos usos mais agressivos da APA, pelo fato de provocar mudanças em todos componentes do meio físico, afetando outros usos, na medida em que contribui para com o desmatamento, descafeamento vegetal, altera a morfologia, existe o perigo de desabamento em certas áreas, o que já existe na dinâmica natural do carste, ainda tem que conviver com atividades que atenuam o fenômeno.

Com a erosão e depauperização do solo em zonas de lavra, diminuição do rendimento, dissecação entre outros fatores que são necessários considerar em futuros estudos, para avaliar o desempenho ambiental da APA no tocante da mineração. É importante em futuros estudos considerar a densidade de cavernas locais que sofrem certas pressões de atividades turísticas para analisar a significância de patrimônios históricos cientificamente importantes na área que estão

expostos ao perigo de áreas com alta suscetibilidade à erosão.

Considerações Finais

O geocessamento mostrou ser muito útil na modelagem espacial de diferentes informações. A capacidade dos Sistemas de Informações Geográficas de integração de dados faz com que ocorra uma maior compreensão no tocante da relação dos componentes do meio físico local, fornecendo dados espacializados de que ficam fáceis de ser analisados, podendo ser atualizados e trabalhados junto à informações de diferentes fontes. O geoprocessamento fornece subsídio à gestão e planejamento, podendo ser utilizado como apoio aos instrumentos de organização racional dos espaços, como os zoneamentos ambientais. Os Sistemas de Informações Geográficas consiste em um poderoso conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados espaciais do mundo real, sendo um apoio à tomada de decisão envolvendo a integração de dados referenciados em um contexto de resoluções de possíveis problemas que possam existir. É importante lembrar que o geoprocessamento no campo científico não consiste em um supra-sumo para análises ambientais, neste sentido, trabalhos de campos são extremamente necessários para checar as áreas suscetíveis à erosão, pois no respectivo projeto não houve tempo para fazer esta checagem o que poderia ser feito através da identificação dos mapas e auxílio de um Sistema de Posicionamento Global- GPS, o cruzamento dessas informações geram inúmeras informações secundárias, que geram um imenso banco de dados o que impossibilitou o cruzamento dos mapas de suscetibilidade e potencial de infiltração, sendo feita apenas como pode ser observado nos resultados uma análise geral, sugere-se também o cruzamento via SIGs da densidade de cavernas, sugere-se traçar informações quanto à áreas de preservação permanente, o que é possível via Arcview, ou ArcGis rapidamente, além de projetos de gestão e planejamento serem possíveis de ser traçados dentre as diversas informações adquiridas através de redes neurais, ou outras geotecnologias.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F.G. A estrutura fundiária como mais uma variável a ser considerada no processo de erosão dos solos. Sorriso. MT. (Tese de doutorado). UFRJ/PPGG, 1997. 218p.
- AULER, A.S. 1994. Hydrogeological and hydrochemical characterization of the Matozinhos- Pedro Leopoldo Karst, Brazil. Western Kentucky, 110p. (Master of Science, Faculty of the Department of



Geography and Geology). In: **APA Carste de Lagoa Santa - Patrimônio Espeleológico, Histórico e Cultural**. Belo Horizonte, CPRM/IBAMA. 71p, anexos e mapas. (Série APA Carste de Lagoa Santa, volume III).

BOEGLI, A. Karsthidrology and physical speleology. Nova York: Springer, 1980. P.13-17.

DARDENE, M.A., WALDE, H.H.G. A estratigrafia dos Grupos Bambuí e Macaúbas no Brasil Central. In: SIMP. DE GEOL. DE MINAS, 1, 1979. Diamantina. **Atas...** Belo Horizonte: SBG, 1979, p.43-54.

ESRI and Arc/Info ® software. Copyright © 1990- 1997 Environmental Systems Research Institute, Inc. All rights reserved.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. *Estudos integrados de recursos naturais - Bacia do Alto São Francisco e parte central da área mineira da SUDENE: hidrologia superficial*. Belo Horizonte: CETEC, 1984. 65p. [Relatório final].

GUERRA, A.T. **Dicionário geológico – geomorfológico**. 8. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 446p.

HORTON, R.E. **The role of infiltration in the hydrological cycle**. Trans. Am. Geophys Union, 14. 1933. p.446-460.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades: Região Sudeste, Minas Gerais, Lagoa Santa. Ministério do Planejamento, CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Caracterização geomorfológica da região cárstica de Sete Lagoas-Lagoa Santa (MG). Belo Horizonte, CPRM/CETEC. 1994, 37p., 1 mapa (6 folhas). (**Projeto VIDA - Programa Gestão e Administração Territorial**). FORD, D. C. E WILLIAMS, P.W. Karst geomorphology and hidrology. London Unwin Hyman, 1989. Orçamento e Gestão. <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em janeiro de 2005.

KARMAN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FARCHILD, T.R.; TAIOLI, F. (org.) **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos. 2000. P. 114-138.

KOHLER, H.C. 1989. **Geomorfologia cárstica na região de Lagoa Santa/MG**. São Paulo. (Tese de Doutorado, Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo).

_____. Lei federal 6902/81 - Dispõe sobre a criação de ecológicas, áreas de proteção ambiental e dá outras providências. In: **COLETÂNEA DE LEGISLAÇÃO AMBIENTAL FEDERAL e ESTADUAL**. Paraná: Secretaria de Est. Desenvol. Urb. E Meio Ambiente 1990. p. 102-104.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2003. 307p.:if.

OLIVEIRA, J. B. de JACOMINE, P. K. T., CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

PATRUS, M.L.R.A. Hidrologia e qualidade de águas de superfície do município de Sete Lagoas. Belo Horizonte, CPRM. 1996. (**Projeto VIDA – Programa Gestão e Administração Territorial**). Inédito.

PILÓ, L.B. 1998. **Morfologia cárstica e materiais constituintes: Dinâmica e evolução da Depressão Poligonal Macacos-Baú - Carste de Lagoa Santa, Minas Gerais**. 269p. (Tese de Doutorado, Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo).

RIBEIRO, C.A.S.S. ENF 612 – Introdução aos Sistemas de Informações Geográficas. DEF: UFV, Viçosa, 2007. (**Apostila teórica da disciplina de Enf 612**), DEF, Engenharia Florestal-UFV.

THORNTHWAITTE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geog. Rev., v.38, p.55-94, 1948. apud VILLA NOVA, N.A., REICHARDT, K. Evaporação e evapotranspiração. In: RAMOS, F. et al. **Engenharia hidrológica**. Rio de Janeiro: FRJ/ABRH, 1989. p.175-193.

TUCCII, C.E.M. Escoamento superficial. In: Tucci, C.E.M. (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora UFRGS, 2001. p.391- 441.

WILKEN, Paulo Sampaio. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB, 1978. p 445-451.

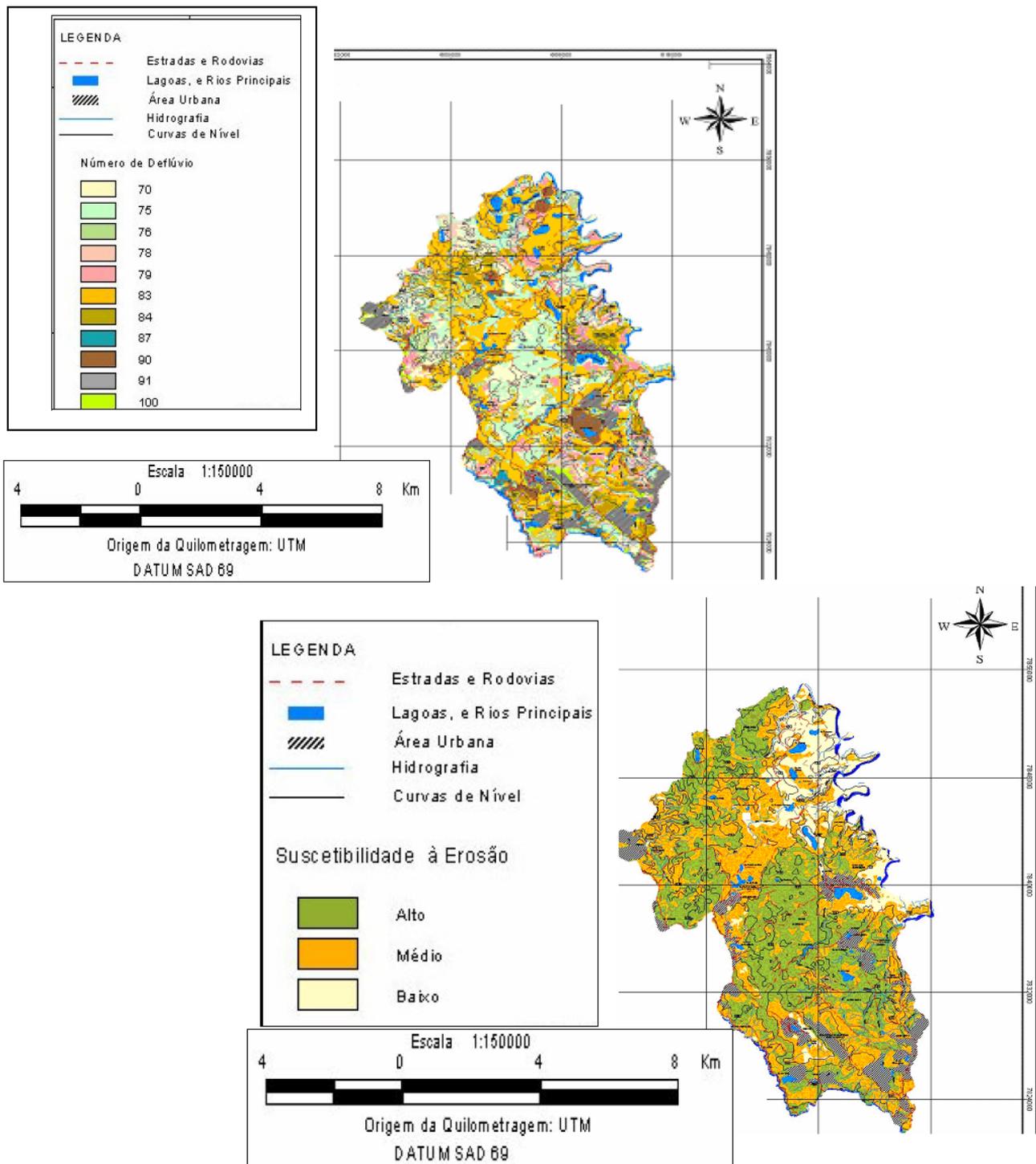


Figura 3 – Mapa de Potencial de infiltração e suscetibilidade à Erosão

ⁱ Baseado em trabalho de conclusão de curso, DAH/UFV, 2006