

UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS DE GEOPROCESSAMENTO NO LEVANTAMENTO DE CLASSES DE SOLOS.

Luiz Antônio de Oliveira¹
Andréa dos Santos Vieira²

Resumo

A análise da qualidade de obtenção de mapa de classes de solos a partir do cruzamento de mapas de geologia e declividade utilizando sistema de informação geográfica – SIG é o objetivo principal desse trabalho. No ambiente do SIG foram elaborados os planos de informação (*layers*) de hipsometria, altimetria, declividade, geologia e solos. A partir da vetorização das curvas de nível constantes na carta topográfica Ilha do Funil, delimitada pelas coordenadas geográficas 48° 7' 30''/18° 52' 30'' e 48° 00' 00''/19° 00'00'', Folha SE. 22-Z-B-VI-4-SE MI-2451/4-SE com equidistância de 10 metros foi elaborada camada altimetria. A camada de altimetria foi utilizada como base para a modelagem dos layers de modelo numérico de terreno – MNT, declividade e relevo, respectivamente. Os resultados permitiram a conclusão da inviabilidade da geração de mapa de evolução de solos considerando-se apenas a declividade, portanto, é necessário que se considere além da declividade do terreno, as demais variáveis do ambiente. Sendo neste caso, o diversos tipo de rocha e os diferentes processos intempéricos a que sua mineralogia estará exposta, traduz em diferentes processos pedogênicos.

Palavras-chave: geologia, GIS, solos.

¹ Professor adjunto. Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos. Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. E-mail: luiz.ao@yahoo.com.br

² Aluna de Mestrado. Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. E-mail: andrea.vieira@yahoo.com.br

Introdução

As diversas transformações ambientais ocorridas propulsionam a necessidade de repensar as interações dinâmicas de elementos físicos, biológicos e antrópicos que formam as paisagens. Segundo Bertrand, a interação destes componentes uns sobre os outros tornam a paisagem um conjunto indissociável, num estado de constante evolução; evidenciando que não se trata somente de paisagens “naturais”, mas de uma paisagem total que integra as implicações da ação antrópica (BERTRAND, 2004).

Para tanto trazem à tona a necessidade de utilizar tecnologias que facilitem o processo de tomada de decisões em relação às ocorrências ambientais. Segundo PEREIRA (1992), a integração de dados espacialmente referenciados foi sempre uma questão central nas geociências. A análise espacial permite efetuar essa integração de modo simples e eficaz, combinando dados de diferente natureza num sistema único e coerente, cujas respostas constituem uma base indispensável para apoiar os modernos processos de decisão.

Os Sistemas de Informação Geográfica – SIG são sistemas computacionais, que podem ser usados para o entendimento dos fatos e fenômenos que ocorrem no espaço geográfico. A sua capacidade de reunir uma grande quantidade de dados convencionais de expressão espacial, estruturando-os e integrando-os adequadamente, torna-os ferramentas essenciais para a manipulação de informações geográficas (PINA, 1994).

De acordo com MIRANDA (2005), um Sistema de Informação Geográfica tem a capacidade funcional para entrada de dados, manuseio, transformação, visualização, combinação, consultas, análises, modelagem e saída. Por meio destas ferramentas os SIG tornam-se imprescindíveis na construção de evidências a serem utilizadas no processo de tomada de decisão.

O geoprocessamento como um conjunto de ferramentas tem por função auxiliar o reconhecimento do espaço geográfico. Permitindo relacionar os diversos aspectos naturais e as atividades antrópicas, possibilitando, entender a complexidade da relação homem-natureza, ao fornecer conhecimento capaz de evitar /e ou mitigar os aspectos ocasionados por essa relação. O Geoprocessamento compreende o conjunto de tecnologias computacionais utilizadas na manipulação, tratamento e análise de informações referenciadas espacialmente (CÂMARA, 1999).

A possibilidade de sobrepor layers (camadas) na análise de diferentes elementos, oferecida pelos SIG's, viabiliza a representação de diversos planos de informações para um mesmo território, facilitando a compreensão do contexto territorial nos ambientes físicos e antrópicos. A partir da compreensão dos eventos ocorridos em determinado território as análises podem indicar alternativas para a tomada de decisão de forma mais precisa e eficiente. A dinâmica evolução dos ambientes impulsiona a utilização de técnicas que permitam a avaliação do estado atual do meio e simule possibilidades diferenciadas.

A finalidade do trabalho é avaliar a eficiência do método que entrecruza dados de altimetria e geologia no ambiente SIG, com a intenção de classificar os solos da área em questão. Para tanto a escolha da área levou em consideração uma variação significativa de tipos geológicos (rochas de diferentes composições mineralógicas) e altimétricos (relevo do plano ao escapado). A área de estudo corresponde a carta militar de 1:25.000, denominada de Ilha do Funil, a mesma é delimitada pelas coordenadas geográficas 48° 7' 30''/18° 52' 30'' e 48° 00' 00''/19° 00'00'', Folha SE. 22-Z-B-VI-4-SE MI-2451/4-SE.

Materiais e método

A carta Ilha do Funil Folha SE. 22-Z-B-VI-4-SE MI-2451/4-SE, na escala 1:25.000 foi utilizada como base cartográfica . A partir da digitalização da carta, procedeu-se a importação da mesma para o software ENVI 4.3, onde foram realizados, a correção geométrica e o registro. Para o registro da área utilizou-se pontos de controle da própria carta, tendo a projeção UTM e o Datum SAD-69 como referências espaciais.

No SIG ArcGis 9.3 foram configurados o Datum e a Projeção, definindo a referência espacial, para a partir deste ponto serem criados os arquivos de *Geodatabase* e inserido neste os arquivos de *Featuar Dataset e Feature Class*, correspondentes aos planos de informações de elevação, relevo, declividade, geologia, solos, evolução dos solos e de correções analíticas.

O layer de elevação teve como base para sua elaboração as curvas de níveis definidas na carta com uma equidistância de 10 metros. Na tabela pertencente ao layer foram definidos os valores das cotas por meio da criação de um campo na tabela, possibilitando a criação do elemento "Z", definindo a altimetria.

O layer de elevação possibilitou a elaboração do modelo numérico de terreno – MNT, e o de altimetria, respectivamente.

Convertendo o arquivo de vetorial para raster e posteriormente utilizando o componente *Spatial Analyst* do software no sub-menu *Surface Analyst*, as classes de declividade foram definidas em graus.

Os trabalhos de campo foram realizados atendendo a necessidade de observar a variação geológica por meio das áreas de afloramento ou em superfícies exumadas, com auxílio de um GPS Etrex, configurado no Datum SAD-69, com 7 metros de precisão na posição horizontal. Ainda em campo observou-se a correlação da geologia com as diferenças altimétricas e a cobertura vegetal. O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), permitiu a classificação pedológica.

Objetivo

A proposta de analisar a acurácia na obtenção de mapa de estratos de solos utilizando-se do layers de geologia e declividade, auxiliada pelo Sistema de Informação Geográfica - SIG é o objetivo geral deste trabalho.

Objetivos específicos

- Elaborar e georreferenciar a base cartográfica da área de estudos;
- Descrever a geologia da área;
- Criação de grade triangular vetorial – TIN, para elaborar o mapa de declividade;
- Caracterizar os solos;
- Elaborar mapa de solos.

Aspectos fisiográficos

Geologia

Segundo Nishiyama (1989), quase todo o Triângulo Mineiro está inserido na Bacia Sedimentar do Paraná, a qual pode ser representada pelas litologias de idade Mesozóica como: arenitos da Formação Botucatu, basaltos da Formação Serra Geral e as rochas do Grupo Bauru. A geologia regional da Bacia do Rio Araguari tem como embasamento xistos e quartzitos do Pré-Cambriano Médio em seu alto curso, recobertos no seu médio curso por sedimentos mesozóicos da Bacia Sedimentar do Paraná. No baixo curso o rio

Araguari corta intercalações de arenitos e basaltos da Formação Serra Geral, chegando, no fundo do vale a erodir gnaisses e granitos do Pré-Cambriano inferior. Ainda segundo Nishiyama (1989) a base deposicional das rochas da Bacia Sedimentar do Paraná, nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, é constituída de rochas metassedimentares dos Grupos Araxá, Canastra e Bambuí; sendo possível observar que, em função de uma *evolução tectônica tardia*, a Bacia Sedimentar do Paraná não abriga sedimentos antes do período Triássico. E que ainda nesse caso, os *arenitos eólicos* pertencentes à Formação Botucatu, representam o início da deposição do período Triássico até o Jurássico. “Em outras áreas do Triângulo Mineiro os arenitos eólicos possuem pequena expressão, geralmente constituindo corpos lenticulares depositados diretamente sobre as rochas dos grupos Araxá ou Canastra” (Nishiyama, 1989).

Ainda no que tange à composição da geologia da área de estudo é relevante destacar:

- Grupo Araxá: nesse grupo destaca-se a significativa área de exposição das rochas nos vales dos rios Araguari e Uberabinha. É importante ressaltar a ação erosiva dos rios que entalham seus vales, modificando assim as rochas do Grupo Araxá. Dentro desse contexto, as rochas encontram-se plenamente modificadas, confirmado-se tal situação através dos xistos e gnaisses;
- Formação Botucatu: essa formação possui pouca expressão no município de Uberlândia de uma forma geral. Seus arenitos estão situados sobre o embasamento cristalino do Grupo Araxá, sendo também recobertos pelas rochas vulcânicas da Formação Geral ou do Grupo Bauru;
- Formação Serra Geral: caracteriza-se pela presença de rochas efusivas, sendo estas básicas. Os basaltos pertencentes à Serra Geral estão presentes em extensas áreas da Região Sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná), Sudeste (São Paulo, Triângulo Mineiro) e Centro-Oeste (Sul de Goiás e parte do Mato Grosso). No caso do Triângulo Mineiro, Nishiyama (1989) destaca que “(...) grande parte das rochas dessa formação encontra-se recobertas por sedimentos mais recentes do Grupo Bauru e sedimentos cenozóicos (...)”. Porém, o mesmo autor destaca que as melhores exposições acontecem nos vales dos grandes rios da região, a exemplo do rios Grande e Paranaíba;
- Formação Marília: especificamente no Triângulo Mineiro, caracterizada por camadas espessas de arenitos além de conglomerados dispostos sob os níveis carbonáticos (Nishiyama, 1989). Nishiyama ainda afirma que “A feição

morfológica característica da formação Marília é apresentar relevo de topo e bordas abruptas mantidos pela cimentação mais intensa da rocha” (1989). Segundo Barcelos (1984 *apud* Nishiyama, 1989), os depósitos presentes na Formação Marília foram desenvolvidos em regimes torrenciais referentes aos leques aluviais de clima semi-árido. É possível, portanto, observar que a bacia sedimentar pode ser considerada como planícies aluviais as quais se desenvolvem no interior do continente.

A figura 01 mostra as cotas dos grupos que compõem a geologia da Ilha do Funil, as cotas de 620 a 680 correspondem ao Grupo Araxá, as cotas de 680 a 880 ao Grupo São Bento e as de 880 a 940 ao Grupo Bauru.

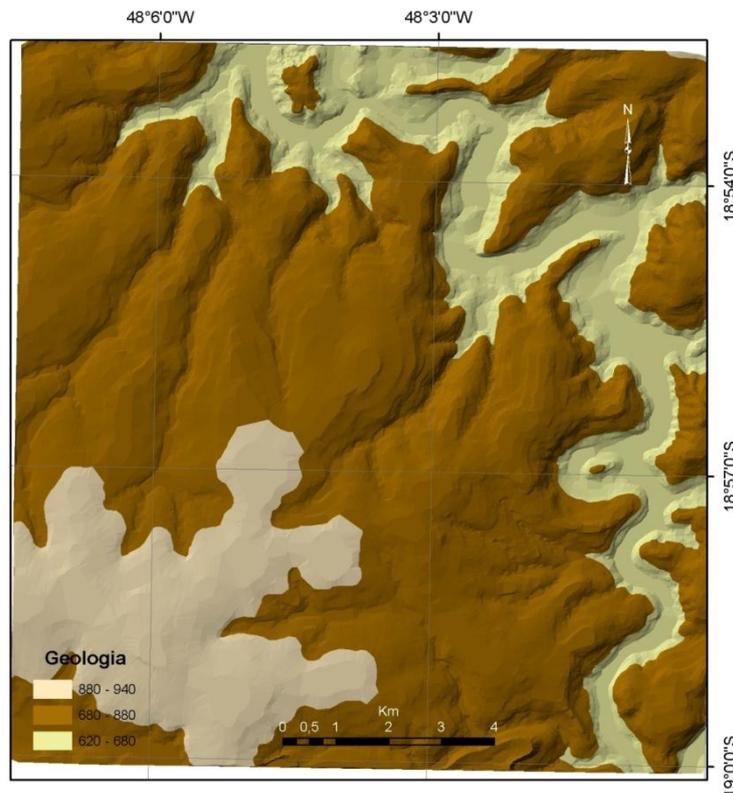


Figura 01_ Mapa de Geologia.

Relevo

A área de estudo apresenta gradiente altimétrico de 320 m, distribuído entre as cotas de 620 e 940 m. A cota mais baixa corresponde a região deprimida do vale do rio Araguari posicionada a nordeste da carta altimétrica, enquanto que a cota mais elevada corresponde as feições planas do topo da chapada, sudoeste da carta (figura 03). O mapa

de declividade (figura 2) foi elaborado levando-se em conta sete classes de classificação de relevo, constantes na tabela 01.

Tipo de Relevo	Inclinação (%)
Plano	0 – 2
Levemente ondulado	3 – 5
Medianamente ondulado	6 – 10
Ondulado	11 – 20
Muito ondulado	21 – 50
Montanhoso	51 – 90
Escarpado	> 90

Tabela 01 – Classificação de declividade

As áreas com declividade (figura 03) inferior a 2% correspondem às feições planas de relevo; relevo suavemente ondulado apresenta declividade entre 2 -5%; nas declividades entre 6 e 10% ocorrem os relevos medianamente ondulados; relevo ondulado entre 11 e 20%; muito ondulado entre 21 e 50%; montanhoso entre 51 e 90% e acima de 90% escarpado.

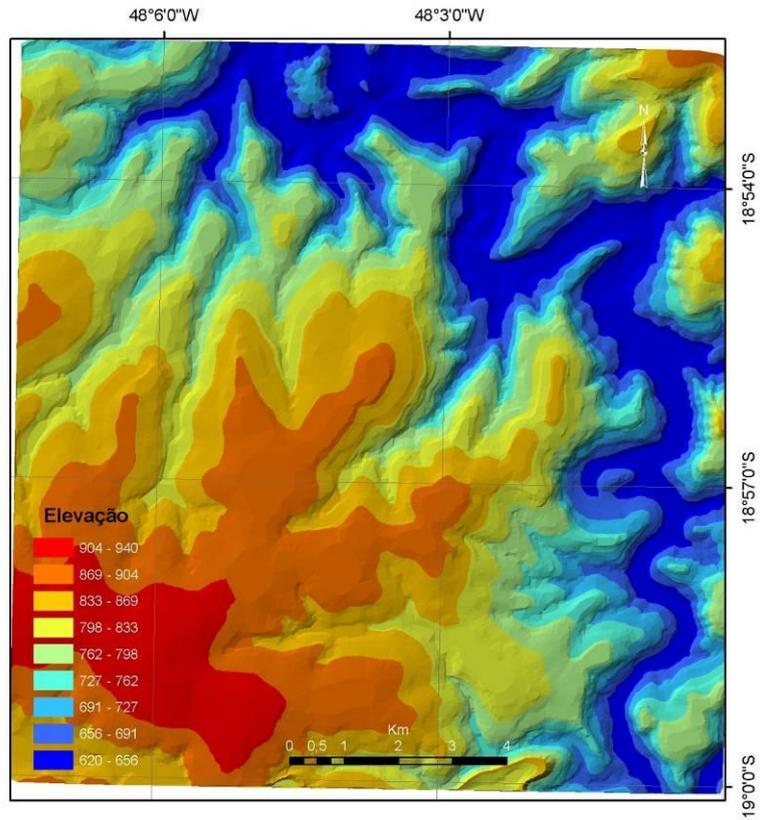


Figura 02 _ Mapa de Altimetria.

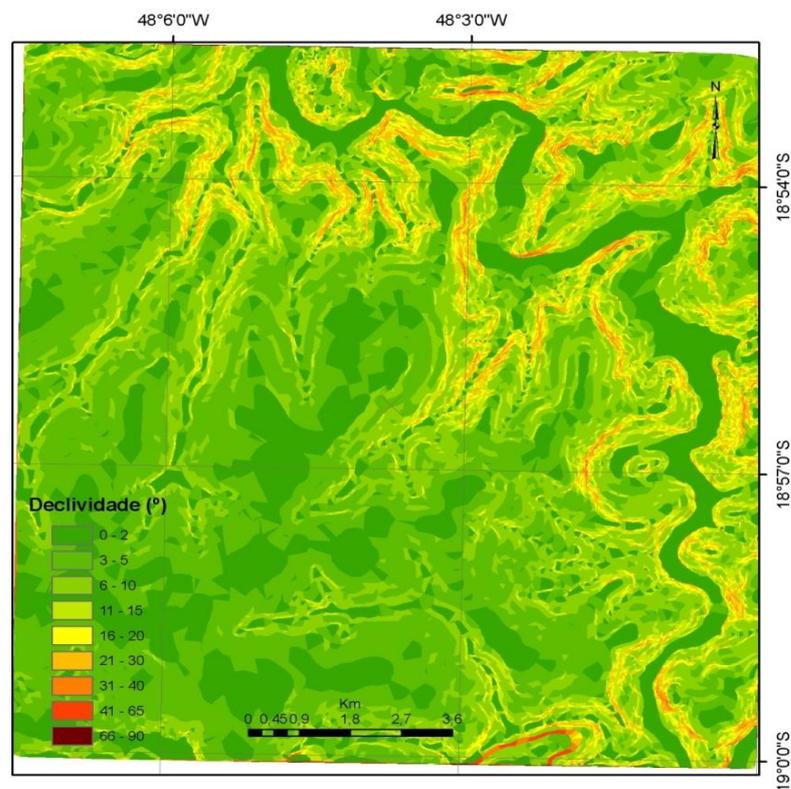


Figura 03_ Mapa de Declividade

Em conformidade, com a classificação da declividade, o relevo e densidade de drenagem, da área de estudos foi dividida em três domínios geomorfológicos:

- Na declividade de relevo plano, entre 0 e 5% de declividade, a feição é denominada de Chapada. Essa feição é mantida pelos latossolos originados dos arenitos da Formação Marília, e se posiciona em cotas altimétricas superiores a 930 m.
- A feição de relevo suavemente ondulado compreende a classe de declividade entre 5 e 10%, ocupa as cotas entre 904 e 869 m, sendo essa uma região de transição, borda de chapada, que marca o contato entre os basaltos da Formação Serra Geral e os arenitos da Formação Marília. É o limite mais avançado dos processos de erosão fluvial regressiva, onde ocorre a maioria das nascentes dos cursos d'água da região.
- O relevo medianamente dissecado ocorre nas declividades entre 10 e 40%. Nessa feição os leitos fluviais são mais bem definidos e entalhados que nas feições de relevo suavemente ondulado.
- Em declividades superiores a 50% ocorrem as feições de relevo intensamente dissecado. Nessa feição, de modo geral, a erosão fluvial associada aos planos de falhas geológicas condicionam o desenvolvimento de vales profundos com pronunciado gradiente topográfico, ocorrendo inclusive fácies escarpadas (figura 04).

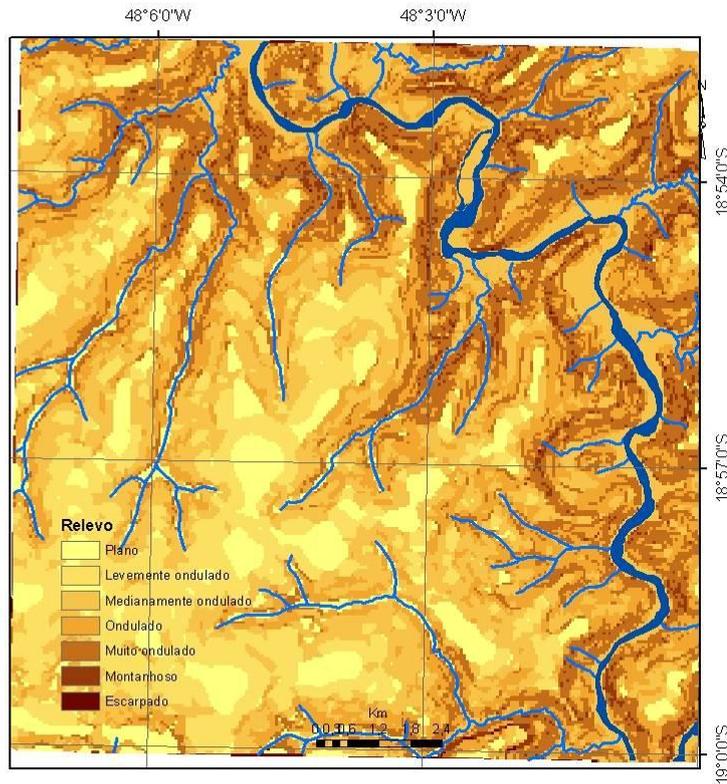


Figura 04_ Mapa de Relevo.

Descrição pedológica

A verificação dos tipos de solo foi realizada em levantamentos de campo, ao verificar que a variação pedológica é condicionada pela distinção geológica e pelo relevo. Em campo observou-se as características do solo, registrando os pontos levantados no relevo em um receptor GPS.

Os latossolos vermelhos e vermelho-amarelos, estrutura granular, ocupam as áreas de relevo plano a suavemente-ondulado, em declividades inferiores a 10%. Em declividades entre 10 e 20 % ocorrem os solos estruturados originários de rochas basálticas. Integram essa classe os argissolos e nitossolos, com estruturas típicas de solos argilosos (blocos angulares, subangulares e ainda prismática). Quimicamente, em função do uso do solo esses solos podem ser eutroféricos ou distroféricos, conforme a saturação de bases. Na composição mineral desses solos prevalecem os ferro-magnesianos originários dos basaltos.

Os cambissolos ocorrem em áreas com declividades entre 21 e 50%. Os cambissolos ocorrem sobre os basaltos da Formação Serra Geral e sobre os xistos do

Grupo Araxá. Sendo solos pouco evoluídos, possuem perfis subdesenvolvidos e horizonte mineral incipiente posicionado sobre horizonte saprolítico ou sobre a rocha. Estas características, conferem aos cambissolos mais nutrientes minerais que os latossolos, o que justifica uma ocupação de vegetação mais densa e de porte arbóreo mais desenvolvido, com espécies.

Em áreas de relevo escarpado, com declividade acima de 50%, sobre rochas basálticas e xistos, maior ocorrência sobre os xistos, ocorrem os neossolos litólicos. Nas baixadas ao longo do rio Araguari e nos meandros ao longo dos cursos fluviais de menor expressão, ocorrem os neossolos quartzarênicos.

Nos regiões de relevo escarpados, o alto gradiente topográfico não contribui para a acumulação do solo, e os processos erosivos se igualam aos processos pedogenéticos. Nesses solos, o horizonte orgânico assenta-se diretamente sobre o saprolito ou sobre a rocha. Apesar da inexistência de um horizonte mineral, esses solos suportam densa floresta, onde as raízes das árvores se desenvolvem nas fácies intemperizadas que acompanham as fraturas das rochas.

Resultados

Espacialização dos solos, conforme mineralogia.

A geologia condiciona a mineralogia dos solos. Os solos, no domínio dos basaltos da Formação Serra Geral, são derivados do intemperismo de minerais da terra rocha ou de culturas, tecnicamente denominados de ferromagnesianos, sendo eutroféricos ou distroféricos. Os latossolos vermelhos, amplamente intemperizados e profundos são constituídos por minerais resistentes de quartzo e minerais secundários na forma de óxihidróxidos de ferro e argilominerais do grupo da caulinita.

Por último, os micaxistos do Grupo Araxá predominam minerais micáceos, feldspatos e ainda quartzo, sendo assim, os solos formados herdarão os íons da decomposição desses minerais, predominando o grupo de alumino-silicatos.

O mapa de solos (figura 05) foi gerado a partir do mapa de geologia, onde cada domínio geológico corresponde a um tipo de solo, conforme o conteúdo mineral.

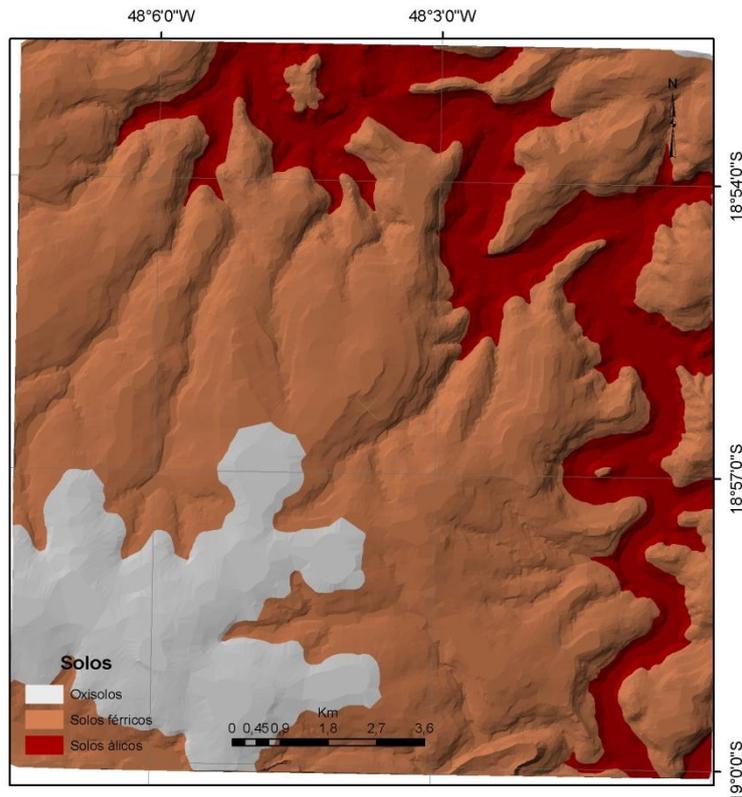


Figura 05 _ Mapa de solos.

Espacialização dos solos, conforme evolução.

O relevo é um dos condicionantes da evolução dos solos, as áreas mais planas são facilitam a acumulação e de infiltração de água, permitindo assim o desenvolvimento de solos profundos. Portanto, o processo erosivo é proporcional a inclinação do relevo, de modo que em áreas com declividades elevadas o processo de erosão se iguala ao processo pedogenético e dificulta a acumulação de solos. As classes foram determinadas à partir de observações de campo, na relação da variação pedológica e da variação de relevo.

No sistema de informação geográfico, os pontos levantados em campo foram alocados no layer de declividade, e ao cruzar os dados de declividade e os pontos das amostras colhidas em campo , permitiu definir a ocorrência de um dado tipo de solo para cada classe de declividade.

O mapa de solos (figura 06), contextualizando a evolução, foi elaborado utilizando o mapa de declividade, o qual foi reclassificado em quatro classes (tabela 2).

Classe de declividade (°)	Classe	Reclassificação Tipo de solo
0 – 10	1	Latossolos
11 – 30	2	Solos estruturados
31 – 50	3	Cambissolos
51 – 90	4	Neossolos

Tabela 2 – Classes de declividade X tipo de solo.

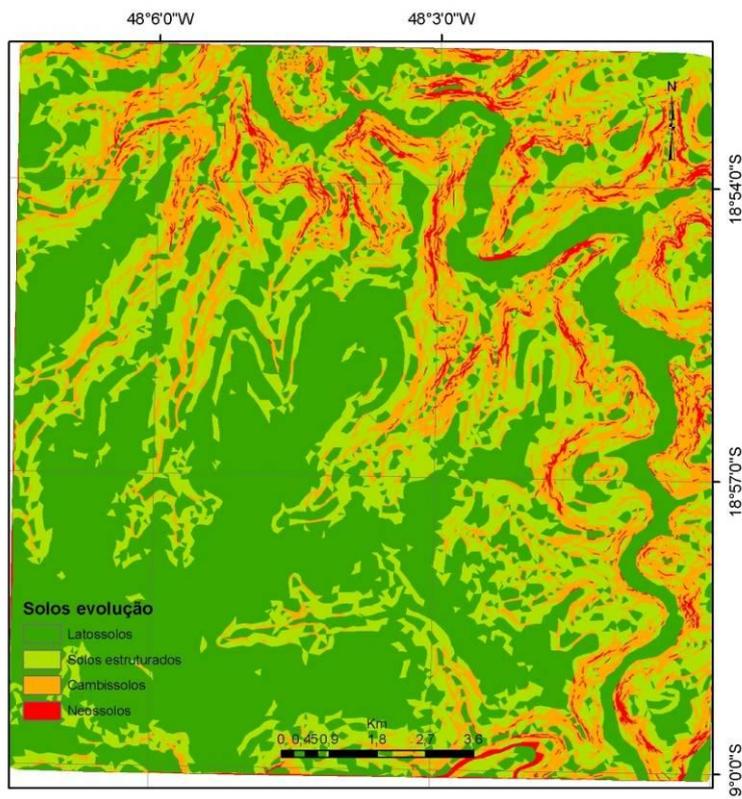


Figura 06 - Mapa de evolução dos solos

O mapa de evolução dos solos mostra que a distinção dos tipos de solos a partir de classes de declividade somente se aplica dentro de uma mesma formação geológica. Esse fato se deve aos distintos graus de estabilidade dos minerais que compõem as rochas areníticas da Formação Marília, dos basaltos da formação Serra Geral e dos metassedimentos do Grupo Araxá.

Nas porções de relevo suavemente ondulado, sobre o domínio da Formação Marília ocorrem latossolos. Sobre os basaltos, os tipos referem-se a solos estruturados

(nitossolos e argissolos), cambissolos e neossolos litólicos, e sobre os metassedimentos do Grupo Araxá os tipos variam entre cambissolos e neossolos.

O resultado da primeira análise espacial apresentou algumas distorções, visto que em certos pontos a distribuição espacial de determinados tipos de solos ficaria incorreta, tendo sido necessária uma reclassificação. Esse procedimento reclassificou as áreas mapeadas como latossolos (interseção de áreas planas x Grupo Araxá) para cambissolos e neossolos. Isto se deve ao baixo grau de estabilidade dos micaxistos do Grupo Araxá, principalmente dos filossilicatos, que são facilmente intemperizados e carreados, o que não permite o desenvolvimento de perfis profundos de solos.

O produto final da reclassificação encontra-se na tabela (tabela 3) e no mapa (Figura 7) abaixo:

Geologia	Classe de declividade	Classe de solos
Grupo Araxá	1	Cambissolos
Grupo Araxá	2	Cambissolos
Grupo Araxá	3	Cambissolos
Grupo Araxá	4	Neossolos

Tabela 03_ Reclassificação classe de solos

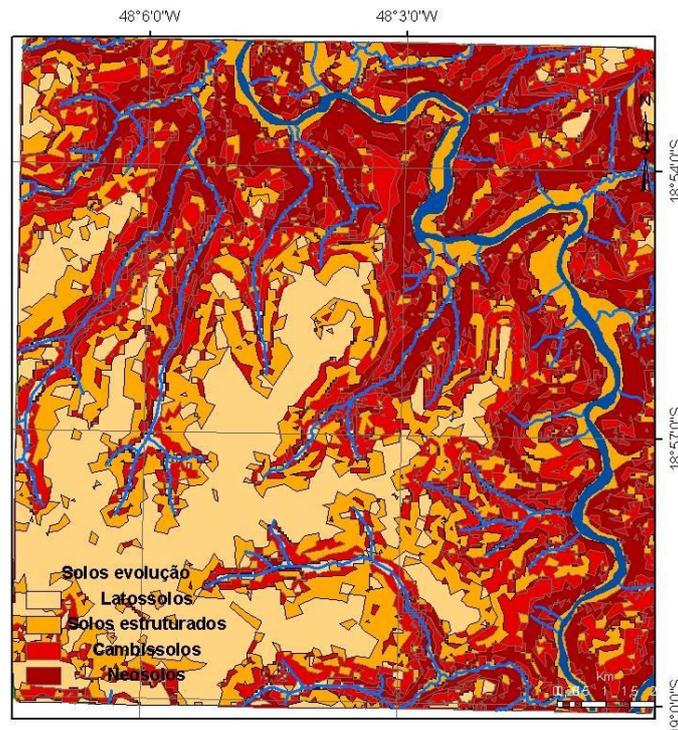


Figura 07- Mapa de evolução dos Solos (Reclassificação)

Considerações finais

Os SIGs são ferramentas poderosas aplicadas em estudos, análises e gestão de dados ambientais, porém, constituem apenas ferramentas de suporte, sendo o elemento principal o conhecimento do gestor ambiental sobre os elementos ambientais e as possíveis interações entre estes. Cabe ao gestor ambiental o acompanhamento do processamento das informações a retificação dos resultados, quando necessário. Ao gerar mapas de evolução de solos, devem ser considerados além da declividade, as demais variáveis do ambiente, principalmente o tipo de rocha, que conforme a mineralogia, estará submetida a diferentes processos intempéricos, o que conduzirá também a diferentes processos pedogenéticos.

Crítica necessária se faz aos produtos cartográficos nacionais. O país tem necessidade de um levantamento cartográfico mais atualizado que leve em conta o aumento do detalhe, principalmente com relação a altimetria. A inexistência de cartas topográficas em escalas superiores a 1:25.000, que cubram todo o território nacional inviabilizam a realização de uma série de trabalhos relacionados a pesquisas e estudos na área ambiental, principalmente em análises de relevo e evolução de solos.

Referências

- BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global**. Esboço Metodológico. *R. RÁEGA*, Curitiba: Editora UFPR, n. 8, p. 141-152, 2004.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S.; MONTEIRO, A. V. M. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. Cap. 23, livro On-line, Geoprocessamento: Teoria e Aplicações, INPE, 1999.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. [Editores técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos... et al.] 2a edição. Rio de Janeiro: 2006.
- MIRANDA, J.I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.
- PEREIRA H. G., Contribuição da geoestatística para os SIG Geológico-Mineiros Princípios – Estado de Conhecimento e Possíveis Generalizações. **Seminário Recursos Naturais e Sistemas de Informações Geográficas**. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa, 1992.

Utilização de geotecnologias de geoprocessamento no levantamento de classes de solos.

Luiz Antônio de Oliveira, Andréa dos Santos Vieira

PINA, M.F., Modelagem e Estruturação de Dados Não-Gráficos em Ambiente de Sistemas de Informação Geográfica: Estudo de Caso na Área de Saúde Pública, Tese de Mestrado, IME, 1994.

NISHIYAMA, Luiz. Geologia do Município de Uberlândia e Áreas Adjacentes. **Sociedade e Natureza** 1 (9-16), junho 1989.