

Modelagem da dinâmica do uso e ocupação do solo (1975 a 2010) na bacia do Rio Uberaba, município de Veríssimo – MG.

Janaína Ferreira Guidolini⁽¹⁾; Alisson Mendonça de Almeida⁽²⁾; Renato Farias do Valle Júnior⁽³⁾; Azeneth Eufrausino Schuler⁽⁴⁾; Marcus Vinícius Neves Araújo⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Especialista em Gestão Ambiental e estudante do curso de Engenharia Agrônômica; Instituto Federal do Triângulo Mineiro; Uberaba, Minas Gerais; janaguidolini@gmail.com;

⁽²⁾ Especialista em Gestão Ambiental; Instituto Federal do Triângulo Mineiro; Uberaba, Minas Gerais.

⁽³⁾ Professor Doutor do Instituto Federal do Triângulo Mineiro; Uberaba, Minas Gerais.

⁽⁴⁾ Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA SOLOS, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

⁽⁵⁾ Estudante do curso de Geografia; Universidade Federal do Triângulo Mineiro; Uberaba, Minas Gerais.

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo testar um modelo de simulação da dinâmica do uso e ocupação do solo, no período de 1975 a 2010, no trecho da bacia do Rio Uberaba situado no município de Veríssimo, MG. Para a modelagem utilizou-se o módulo *Land Change Modeler (LCM)* pertencente ao SIG Idrisi Selva. As classes de uso e ocupação do solo analisadas foram: Mata, Agricultura e Pastagem. Houve um ligeiro aumento na área de mata no ano de 2010 devido à recomposição vegetal, enquanto a pastagem tornou-se o principal uso, com o ganho de novas áreas onde substituiu a agricultura. Por sua vez, a agricultura apresentou as maiores perdas em área no período. Uma tentativa de prognóstico de uso da terra com o *LCM* para 2050 não obteve resultados conclusivos, pois o modelo utilizado, com base nas Cadeias de Markov, assume as transições como processos estacionários.

Termos de indexação: manejo de bacia hidrográfica, Land Change Modeler

INTRODUÇÃO

Segundo Vieira (2000) *apud* Vilela (2009), a observação terrestre através de dados obtidos por satélites é o meio mais efetivo encontrado nos tempos hodiernos. Além de ser econômico, é de fácil acesso e permite o monitoramento de fenômenos terrestres em áreas remotas e extensas. Paralelamente, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são muito usados no tratamento de informações orbitais relacionadas ao meio ambiente e suas atividades (Aranha, 2010), com novos módulos de modelagem espacial sendo introduzidos nos diversos SIGs disponíveis. O software *Land Change Modeler for Ecological Sustainability (LCM)* é um aplicativo do Idrisi Selva orientado ao problema de conversão acelerada de uso da terra. Foi desenvolvida pelo *Center Andes Biodiversity Conservation da Conservation International* e pela *Clark Labs*, da Clark University. O *LCM* agrupa ferramentas de processamento de

imagens, sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica, geoestatística, apoio à tomada de decisão e análise de imagens geográficas com a função de quantificar e caracterizar espaço-temporalmente as mudanças no uso do solo, avaliar as perdas, ganhos e persistência no uso do solo, as contribuições de cada tipo de uso do solo para conversão em outra classe, além de predizer e modelar as variáveis relativas às transições do ambiente e habitat (Eastman, 2009). Com o uso do *LCM*, este trabalho visou modelar a dinâmica do uso do solo, no período de 1975 a 2010, no trecho da bacia do Rio Uberaba situado no município de Veríssimo, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia do rio Uberaba, no município de Veríssimo, corresponde a 22,59% da área da bacia, de aproximadamente 530,24 km². Esta região destaca-se por seus recursos hídricos e pela economia agrícola (Valle Júnior, 2008). A área de estudo está delimitada pelos paralelos 19°31'55" e 19°49'20" de latitude Sul, e pelos meridianos 48°08'36" e 48°28'11" a Oeste de Greenwich.

O estudo fundamentou-se no recorte de duas imagens orbitais do Sensor Landsat-1, instrumento MSS na órbita 237 no ponto 74, sendo sua projeção UTM SAD69, que capturou imagens da região de Veríssimo - MG em 16 de junho de 1975 (INPE); e Resourcesat-1, instrumento LIS-3 na órbita 328 no ponto 91, sendo sua projeção UTM WGS84, que capturou imagens da região de Veríssimo - MG em 16 de julho de 2010 (INPE), com resolução espacial de 30 metros da região do Triângulo Mineiro. O recorte das duas imagens foi definido com as mesmas coordenadas limitantes.

Foi utilizada como base para o Modelo Digital de Elevação (MDE) a imagem SRTM disponível no site da Embrapa "Brasil em Relevo" (Miranda, 2005). A partir da imagem, elaborou-se o mapa de escoamento dos canais principais e a delimitação da microbacia do rio Uberaba no SIG IDRISI Selva.

Procedeu-se à alteração de formato de arquivos vetoriais para matriciais. Para isto, utilizou-se o menu “*Reformat*” do IDRISI, que oferece módulos para a mudança de formato de dados e alterações na estrutura de imagens e vetores. Para composição de bandas do modelo linear de mistura espectral, foram utilizados os canais Red (vermelho), Green (verde) e Blue (azul), em imagens Landsat, e a combinação das cores na ordem 5-4-3 para obter a imagem RGB falsa cor. Utilizou-se a função “*Composit*” do menu “*Display*”. A classificação e interpretação visual da composição colorida da imagem RGB foi baseada na descrição das categorias temáticas resultantes, onde se seguiram critérios como cores, tonalidades, texturas, formas e tamanhos.

Com a obtenção do banco de dados de imagens necessário, procedeu-se à fotointerpretação dos aerofotogramas e à interpretação visual das imagens dos satélites de uma área amostral de treinamento para a confecção dos mapas de uso e ocupação do solo para a bacia do rio Uberaba, no que se refere às classes de agricultura, pastagem e mata nativa. Estas áreas de treinamento serão utilizadas na classificação das imagens para gerar os mapas de uso.

Para classificar as imagens foi utilizado o algoritmo da máxima verossimilhança (MAXLIKE), considerado um método paramétrico supervisionado. Isto é, *paramétrico* porque envolve parâmetros da distribuição gaussiana multivariada (vetor *média* e matriz de *covariância*), e *supervisionado* porque estima estes parâmetros por meio das amostras de treinamento. Esse método considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes de ocorrência, em amostras de treinamento definidas pelo usuário, utilizando parâmetros estatísticos. A distribuição de valores de reflectância em uma área de treinamento é descrita por uma função de densidade de probabilidade, desenvolvida com base na estatística Bayesiana. Esse classificador (MAXLIKE) avalia a probabilidade de um determinado pixel pertencer a uma categoria, de modo a manter a máxima verossimilhança com a distribuição assumida para o conjunto de dados, com base nas amostras de treinamento.

O resultado das classificações das duas imagens são três classes informacionais: mata, agricultura e pastagem. Para avaliação das mudanças de uso da terra, foi utilizada uma imagem de referência para cada época (uso e ocupação do solo nos anos de 1975 e 2010). As duas imagens de referência foram digitalizadas em tela. A digitalização de polígonos,

identificando diferentes classes na imagem original, foi feita de maneira que representassem as classes o mais fielmente possível. Assim, um dos principais cuidados durante a digitalização foi manter a distância de dois a três pixels dos limites entre classes diferentes, evitando-se tomar os pixels que delimitavam cada classe, pois há influência dos espectros vizinhos sobre os pixels.

Para a modelagem da dinâmica de uso da terra, foi utilizado o módulo *Land Change Modeler* do SIG Idrisi Selva, aplicando-se a metodologia proposta por Eastman (2006) para definir modelos de transição de usos da terra por meio de Cadeias de Markov, com base nas mudanças ocorridas entre 1975 e 2010, e estimar um prognóstico de uso em 2050. Utilizaram-se como entrada as imagens classificadas para uso da terra nos dois anos selecionados, bem como o Modelo Digital de Elevação (MDE) da área. Os mapas de transição entre as classes “mata”, “agricultura” e “pastagem” foram criados para visualização das mudanças de uso ocorridas no período 1975 a 2010, e que foram consideradas na parametrização do modelo do LCM. Transições menores que 30 hectares foram desconsideradas na análise. Para chegar a este valor foi feita uma análise visual através dos mapas de transição e o tamanho do pixel das imagens utilizadas (30 metros). Apenas os sub-modelos que representavam mudanças entre as classes agricultura, pastagem e mata nativa foram inseridos no modelo de predição do LCM.

A variável relativa ao MDE foi inserida como estática. As duas variáveis dinâmicas inseridas no modelo foram derivadas dos mapas de classes de uso e ocupação do solo dos anos de 1975 e 2010. O modelo de simulação fez uso de cadeias markovianas, em que os estados anteriores são irrelevantes para a predição dos estados seguintes, desde que o estado inicial seja conhecido (Markov, 1971). Segundo Ruhoff et al. (2010), este método assume que “*toda informação do passado está concentrada no presente estado do sistema*”.

Em síntese, a partir de um banco de dados de uso e ocupação da terra, gerados a partir de imagens orbitais de 1975 e 2010, o LCM calculou as probabilidades de alterações de uso do solo, para ajuste de um modelo de simulação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A agricultura, no ano de 1975, ocupava 50% da área total deste trecho da bacia, principalmente com o cultivo de milho e arroz. A mata ciliar, neste

mesmo ano, correspondia a 28,8% da área enquanto a pastagem ocupava 21,2% (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Uso e ocupação do solo na bacia do rio Uberaba, município de Veríssimo, em 1975.

Classe de uso do solo	Área (Km ²)	(%)
Agricultura	265,7	50,0
Pastagem	111,9	21,2
Mata	152,6	28,8
Total	530,2	100

Em 2010 (**Tabela 2**), houve um acréscimo de 0,6% na área ocupada por mata. Segundo Cruz (2003), a maior parte da vegetação nativa da bacia do rio Uberaba concentra-se no município de Veríssimo-MG (Cruz, 2003).

A agricultura, com 181,04 km² representava 34,1% do total da bacia do rio Uberaba em Veríssimo, enquanto a pastagem com 193,33 km² ocupava 36,5% deste trecho da bacia conforme os dados da **Tabela 2**.

Tabela 2 – Uso e ocupação do solo na bacia do rio Uberaba, município de Veríssimo, em 2010.

Classe de uso do solo	Área (Km ²)	(%)
Agricultura	181,4	34,1
Pastagem	193,3	36,5
Mata	152,6	29,4
Total	530,2	100

De acordo com a **Figura 1**, a agricultura teve uma redução de 173,92 km². Esta redução foi acompanhada do aumento das áreas de pastagem (**Figura 2**).

A área perdida de agricultura, segundo Candido et al. (2010) é consequência da declividade média acima de 10%, que ocasiona perda de produtividade quando não há adoção de práticas de conservação do solo.

A pastagem foi a classe com maior expansão de área no período avaliado. Santos & Baccaro (2004) advertem que a implantação de pastagens no cerrado sem a adoção de práticas conservacionistas e/ou uso adequado dos solos causam impactos ambientais na bacia, como aumento de erosão, perda de produtividade, assoreamento de rios, podendo ocasionar a redução de fragmentos de matas nativas.

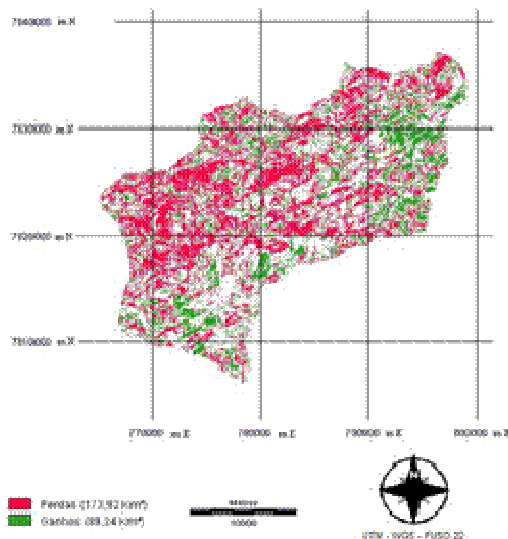


Figura 1 - Histórico do uso do solo pela agricultura de 1975 a 2010, na bacia do rio Uberaba, município de Veríssimo-MG.

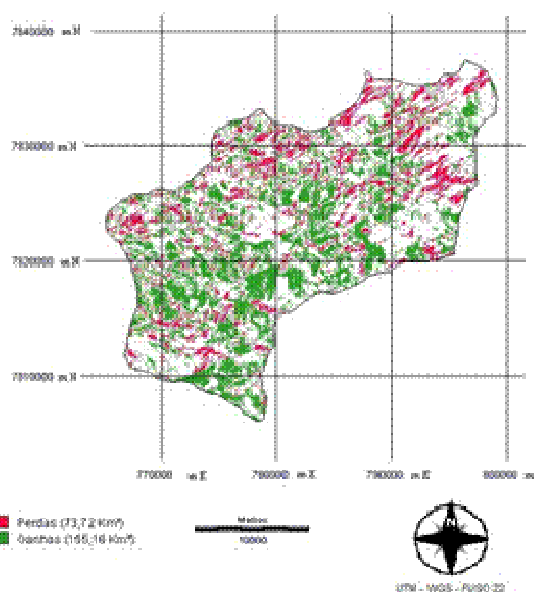


Figura 2 - Histórico do uso do solo pela pastagem de 1975 a 2010, na bacia do rio Uberaba, município de Veríssimo-MG.

A partir das probabilidades de transição de uso do solo de 1975 a 2010, o LCM aplicou o método de Markov para o prognóstico de 2050 (Ruhoff et al, 2010). Os resultados apresentados na **Figura 3** mostram que a mata nativa poderia ser reduzida em até 70% de sua área atual, cedendo espaço à pastagem, caso as probabilidades de transição se mantivessem no tempo, i.e., fossem estacionárias.

Projeção do Land Change Modeler-LCM para a bacia do rio Uberaba em Veríssimo-MG até 2050.

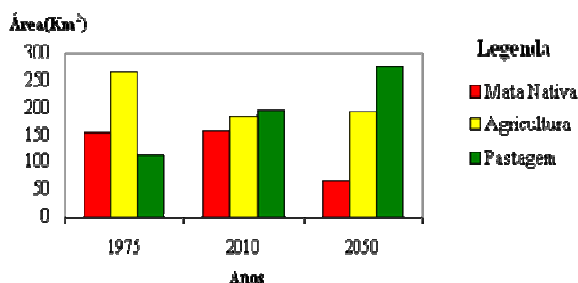


Figura 3 – Estimativa de mudanças nas classes temáticas segundo modelo de Cadeia Markov para a Bacia do Rio Uberaba-MG.

Como não há estudos mostrando esta característica estacionária, não se consideram conclusivas as projeções calculadas para 2050.

São recomendadas avaliações do uso da bacia do Rio Uberaba, com imagens de anos intermediários ao período de 1975 e 2010, para avaliar novos modelos e verificar se as transições são processos estacionários, mediante validações em anos anteriores com imagens disponíveis.

CONCLUSÕES

Em 1975, a bacia do rio Uberaba, no trecho do município de Veríssimo, apresentava a agricultura como classe dominante de uso do solo, seguida pela mata nativa e pela pastagem.

De 1975 a 2010, ocorre um decréscimo de áreas agrícolas na região (de 50% para 34%), enquanto as áreas de pastagem aumentam de 21% para 36,5%, tornando-se o principal uso, e as matas, com um ligeiro acréscimo (de 28,8% para 29,4%), passam a ocupar o terceiro lugar entre as classes de uso.

O prognóstico de uso da terra obtido para 2050 não foi conclusivo, pois o modelo assume transições de uso estacionárias.

O SIG *Idrisi Selva* e o aplicativo *LCM* foram eficientes na geração supervisionada de mapas de uso e ocupação do solo, sendo necessários trabalhos de campo para monitorar alterações.

Recomendam-se estudos da bacia em outros anos, para caracterização dos processos de transição de uso e avaliação de novos modelos.

REFERÊNCIAS

ARANHA, J. T. M. Sistema de Informações Geográficas – Conceitos e Aplicações. Vila Real, [s.n.] 2010.

CANDIDO, M. Z.; CALIJURI, M. L.; MOREIRA NETO, R. F. Modelagem do Uso Ocupação e Desenvolvimento de uma região com a ferramenta Land Change Modeler (LCM). In: XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia, 24, 2010, Anais eletrônicos. Aracaju: SBC, 2010. v. 1. p. 663-668. 16 a 20 maio de 2010. Disponível em: <<http://www.npa.net.br/useruploads/files/15-ct05-1-vf.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2013.

CRUZ, L.B.S. Diagnóstico Ambiental da Bacia do rio Uberaba-MG. 2003. 180f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2003. Disponível em: <cutter.unicamp.br/document/?down=vtls000290553>. Acesso em: 28 abr. 2013.

EASTMAN, J. R. 2006. IDRISI Manual. IDRISI Andes Guide to GIS and Image Processing. Manual Version 15.00. Clark University, Worcester, MA-USA. pp. 240-260.

EASTMAN, J. Idrisi Taiga Tutorial. Massachusetts: Clark Labs. 2009. Disponível em: (www.clarklabs.org). Acesso em: 28 abr. 2013.

INPE. Dados de Satélites. Catálogo de Imagens LANDSAT. Disponível em <<http://www.inpe.br/>>. Acesso em: 16 jun. 2010.

MARKOV, A. A. 1971. Extension of the limit theorems of probability theory to a sum of variables connected in a chain. Reimpresso no Apêndice B de: R. Howard. Dynamic Probabilistic Systems, Vol. I: Markov Chains. John Wiley and Sons.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>> (16/09/ 2011)

RUHOFF, A.; FANTIN-CRUZ, IBRAIM; COLLISCHONN, W. Modelos de Simulação Dinâmica do Desmatamento na Amazônia. Caminhos da Geografia, Uberlândia, 1(36): 258-268, dez./ 2010.

SANTOS, L.; BACCARO, C.A.D. Caracterização geomorfológica da bacia do Rio Tijuco. Caminhos da Geografia, Uberlândia-MG, 1(11):1-21, fev./2004.

VALLE JUNIOR, R. F. do. Diagnostico de Áreas de Risco de Erosão e Conflito de Uso dos Solos na Bacia do rio Uberaba. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdades de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, 2008. 222p.

VILELA, T. A. Avaliação do desmatamento e seus possíveis impactos nas mudanças climáticas da Bacia do Rio Turvo Sujo – MG. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. 2009.