

MODELAGEM DAS MUDANÇAS DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL NUMA REGIÃO TROPICAL DO MÉXICO

Jean-François Mas¹, Alejandro Flamenco Sandoval²

¹ Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
C.P. 58190 Morelia Michoacán MÉXICO
Tel: (52-443) 3223835 E-mail: jfmas@ciga.unam.mx

² Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica,
Universidad de Guanajuato
C.P. 36000 Guanajuato, Gto, MÉXICO
E-mail: alejandro_flamenco@hotmail.com

Resumo. Um modelo de simulação das mudanças de cobertura vegetal e uso do solo (MCVUS) foi elaborado para uma região do sudeste do México, que apresenta altas taxas de desmatamento. A modelagem foi baseada em dois cenários: 1) um tendencial, e 2) outro alternativo que supõe uma menor taxa de desmatamento e uma deslocação dos desmatamentos em florestas secundárias. A avaliação dos mapas prospectivos revela que o modelo alternativo apresentou um melhor desempenho e sugere que a integração de conhecimento especializado é necessário para o desenvolvimento de modelos prospectivos, particularmente em áreas altamente dinâmicas.

Palavras-chave: desmatamento, GIS, modelos prospectivos

1. Introdução

As mudanças de cobertura vegetal e uso do solo (MCVUS) contribuem significativamente para a perda de biodiversidade, a emissão de gases de efeito estufa e a erosão do solo. A análise e modelagem das MCVUS num sistema de informação geográfica (SIG) são as principais ferramentas para identificar as áreas de maior susceptibilidade às mudanças, auxiliando na compreensão dos processos que conduzem às mudanças e na realização de projeções com base em diferentes cenários. Os objetivos deste estudo são realizar a modelagem das MCVUS numa região intertropical do México, que apresentou altas taxas de desmatamento durante as últimas décadas, e avaliar o modelo para identificar o seu potencial e suas limitações.

2. Área de estudo

A área de estudo está localizada no sudeste do México. É composta por pouco mais de 682.000 ha e inclui a Reserva da Biosfera El Ocote (100.000 ha). Esta região sofreu uma grande pressão no uso da terra nos últimos 40 anos, devido à agricultura e pecuária. Em 1994, devido ao levante armado do Exército Zapatista de Libertação Nacional, o governo foi incapaz de continuar a apoiar uma proibição de corte que restringia a exploração florestal a algumas empresas. Somado a isso, a primeira fase da construção da rodovia Ocozocoautla-Las Choapas (1995) favoreceu o avanço da fronteira agrícola na região.

3. Materiais e Método

Para monitorar as mudanças foram utilizadas imagens Landsat da estação seca dos anos de 1986, 1995, 2000 e 2008. Foram utilizados também mapas que descrevem variáveis frequentemente associadas com as MCVUS como altitude, declividade, acessibilidade e posse da terra, entre outros. Para a modelagem, foi utilizado DINAMICA EGO, um software de modelagem ambiental (Soares-Filho et al., 2002 e 2009), tendo em vista sua flexibilidade e facilidade no desenvolvimento de modelos sofisticados (Mas et al., 2011).

Composições coloridas das imagens Landsat foram interpretadas visualmente seguindo o método de classificação interdependente (FAO, 1996). A modelagem foi realizada seguindo os passos abaixo: 1) Calibração do modelo: Esta etapa consiste em analisar as MCVUS em um período anterior com o intuito de a) elaborar uma matriz de probabilidade de mudança (matriz de Markov), que permite fazer projeções das mudanças temporais (Soares-Filho et al., 2002) e b) identificar as áreas com maior probabilidade de apresentar mudanças com o método de pesos de evidência (Soares Filho et al., 2009); 2) Simulação: Baseado nos pesos de evidência e nos mapas das variáveis explicativas, produziu-se um mapa de probabilidade para cada transição. Com base nesses mapas de probabilidade, mapas prospectivos de cobertura vegetal e uso do solo (CVUS) foram elaborados usando autômatos celulares e 3) Avaliação: Para avaliar mapas de CVUS prospectivos, um mapa é modelado para uma data (nesse estudo 2008) dados que já apresentem um mapa das CVUS (mapa de referência ou observado). Os mapas simulados e observados são comparados utilizando um método difuso, que permite uma certa tolerância em casos em que não há correspondência perfeita entre as áreas de mudanças simuladas e observadas. Esta operação foi realizada com base em diferentes distâncias de tolerância.

A modelagem foi realizada com base em dois cenários: 1) um cenário tendencial (CT), baseado na suposição de taxas (Markov matriz) e distribuição das mudanças similares entre o período de calibração (1986-2000) e o período simulado (2000-2008), 2) um cenário alternativo (CA), em que os padrões de mudança foram modificados com base em informações disponíveis em 2000.

4. Resultados e Discussão

4.1. Cenário tendencial

Como mostra a Figura 1, ocorreram importantes mudanças entre 1995 e 2000. Com base na matriz de mudança 1986-2000, 9 transições, com uma probabilidade superior a 1%, foram modeladas. O período 1986-2000 (e não 1995-2000) foi escolhido no presente estudo, por ser um período mais longo, portanto, mais adequado para caracterizar os processos de mudança.

Os pesos de evidência foram calculados para cada uma das nove transições de acordo com 16 variáveis explicativas: 1) elevação, 2) declividade, 3) distância a corpos d'água e rios, 4) distância a rios, 5) distância a corpos d'água navegáveis, 6) distância a estradas, 6) distância a populações, 7) área protegida, 8) posse da terra e 9) distâncias para os tipos de cobertura no mapa de CVUS de 1986. Os valores dos pesos foram editados com base em conhecimento especializado.

4.2. Cenário alternativo

O cenário alternativo baseia-se na suposição de que as taxas de mudanças observadas no período 1986-2000 são sesgadas pelo período 1995-2000, durante o qual houve uma "explosão" das taxas de desmatamento. Considerou-se que após este período, as taxas de desmatamento e degradação declinariam enquanto as taxas de recuperação aumentariam.

Além disso, foi assumido que os desmatamentos agrícolas seriam localizados com maior frequência em florestas secundárias e não nas florestais primárias, como durante os períodos anteriores. Foi também feita a suposição de que haveria uma eficiência relativa na conservação da área protegida.

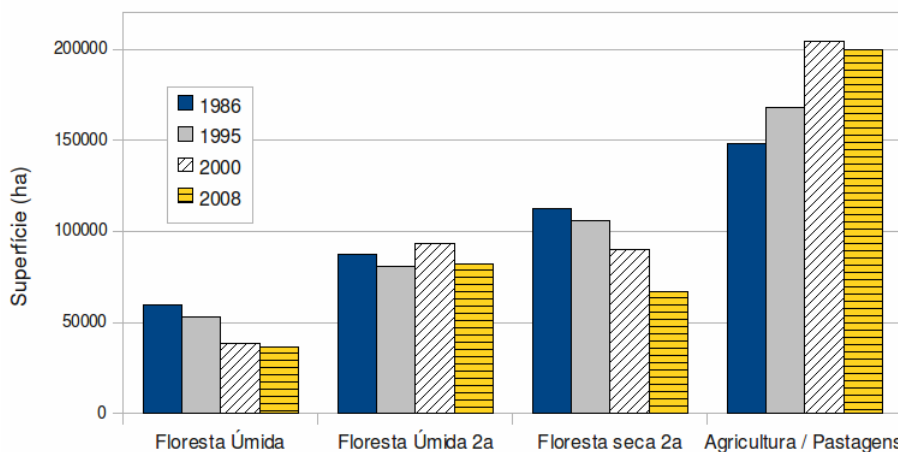


Figura 1 - Área (ha) de algumas categorias de CVUS em 1986, 1995, 2000 e 2008. Nenhuma informação de 2008 foi usada para desenvolver o modelo.

4.3. Avaliação de modelos

Ambos cenários tendem a superestimar a terras agrícolas e as florestas secundárias. O cenário alternativo fornece melhores estimativas, pois reflete, ainda que insuficientemente, as variações nos padrões de mudança entre o período 1986-2000 e 2000-2008, através da alteração das probabilidades na matriz de Markov.

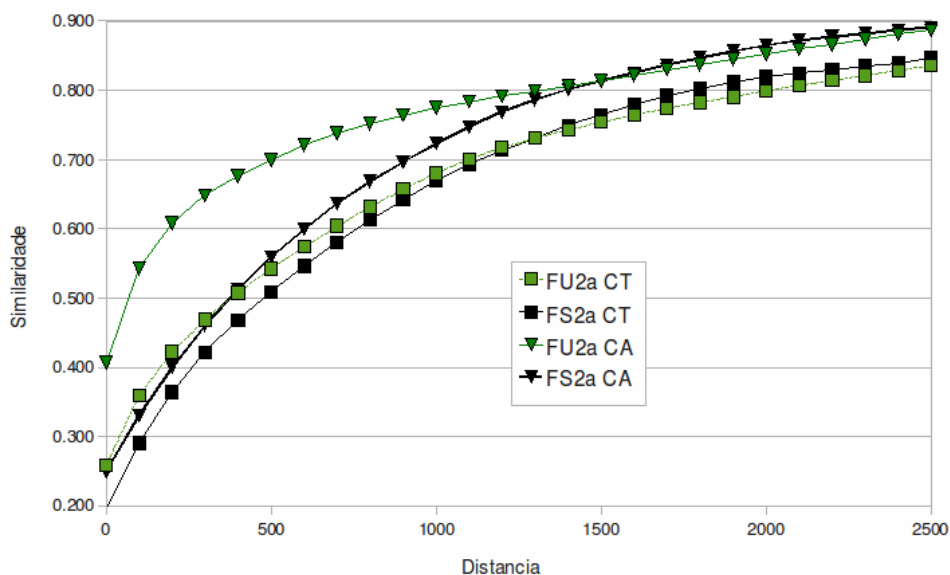


Figura 2 - Relação entre a taxa de concordância (índice de similaridade) e a distância de tolerância para o cenário tendencial (CT) e alternativo (CA) para o desmatamento da floresta úmida (FU) e seca (FS).

Quanto à capacidade dos modelos para identificar a distribuição espacial das MCVUS, poucas diferenças são observadas entre os dois cenários, porque os pesos foram pouco modificados no cenário alternativo em comparação com o tendencial. Em geral, o cenário

alternativo apresenta um melhor desempenho. A avaliação difusa mostrou que, dependendo da transição, entre 0 e 40% das mudanças simuladas coincidem perfeitamente com as mudanças reais (observadas). No entanto, para a maioria das transições, a sobreposição aumenta rapidamente com a distância de tolerância, mostrando que o modelo identificou as áreas com maior probabilidade de mudança, mas não a localização exata dos mesmos (Fig. 2). Em alguns casos, o erro é devido à subestimação da quantidade de mudanças do modelo.

5. Conclusões

Este estudo ilustra a dificuldade da modelagem prospectiva de regiões com alta dinâmica de mudança. A área de estudo apresenta variações significativas nos padrões e taxas de mudança entre o período utilizado para calibrar o modelo e o período de simulação. O cenário tendencial, que simulou processos de rápida expansão das áreas agrícolas nas florestas, foi o modelo menos apropriado, porque superestimou a quantidade de mudança e não foi capaz de fornecer a sua localização. O cenário alternativo, baseado na "aposta" de uma queda e reorientação do desmatamento em áreas de florestas secundárias foi o mais próximo da realidade. Estes resultados sugerem que os modelos que integram conhecimento especializado (*knowledge driven*) são mais adequados do que os modelos baseados em calibrações automáticas (*data driven*).

Agradecimentos

Este estudo foi realizado no âmbito dos projetos *Simulaciones geomáticas para modelizar dinámicas ambientales. Avances metodológicos y temáticos* (BIA2008-00681) e *Elaboración y Aplicación de modelos prospectivos de cambio de cobertura/uso del suelo* (PAPIIT clave IN113511).

Referências

- FAO. Forest Resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Food and Agriculture Organization. FAO forestry paper 130, 1996, 152 p.
- MAS, J.F., KOLB, M., HOUET, T., PAEGELOW, M., CAMACHO OLMEDO, M.T. Éclairer le choix de modèles de simulation des changements des modes d'occupation et d'usages des sols, *Revue Internationale de Géomatique*, v. 21, p. 297-322, 2011.
- PÉREZ-VEGA A., MAS J.F., LIGMANN-ZIELINSKA A. Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss in a deciduous tropical forest. *Ecological Modelling & Software*, en prensa.
- SOARES-FILHO B.S., NEPSTAD D., CURRAN L., VOLL E., CERQUEIRA G., GARCIA R.A., RAMOS C.A., MCDONALD A., LEFEBVRE P., SCHLESINGER P. Modeling conservation in the Amazon basin. *Nature*, v. 440, p. 520-523, 2006.
- SOARES-FILHO B.S., PENNACHIN C.L, CERQUEIRA G. DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling*, v. 154(3), p. 217 – 235, 2002.
- SOARES-FILHO B.S., RODRIGUES H.O., COSTA W.L.S. 2009. Modelamiento de Dinámica Ambiental con Dinamica EGO, Centro de Sensoriamento Remoto, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil, 2010. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/dinamica/>>. Acesso em: 1 Jul 2011.