

MODELAGEM PREDITIVA A PARTIR DE UMA SEQUÊNCIA DE IMAGENS DE SATÉLITE UTILIZANDO AUTÔMATOS CELULARES

RODRIGO MIKOSZ GONCALVES¹

TANIA MEZZADRI CENTENO¹

GILLES CELLERON²

¹CEFET-PR – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná

Caixa Postal 3165 – 80230-901 – Curitiba - PR, Brasil

rmikosz@bsi.com.br

mezzadri@cpgei.cefetpr.br

³Université Toulouse le Mirail – Maison de La Recherche

GEODE –5, all. Antonio Machado 31058 – Toulouse – França

selleron@servmail.univ-tlse2.fr

Abstract. This work approaches the study of Cellular Automata to the simulation of Satellite Remote Sensing Images. The images were collected by Spot and Landsat-MSS from the one forest in different times. After the geometric correction and images treatment a binary map will be formed by pixels that contain informations about the forest existence. The simulation is done through the measured historic of forests areas in accordance with their progression, regression or stability in time and with rules that describes how CA do the simulation. The experimental tests have showed promising results.

Keywords: cellular automata, forestry modelling, geographic information system, remote sensing.

1. Introdução

A simulação de um ambiente natural, no caso específico de florestas, através de técnicas computacionais, tem se tornado uma área de pesquisa bastante promissora para o planejamento e tomada de decisões ambientais Centeno (2001).

Neste trabalho utiliza-se informações de imagens digitais captadas por satélite (Spot e Landsat-MSS) da região de Ticoporo – Venezuela (Floresta Amazônica). A partir de cenas mapeadas em diferentes datas verifica-se o comportamento espacial que a floresta em estudo apresenta no decorrer do tempo. O objetivo da simulação é descrever o que acontecerá com esta determinada floresta no futuro.

No desenvolvimento desta simulação utiliza-se Autômatos Celulares os quais tentam emular a suposta maneira pela qual as leis da natureza funcionam com regras simples Leite et al. (2000). A área de atuação deste trabalho é o processamento digital de imagens aplicado à modelagem e simulação a partir de informações geográficas.

2. Aspectos Básicos sobre os AC

Em 1970 surgiram os autômatos celulares criados por um matemático chamado John Conway através do seu jogo de computador chamado *game of life* Lopes e Águas (2000).

Os autômatos celulares são estruturas construídas a partir de células em n dimensões no espaço Mraz et al.(1996). Com uma dimensão as células estão distribuídas linearmente, com duas dimensões as células estão distribuídas no plano e com três dimensões as células estão distribuídas no espaço Leite et al. (2000).

Cada célula pode ser tratada de forma independente e sua forma no decorrer do tempo é calculada e modificada para um novo estado conforme regras de transição que envolvem a sua vizinhança Mraz et al. (1996). O tamanho da vizinhança deve ser especificado pois as regras de transição são aplicadas a partir da análise desta vizinhança e da própria célula Leite et al. (2000). A figura 1 apresenta três exemplos de vizinhança que podem ser aplicados no plano.

A escolha desta vizinhança depende do contexto e influi na velocidade de propagação do fenômeno a ser simulado Centeno (1998).

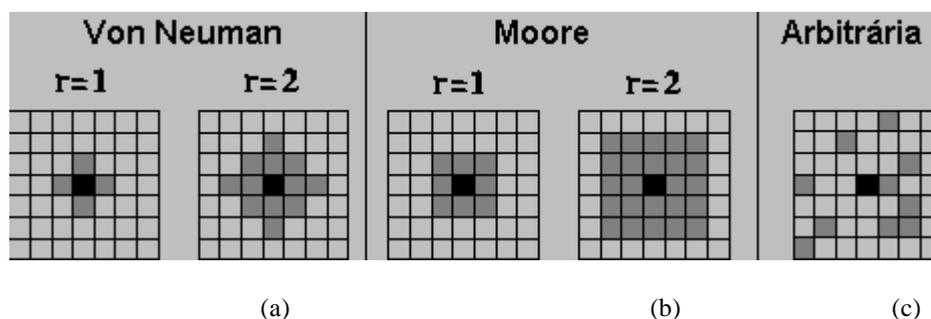


Figura. 1. (a) Vizinhança de Von Neuman; (b) Vizinhança de Moore (c) Vizinhança Arbitrária Leite et al. (2000) .

Um conjunto de estados deve ser definido para o funcionamento do autômato celular. O número de estados possíveis não deve ser muito grande pois o número de configurações possíveis por um autômato celular com s estados e n células de vizinhança (levando em conta a célula que será atualizada) é s^{s^n} Weimar (1998). Estes estados podem ser definidos a partir de alguma propriedade ligada a simulação que se pretende realizar. Cada célula poderá se encontrar em apenas um estado Leite et al. (2000) em um determinado instante de tempo.

As regras de transição são aquelas que fazem com que o sistema evolua no decorrer do tempo. Existem algumas formas de especificar esta regra de transição Leite et al. (2000), entre elas cita-se as regras totalísticas que são formadas pela quantidade total de células vizinhas que estão em um determinado estado Leite et al. (2000). Há também as regras probabilistas que pode contribuir com mais de um resultado de forma a atribuir uma probabilidade a cada um deles. Uma explanação sobre outros tipos de regras pode ser encontrado em Centeno (1998). De acordo com White et al.(2000) o modelo dos AC consistem em passos discretos de tempo onde todos os estados são atualizados de forma simultânea.

O objetivo dos autômatos celulares é a simulação de um processo físico que seja difícil de determinar como um todo Lopes e Águas (2000).

3. Aplicações de Autômatos Celulares

Os autômatos celulares podem ser aplicados em diversas áreas como por exemplo: AC para propagação de fogos florestais Lopes e Águas (2000), que permite simular o comportamento de fogos florestais em terrenos heterogêneos e analisar os resultados em um ambiente de SIG (Sistema de Informação Geográfica) sobrepondo informações relativa ao fogo com informações geográficas do tipo topografia, habitações, rede de transporte de energia, estradas, etc., AC para simulação da movimentação de nuvens em imagens de satélite Piazza e Cuccoli (2001), capaz de prever o comportamento de nuvens em um curto período de tempo contribuindo para os algoritmos de sensoriamento remoto e análise de imagens e em Vale et al. (1999) é descrito um processo para simular uma epidemia causada por um vírus ao longo do tempo, onde é definido um conjunto inicial de características em um espaço bidimensional, cujas alterações no decorrer da simulação são modeladas através de AC.

4. Descrição do problema

A partir de uma seqüência de imagens da floresta amazônica em Ticoporo (Venezuela) para n instantes t_1, \dots, t_n , de forma que $t_1 < \dots < t_n$ (figura 2), propõe-se um método para simular a evolução da floresta.

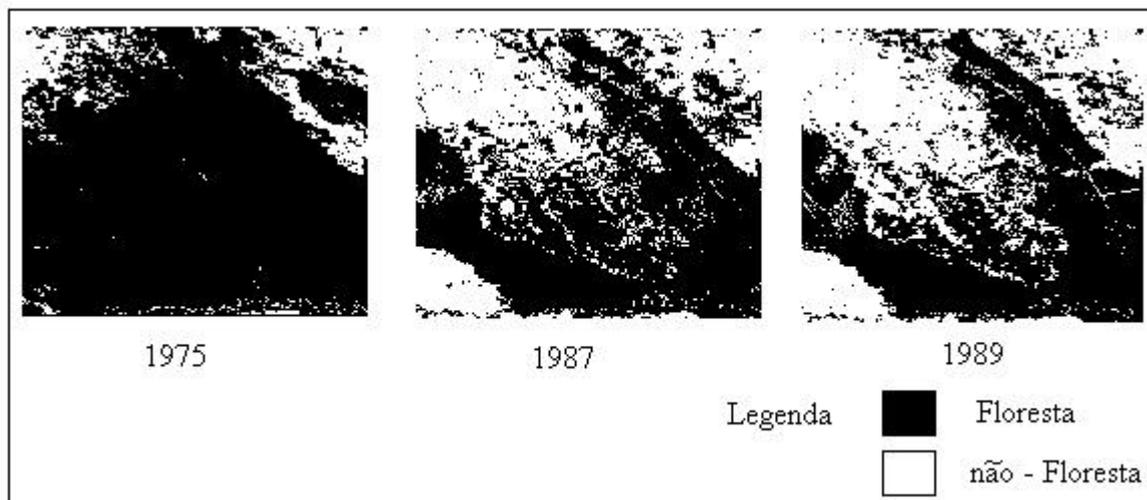


Figura 2. Imagens de Satélite da região de Ticoporo Venezuela.

As cenas obtidas acima foram previamente georreferenciadas e tratadas para serem adaptadas ao problema em questão. Sendo assim considera-se a floresta sendo homogênea contendo duas informações no formato binário (0 e 1). As imagens foram coletadas através dos sensores Landsat-MSS (1975) e Spot (1987,1989 e1994). A resolução espacial é 80 metros. A imagem de 1994 é utilizada apenas para validar os resultados.

5. Método Proposto

Os passos para a solução do problema seguem conforme o organograma da figura 3.

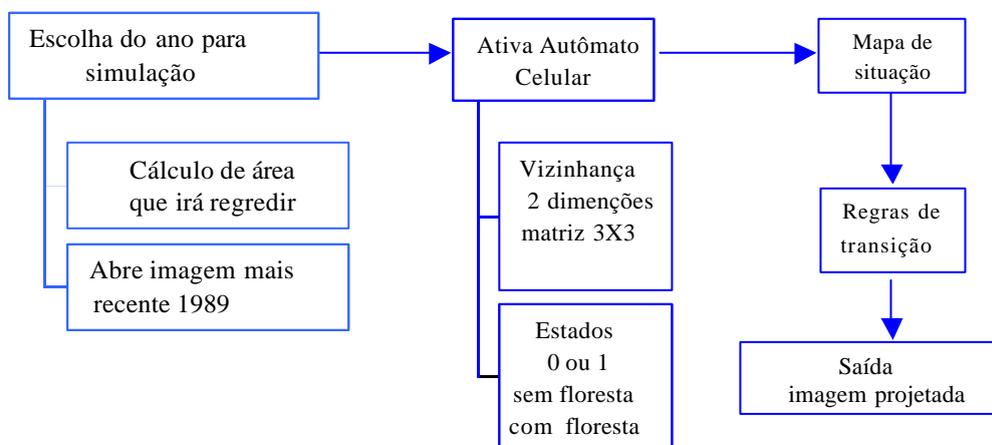


Figura 3. Organograma de descrição do processo de simulação.

Após a entrada do ano a ser projetado, o primeiro passo da abordagem é a predição da superfície total da região de estudo. Esta etapa consiste na projeção do valor da superfície

total para o instante t_{n+1} aplicando os dados analíticos em um método de regressão linear adaptado ao problema. A floresta em questão é considerada com dois estados representados na figura 4.

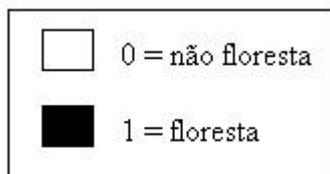


Figura 4. Estados do AC.

Um mapa (figura 5) foi elaborado para descrever a situação da floresta conforme zonas de crescimento, regressão e estabilidade. Para isto utilizou-se a seqüência temporal de imagens (figura 2) e descrição exposta na tabela 1. A área representada por floresta industrial é uma região privada de exploração e sendo assim ela não está incluída na análise.

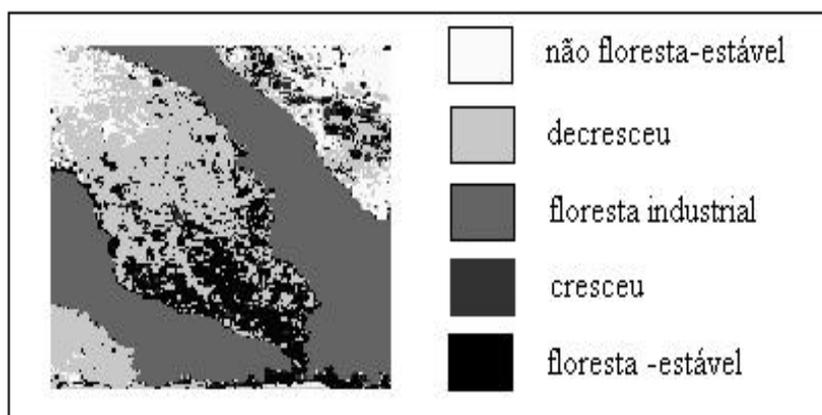


Figura 5. Mapa de situação.

Tabela 1. Tabela do mapa de situação.

1975	1987	1989	Situação	Nível digital
0	0	0	estável	250
0	0	1	cresceu	50
0	1	0	decresceu	200
1	1	1	estável	5
1	1	0	decresceu	200
1	0	0	decresceu	200
0	1	1	cresceu	50
1	0	1	cresceu	50

Em seguida o AC bidimensional é ativado utilizando a vizinhança de Moore com $r = 1$ (figura 1).

As regras de transição utilizadas neste trabalho são as regras totalísticas Leite et al. (2000) que consideram a quantidade total de células vizinhas que estão no estado = 1, ou seja, existe floresta. O mapa de situação é aplicado para diferenciar regras de transição conforme o tipo de zona pertencente. Sendo assim, utilizou-se 3 regras distintas de transição: para zonas estáveis, zonas de crescimento e zonas de decrescimento conforme as regras a seguir discriminadas.

Regra 1 – Aplicada a zonas de decrescimento. Se o número de vizinhos for igual a 0,1,2,3,4 ou 5 e o pixel central é igual a 1 ele se torna igual a zero. Se o número de vizinhos for igual a 6 o pixel em análise permanece como está. Já se o número de vizinhos for igual a 7 e 8 e o pixel central é igual a zero ele se torna igual a 1.

Regra 2 – Aplicada a zonas de crescimento. Se o número de vizinhos for igual a 6,5,4 o pixel em análise permanece como está. Já se o número de vizinhos for igual a 3,2,1 ou 0 e o pixel central é igual a 1 ele se torna igual a 0. Já se o número de vizinhos for igual a 7 e 8 e o pixel central é igual a zero ele se torna igual a 1.

Regra 3 – Zonas de estabilidade. Se o número de vizinhos for igual a 8,7,6 ou 5 o pixel em análise permanece como está. Já se o número de vizinhos for igual a 4,3,2,1 ou 0 e o pixel central é igual a 1 ele se torna igual a 0.

Após completar o procedimento a imagem simulada pode ser visualizada.

6. Resultados

O algoritmo que efetua o AC foi elaborado em linguagem de programação C/C++ e para isto utilizou-se o *software Borland C++ builder 3.1*. A figura 6 ilustra algumas previsões para o anos de 1994, 2000, 2005 e 2010. Já a figura 7 representa a comparação da imagem da previsão para 1994 com uma imagem real do mesmo ano que não foi utilizada no processo.

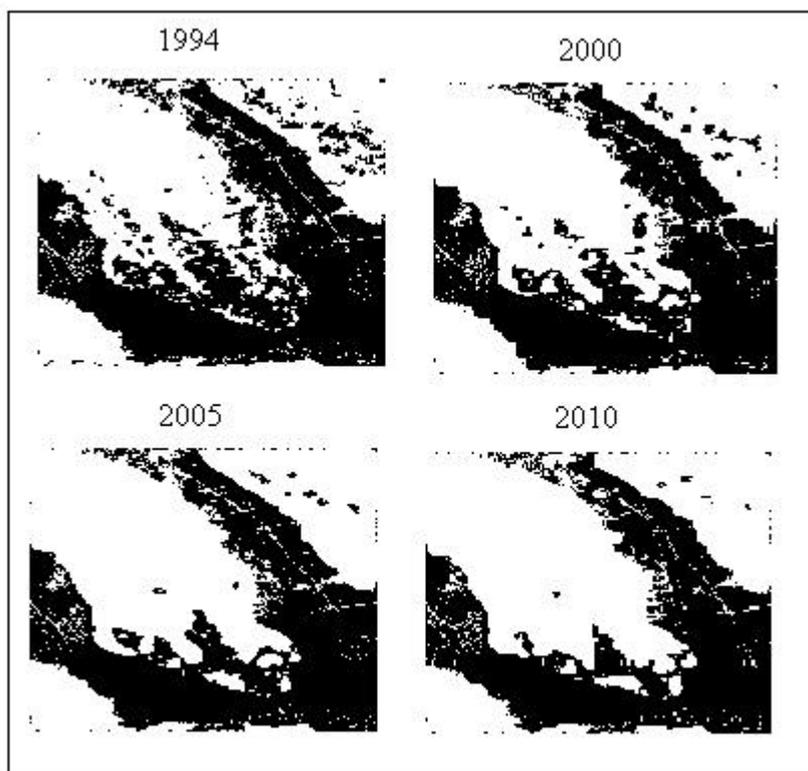


Figura 6. Resultados obtidos.

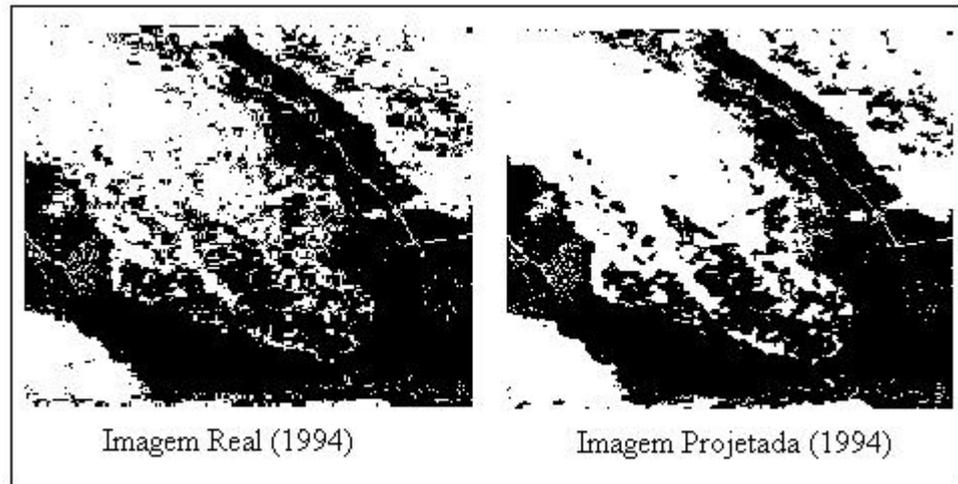


Figura 7. Comparação entre imagem real e projetada para 1994.

7. Integração com SIG

O trabalho proposto trabalhou com informações geográficas baseado nos dados temporais. Estes dados foram visualizados e captados nas imagens de satélites conforme suas mudanças de formas no decorrer do tempo. Suas posições geográficas foram nomeadas em um mapa conforme sua regressão, progressão ou estabilidade no decorrer do tempo.

Para refinar e melhorar cada vez mais a modelagem de predição pretende-se ainda integrar outros dados geográficos ao problema como é o caso da figura 7. Onde são apresentados os caminhos (estradas, trilhas) por onde os colonos (responsáveis pelo desmatamento) percorrem e se infiltram dentro da mata para retirada de madeira.

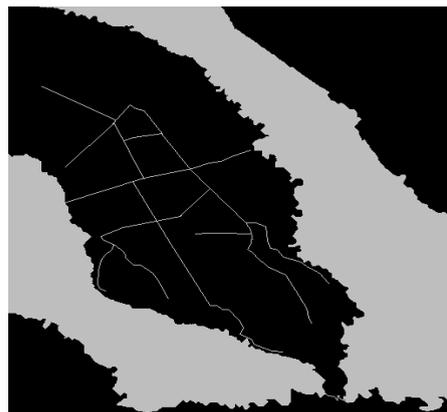


Figura 8. Informações geográficas adicionais.

Este tipo de informação adicional possibilita a criação de novas regras sobre formas particulares que podem melhorar a qualidade da modelagem preditiva.

8. Conclusões

Os resultados conseguidos foram promissores, com boa qualidade visual e bastante úteis para uma análise ambiental. A comparação entre imagem real e projetada para o ano de 1994

demonstra semelhança no que diz respeito a distribuição geográfica da floresta, validando a modelagem proposta. Destaca-se a criação de uma nova ferramenta chamado de mapa de situação que é utilizado para criar regras específicas em zonas de regressão, progressão e estabilidade no decorrer do tempo.

A principal dificuldade foi em decidir como iria ser aplicado o Autômato Celular na imagem. Futuramente pretende-se criar novas regras e utilizar diferentes tipos de vizinhança. Com critérios parecidos surge a vantagem de adaptar o algoritmo utilizado para um novo conjunto de imagens sendo assim, pretende-se utilizar a metodologia em questão para um caso específico de progressão, que é o da floresta de *Taba* na região de *Ariège* (França).

Referências

Centeno, T.M. La modélisation et la projection spatio-temporelle dans les SIG. Université Paul Sabatier de Toulouse, (Tese de doutorado). Toulouse, 1998.

Centeno, T.M.; Salleron, G. Simulação preditiva aplicada a uma seqüência de imagem de satélites a partir de análise espaço-temporal. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2001, Foz do Iguaçu. Anais do X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. v. 1, p. 1-6. Repositório da URLib: <dpi.inpe.br/lise/2001/09.14.15.18>.

Leite, I.O.B.; Lins, J.C.S.; Cerqueira, M.G.C. Autômatos Celulares. Documento Eletrônico <http://www.di.ufpe.br/~iobl/monografia/index.html> [em 27/07/02]

Lopes, J.M.; Águas, C. SPREAD- Um programa de Autômatos Celulares para propagação de Fogos Florestais. Lisboa, Portugal EFN 8(1): 33-47,2000.

Mraz, M.; Zimic, N.; Virant, J. Predicting wind driven wild land fire shape using fuzzy logic in cellular automata. University of Ljubljana Faculty of Computer and Information Science. Slovenija, ISAI/IFIS, ITESM 1996.

Piazza, E.; Cuccoli, F. Cellular Automata Simulation of Clouds in Satellite Images. Università di Firenze, Italy, IEEE 2001.

Soares-Filho, B.S.; Cerqueira G.C.; Pennachin C.L.; DINAMICA- a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. Ecological Modelling 154 217-235, Elsevier 2002.

Vale, A.M.M.; Inácio, P.J.G.A.; Antunes, N.F.F. Simulação da Propagação de Epidemias. Universidade Técnica de Lisboa 1999.

Weimar, J. Simulation with Cellular Automata. Logos-Verlag, 1998.

White, R.; Engelen, G.; Uljee, I.; Lavalley, C; Ehrlich, D. Developing an urban land use simulator for European cities. In: Fullerton, K. (Ed.), Proceedings of the Fifth EC GIS Workshop: GIS of Tomorrow. European Commission Joint Research Centre, pp. 179-190, 2000.