

Utilização de técnicas de raciocínio baseado em casos no auxílio à definição da evolução dos padrões de desmatamento em projetos de assentamento na Amazônia Brasileira.

Joice Seleme Mota¹, Gilberto Câmara¹, Leila M.G. Fonseca¹, Maria Isabel Sobral Escada¹, Olga Bittencourt¹

¹Divisão de Processamento de Imagens - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Avenida dos Astronautas, 1758 – 12227-001 – São José dos Campos – SP – Brasil

{joice,gilberto,leila,lsabel,olga}@dpi.inpe.br

***Abstract.** Patterns of deforestation in Brazilian Amazon are often associated with different actors, their economic activities and their land use and land cover change strategies. These patterns are often analyzed as static landscape objects, they are not treated as objects evolving along the time. This paper proposes to apply the Case-Based Reasoning (CBR) technique to establish rules and to detect object deforestation evolution in an Amazon region. The paper evaluates the use of cases to represent knowledge about deforestation patterns and describes the knowledge acquisition techniques used in the construction of the knowledge base. The solution presented by the system is used to demonstrate the object's deforestation history settlements projects in the Brazilian Amazon.*

***Resumo.** Na Amazônia Brasileira, padrões de desflorestamento estão diretamente relacionados com diferentes atores, suas atividades econômicas e estratégias de uso e cobertura do solo. Trabalhos anteriores analisaram e classificaram esses padrões como objetos estáticos que não evoluem ao longo do tempo. Este artigo propõe um sistema que utiliza técnicas de raciocínio baseado em casos para definir casos de evolução que auxiliam a contar a história dos objetos que representam o desmatamento. O artigo avalia o uso de casos para representar conhecimento sobre padrões de desmatamento e as técnicas utilizadas para construção da base de conhecimento. A solução apresentada pelo sistema é utilizada para demonstrar a história dos objetos de desmatamento em projetos de assentamento na Amazônia Brasileira.*

1. Introdução

Uma forma de detectar os padrões de mudança na biodiversidade, provocadas por ações humanas, é a utilização de sensoriamento remoto. O sensoriamento remoto é uma ferramenta útil para monitorar a cobertura da floresta tropical na superfície terrestre porque imagens são registradas todos os dias por uma constelação de satélites (Freitas and Shimabukuro 2007). O monitoramento da floresta e as mudanças do uso e da cobertura da terra necessitam de análises temporais e geralmente usam imagens de satélite ou fotografias aéreas (Lambin, Geist et al. 2003).

Existe uma série de pesquisas que tentam encontrar e definir padrões de desmatamento, utilizando sensoriamento remoto. Zipperer (1993) identifica cinco padrões de desmatamento (interno, identificação, recorte, remoção e fragmentação), no estado de Maryland, e avalia como os diferentes padrões afetam a floresta através da análise das mudanças do uso da terra. Casey and Caviglia (2000) propõem agricultura sustentável para tentar minimizar o desmatamento em florestas tropicais. Os autores tentam identificar semelhanças na forma de uso da terra para agricultura em Campeche, no México e em Rondônia no Brasil. Linkie et al. (2004) mapeia e analisa perda de floresta do Parque Nacional de Kerinci localizado na Sumatra com o objetivo de identificar áreas de desmatamento mais vulneráveis. A análise espaço-temporal em uma seqüência de imagens identifica as áreas e taxas de desmatamento por período. O trabalho procura identificar padrões através de áreas desmatadas perto de estradas e rios. Chowdhury (2006) tenta quantificar e analisar as mudanças que ocorrem na paisagem na Reserva de Calakmul no México. O estudo avalia variáveis biofísicas, contexto sócio-econômico e causas institucionais que influenciam o desmatamento na área. A idéia é identificar um comportamento que defina como é o padrão de desmatamento na região.

Na Amazônia Brasileira os processos de mudança de cobertura da terra estão relacionados principalmente com agricultura, criação de gado, atividades de mineração e suas diferentes estratégias para o uso da terra (Becker 1997). A ocupação humana em áreas de agricultura em expansão é associada a diferentes processos de mudança de uso e cobertura da terra. Escada (2003) define uma tipologia de padrões de uso e cobertura da terra para a área centro-norte de Rondônia na Amazônia. Esta tipologia sintetiza os principais processos associados a diferentes categorias de propriedades rurais estabelecidas na região e suas diferentes formas de ocupação. Diferentes atores envolvidos nas mudanças do uso da terra (agricultores, fazendeiros, criadores de gado) podem ser distinguidos pelos seus diferentes padrões de uso do solo (Lambin, Geist et al. 2003). Esses padrões mudam ao longo tempo, o que, inicialmente, eram pequenas áreas agrícolas podem se tornar grandes fazendas as custas da floresta (Silva, Câmara et al. 2005).

Silva (2005) detecta e classifica padrões de uso e cobertura da terra a partir da tipologia definida em Escada (2003) usando métodos de extração de informação semântica em imagens de satélite através de técnicas de mineração de dados. O classificador estrutural identifica objetos que representam áreas desmatadas e os associa a um padrão de desmatamento. Nesse trabalho esses objetos são chamados de *objetos de desmatamento*. Uma das limitações dessa abordagem é que os objetos são classificados estaticamente, ou seja, uma vez que é classificado não é mais alterado e uma parte significativa de informação, que é a sua história, importante para compreender a evolução dos objetos de desmatamento, é perdida.

O objetivo desse trabalho é estender o método proposto em Silva (2005) através da análise e definição de casos de evolução dos objetos de desmatamento utilizando a técnica de Raciocínio Baseado em Casos (RBC). Para Bittencourt, Câmara et al (2007), objetos que evoluem possuem semântica e um conjunto de regras derivadas do domínio do conhecimento. Dessa forma, o RBC utiliza duas bases de casos, uma para auxiliar na definição da semântica dos objetos e outra para auxiliar a definir se o objeto pode ou não evoluir. A partir da utilização dos casos, é possível contar a história de um objeto.

Uma breve revisão sobre Raciocínio Baseado em Casos é apresentada na seção 2. A seção 3 apresenta o modelo e representação dos casos. A seção 4 mostra arquitetura do RBC. As conclusões estão na seção 5.

2. Raciocínio Baseado em Casos

Raciocínio Baseado em Casos (RBC) é uma técnica da Inteligência Artificial que propõe a solução de novos problemas adaptando soluções que foram utilizadas em problemas anteriores (Kolodner and Jona 1991; Aamodt and Plaza 1994; Wangenheim and Wangenheim 2003). A descrição de problemas existentes, conhecida como casos, é utilizada para sugerir um meio de resolver um novo problema e para interpretar a situação atual (Lorenzi and Abel 2002).

O ciclo básico da técnica de RBC proposta por Aamodt and Plaza (1994) é composto por quatro atividades principais: 1) recuperar os casos mais similares na base de casos, 2) reutilizar os casos similares para construir novas soluções através de ajustes e adaptações, 3) revisar a solução proposta para determinar sua corretude, utilidade e robustez e 4) reter o novo caso para futura reutilização.

RBC pode ser aplicado nos mais variados domínios, pois é uma técnica onde o conhecimento é modelado a partir de instâncias, de forma que não se faz necessário modelar formalmente o conhecimento do domínio (Kaster, Medeiros et al. 2001). Dessa forma a técnica de RBC vem sendo cada vez mais utilizada na área ambiental.

Kaster (2001) desenvolveu um sistema baseado na combinação de conceitos de Inteligência Artificial e Banco de Dados Geográficos. O objetivo é oferecer um ambiente computacional que auxilie os usuários a realizar de forma eficiente as atividades necessárias para a criação de cenários alternativos para planejamento ambiental. O trabalho é baseado em dois componentes: um Sistema Espacial de Apoio a Decisão baseado em workflows científicos que interage com um Sistema de Informação Geográfico (SIG) e um mecanismo de recuperação inteligente e de edição de modelos que utiliza técnicas de Raciocínio Baseado em Casos.

Outra aplicação que combina RBC e Sistema de Informações Geográficas é o sistema de classificação de solos denominado ZONATION. O sistema auxilia o especialista a realizar classificações baseadas em instâncias prévias usando conhecimento específico do domínio da aplicação. Hastings (1996) desenvolveu um sistema para alerta a infestação de gafanhotos combinando RBC e raciocínio baseado em modelos. Verdenius and Broeze (1999) desenvolveram um sistema baseado em aplicações RBC para o domínio de tratamento de água e esgoto usando plantas e microorganismos. A idéia do sistema consiste em gerenciar o nível de oxigênio e decidir entre várias situações qual medida deve ser considerada.

Este trabalho combina RBC e um classificador estrutural com o objetivo de identificar a evolução dos padrões, representados por objetos de desmatamento em projeto de assentamento na Amazônia Brasileira. Nossos estudos apontam que as evoluções do desmatamento em projetos de assentamento seguem o mesmo padrão. O sistema auxilia na definição de semântica para os objetos de desmatamento e se o objeto de desmatamento pode evoluir, apresentando a sua história.

3. Modelo e representação dos casos

Para gerar o modelo de casos foram realizadas as seguintes etapas:

- seleção da base de imagens com os objetos classificados que contém implicitamente o conhecimento a respeito dos padrões de desmatamento;
- definição dos atributos relevantes que indicam a evolução dos objetos de desmatamento;
- escolha dos pesos dos atributos, pois existem atributos mais importantes que devem ser considerados na recuperação de casos;

Uma etapa importante no desenvolvimento de um sistema especialista é a aquisição de conhecimento. Nesse trabalho, a partir dos objetos classificados pelo método de Silva (2005), foi realizada uma análise dos padrões de desmatamento para identificação dos atributos e regras de evolução representadas através de casos. Essa análise, descrita em Mota, Câmara et al.(2008), foi realizada pelo especialista do domínio da aplicação e confirmada por trabalho de campo e a partir dela o modelo de casos foi gerado.

A classificação dos padrões gerada por Silva (2005) é um dos atributos mais importantes para a descrição dos casos que definem a semântica para o objeto, porém não é suficiente, pois cada objeto possui uma história diferente de ocupação o que leva a diferentes características descritivas e espaciais.

Dessa forma atributos descritivos e temporais foram acrescentados na tentativa de observar quais os agentes que atuam na formação dos padrões de desmatamento. Os atributos que representam os casos além dos padrões são: área (tamanho do objeto de desmatamento em hectares), contexto (se o objeto de desmatamento está próximo a estradas), ator (o tipo de interventor que está utilizando o solo), e uso do solo (como o ator utiliza o solo se para agricultura, gado, extração de madeira). O atributo temporal que será utilizado é o tempo de aquisição dos objetos de desmatamento. Depois da definição semântica dos objetos de desmatamento é possível verificar se dois objetos que se tocam podem evoluir. Os atributos que definem os casos de evolução são a semântica dos objetos e a área que ocupam. A Figura 1 mostra a representação dos casos.

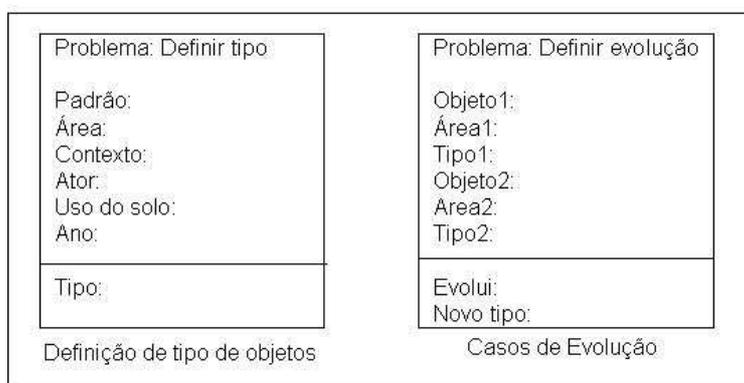


Figura 1. Representação dos casos

Sistemas baseados em casos derivam seu poder da sua habilidade para recuperar casos relevantes de uma base de casos de maneira eficiente (Lorenzi and Abel 2002). A partir

da descrição do problema são apontadas quais características do caso devem ser comparadas, determinando assim o caso que pode ser útil para se chegar a uma solução. Para definir os atributos que serão utilizados para a recuperação de um caso foi utilizada a técnica baseada em explicação, onde o especialista analisou os casos e indicou que características do caso são relevantes na solução dos problemas. Os atributos relevantes a serem comparados para obter a semântica dos objetos são padrão, área e contexto, e para os casos de evolução todos os atributos são utilizados.

4. Arquitetura do RBC

Depois do modelo e base de casos gerados, é necessário definir os métodos de recuperação para encontrar um caso ou um pequeno conjunto de casos na base de casos que contenha uma solução útil para o problema ou situação atual. O processo de recuperação de casos inicia com uma descrição de problema e finaliza quando um melhor caso for encontrado. O sistema procura na base de casos, o caso mais similar com o novo problema. Para julgar qual caso armazenado na base é similar ou igual ao novo problema, é preciso medir a similaridade (semelhança) entre eles.

Por ser uma base composta por poucos casos, a técnica para recuperação de casos utilizada foi a busca por similaridade global. Para cada caso na base, um valor de similaridade é calculado, com a utilização da medida de similaridade. Esse valor de similaridade indica o grau de semelhança entre o problema presente e o caso específico da base de casos. O valor de similaridade é expresso como número real entre 0.0 (nenhuma semelhança) e 1.0 (igualdade) e é calculado para cada caso na base conforme os valores dos atributos.

A adaptação de casos prevê utilizar os casos recuperados na solução do novo problema. Utilizamos a técnica de adaptação chamada Nula, pois a solução do caso é utilizada diretamente na solução do novo problema.

Para validação do sistema utilizamos um conjunto de objetos classificados em Silva (2005) e validados por trabalho de campo. Dessa maneira pudemos comparar a eficiência do RBC na definição dos casos de evolução, bem como apresentar um diferencial no sistema que é a utilização de seus resultados para apresentar a história dos objetos de desmatamento.

O conjunto de objetos de desmatamento analisado foi extraído de imagens TM/Landsat 5 (231/66 e 231/67, de 1985 to 2000, com resolução de 30m). Para cada objeto o RBC analisou os casos da base, sugerindo o seu tipo e após a classificação de tipos, para objetos que se tocavam, verificou os casos de evolução, definindo se evoluíam ou não (Figura 2).

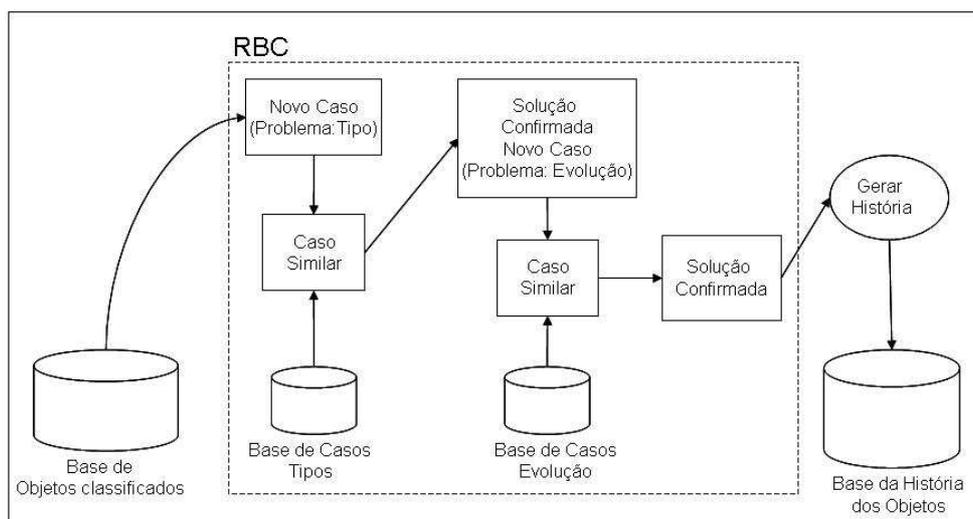


Figura 2: Processo de criação da história dos objetos utilizando RBC

Através da comparação com a classificação de Silva (2005), validada por trabalho de campo, comprovou-se o critério de correção do RBC, além disso, o sistema armazena e apresenta a história dos objetos de desmatamento.

5. Conclusões

Esse trabalho apresentou um sistema que utiliza técnicas de RBC para auxílio a definição da evolução de padrões de desmatamento em projeto de assentamento na Amazônia Brasileira. Através da análise dos casos passados, criou-se a base de casos para classificação semântica dos objetos e definição da sua evolução. O trabalho apresenta o diferencial de aliar a técnica de raciocínio baseado em casos com sensoriamento remoto. A contribuição desse trabalho é a apresentação da história dos objetos de desmatamento. Além disso, os casos podem ser exportados e aplicados em novos sistemas que desejem preservar e apresentar a história dos objetos de desmatamento. A partir dos resultados desse sistema, sugere-se analisar a história dos objetos na tentativa de encontrar um padrão de evolução, pois olhando para o passado é possível prever o futuro e encontrar medidas para minimizar o processo de desmatamento na Amazônia Brasileira.

Referências

- Aamodt, A. and E. Plaza (1994). "Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations and system approaches." *AI Communications* 7(1): 39–59.
- Becker, B. K. (1997). *Amazônia*. São Paulo: Ática.
- Bittencourt, O., G. Câmara, et al. (2007). *Rule-based evolution of typed spatiotemporal objects*. VIII Brazilian Symposium in Geoinformatics, GeoInfo2007, Campos do Jordão, Brazil.
- Casey, J. F. and J. L. Caviglia (2000). *Deforestation and Agroforestry Adoption in Tropical Forests: Can We Generalize?* Western Agricultural Economics Association Annual Meetings, Vancouver, British Columbia.

- Chowdhury, R. R. (2006). "Landscape change in the Calakmul Biosphere Reserve, Mexico: Modeling the driving forces of smallholder deforestation in land parcels." Applied Geography. **26**(2): 129-152.
- Escada, M. I. S. (2003). Evolução de Padrões da Terra na Região Centro-Norte de Rondônia. . Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. **Tese de Doutorado em Sensoriamento Remoto**: 164 p.
- Freitas, S. R. and Y. E. Shimabukuro (2007). Diagnosticando florestas tropicais através do sensoriamento remoto. 13. Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Florianópolis.
- Hastings, J. D. (1996). A Mixed Paradigm Approach to Problem Solving in Incomplete Causal-Theory Domain. Laramie, Wyoming, University of Wyoming. **PhD Thesis**.
- Kaster, D. S., C. B. Medeiros, et al. (2001). Aplicação de raciocínio baseado em casos a sistemas de apoio à decisão ambiental. II Workshop Brasileiro de Geoinformática, Anais II GeoInfo'0, São Paulo.
- Kolodner, J. L. and M. Y. Jona (1991). Case-based reasoning: An overview. Technical Report 15 (Northwestern University, June).
- Lambin, E. F., H. J. Geist, et al. (2003). "Dynamics of land-use and land-cover change in Tropical Regions." Annual Review of Environment and Resources **28**: 205-241.
- Linkie, M., R. J. Smith, et al. (2004). "Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra." Biodiversity and Conservation. **13**: 1809-1818.
- Lorenzi, F. and M. Abel (2002). Aplicando raciocínio baseado em casos na investigação de irregularidades nas internações hospitalares. Congresso Brasileiro de Computação. Itajaí.
- Mota, J. S., G. Câmara, et al. (2008). Applying case-based reasoning in the evolution of deforestation patterns in the Brazilian Amazonia. ACM Symposium on Applied Computing (Fortaleza, Ceara, Brazil, March 16-20, 2008). SAC'08. ACM, New York, NY.
- Silva, M., G. Câmara, et al. (2005). Mining Patterns of Change in Remote Sensing Image Databases. (INPE, São José dos Campos).
- Verdenius, V. and J. Broeze (1999). "Generalized and instance specific modelling for biological systems." Environmental Modelling and Software **14**: 339-348.
- Wangenheim, C. G. and A. Wangenheim (2003). Raciocínio Baseado em Casos. Barueri: São Paulo.
- Zipperer, W. C. (1993). "Deforestation patterns and their effects on forest patches." Landscape Ecology. **8**: 177-184.