PADRÕES DE DESFLORESTAMENTO NAS FLORESTAS TROPICAIS

EDDY MENDOZA[1], LIANA ANDERSON[2]
Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais, Brasil
[1]eddy@ltid.inpe.br
[2]liana@ltid.inpe.br

Palavras Chaves: Desflorestamento, Floresta tropical, Sensoriamento Remoto, SIG.

RESUMO

A floresta tropical está sendo ameaçada por inúmeros fatores que estão levando a sua rápida degradação. Os processos de desflorestamento são analisados em diferentes regiões tropicais, baseados em fatores comuns de pressão ambiental e caraterística singular de cada região. Algumas das ferramentas importantes nesta análise são os sistemas de informação geográfica e os produtos de sensoriamento remoto. A dificuldade que isto implica é a complexidade dos processos de desflorestamento, razão pela qual o modelamento destes processos é importante para projetar estratégias de conservação. Em todos os casos é difícil modelar qual a tendência do processo de desflorestamento por ser difícil de prever e medir, pois este é complexo e relativamente aleatório.

ABSTRACT

El bosque tropical está siendo amenazado por inúmerables factores que están llevando a su rápida degradación. Los procesos de deforestación son analizados en diferentes regiones tropicales, basados en factores comunes de presión ambiental y característica particular de cada región. Algunas de las herramientas importantes de este análisis son los sistemas de informação geográfica y los productos de percepción remota. La dificuldad que esto implica es la complejidad de los procesos de deforestación, razón por la cual, el modelamiento de estos procesos es importante para proyectar estratégias de conservación. En todos los casos es difícil modelar cual es la tendencia del proceso de deforestación por ser difícil de preveer y medir, pues éste es complejo y relativamente aleatório.

1. INTRODUÇÃO

A floresta tropical está sendo ameaçada por inúmeros fatores que estão levando a sua rápida degradação. Há um acordo geral que, 15 milhões de quilômetros quadrados da floresta tropical que pode ter existido, segundo dados bioclimáticos, ao menos 9 milhões já foram perdidos (Myers, 1988). Inicialmente, a clareira feita na floresta pela população indígena foi pequena e produziram pouco efeito sobre a estrutura e funcionamento do ecossistema tropical. As causas do desflorestamento e das mudanças da cobertura da terra são os objetivos de uma variedade de investigações, variando de ciências florestais e ecológicas a estudos econômicos, sociais, e antropológicos. Estas mudanças afetam a hidrografia, clima global e os ciclos biogeoquímicos, e elas têm significantes efeitos sobre a biodiversidade e a qualidade de vida humana.

Os padrões espaciais do desflorestamento requerem uma melhoria em sua representação, razão pela qual precisamos conhecer como se desenvolvem os processos aos quais estão associados. É conhecida a complexidade dos processos de desflorestamento na floresta tropical, entretanto, atribuir pesos aos agentes é um fator intrínseco a cada região. A utilização das ferramentas fornecidas pelo geoprocessamento constitui elementos importantes para sua representação e posterior modelamento. O problema seria modelar no Sistema de Informação Geográfica (SIG) os padrões e processos no espaço, pois os processos de desflorestamento na floresta tropical não são estáticos, e, além disso, são relativamente aleatórios e dependentes de diversos fatores.

2. CONCEITOS

2.1 Floresta tropical

A floresta tropical úmida ocorre em uma faixa entre 30 graus de latitude Norte-Sul em todos os continentes. Quando a quantidade de chuva é mais ou menos 1500 mm por ano, com uma estação seca menor que seis meses, a vegetação normal é a floresta tropical úmida. Em geral, os estudos mostram que a diversidade biológica e cultural destas florestas é maior na Amazônia e na Ásia e relativamente menor na África. A destruição da floresta tropical está ocorrendo há muito tempo, datando 3000 anos na África, de 7000 anos na América Central e do Sul, e possivelmente de 9000 anos na Índia e Nova Guiné (Flenley, 1979).

O desflorestamento da floresta tropical é uma ameaça potencial à sustentabilidade ecológica e ao desenvolvimento socioeconômico a longo prazo (Myers, 1980). Em vista da tendência atual deste processo na floresta tropical, uma pergunta emerge de quanto dano este ecossistema frágil pode resistir e ainda recuperar-se. As razões para a preocupação com o desflorestamento estão agrupadas em duas grandes categorias: primeiro, a floresta tropical exibe a maior diversidade de espécies da maior comunidade biológica, então sua destruição implicaria numa extinção em massa e um atentado aos recursos genéticos do planeta, e, segundo, pela provável mudança climática (efeito estufa) que o desflorestamento poderia estar contribuindo (Rudel, 1989).

A destruição da floresta tropical resulta de uma complexa combinação de causas sociais, econômicas e biológicas que afetam à flora, fauna e os estilos de vida das populações indígenas (Nations, 1988). Empiricamente, para o desflorestamento existe um número significante de variáveis que sugerem o modelo de uso da terra, principalmente as características da área (como qualidade do solo, tipo de vegetação) e os fatores que afetam os custos de transporte (como rodovias pavimentadas, dimensão dos rios, distância dos mercados consumidores). A principal exploração da floresta tropical é mais recente, incentivada por vários episódios econômicos e de sobrevivência nos inícios do século XIX e acelerado nas últimas décadas (Houghton, 1994).

Segundo Rudel (1989), países que possuem uma pequena área de floresta, como Haiti ou Ruanda, o crescimento populacional foi o maior responsável pelo desflorestamento, enquanto que em países com grandes extensões de florestas, como o Brasil, os maiores agentes do desflorestamento são os investimentos econômicos nas fronteiras destas florestas. Atualmente a maior extensão destas florestas ocorre na bacia do rio Amazonas, entretanto a destruição da floresta primária nesta região foi de aproximadamente 12% entre 1970 e 1997.

Uma das principais investigações sobre desflorestamento tropical é a determinação dos fatores causais. A identificação dos fatores que contribuem com o desflorestamento é considerado como o primeiro passo para controlar a perda da floresta (Grainger, 1993).

2.2 Sistemas de Informação Geográfica

Segundo Câmara et al. (2001), os primeiros SIG surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. A década de 80 representa o momento quando a tecnologia do SIG inicia um período de acelerado crescimento que dura até os dias de hoje.

No solo, na vegetação e em outros fenômenos naturais existem variações espaciais para todas as escalas e em todos os continentes, e os limites desenhados nos mapas raramente são precisos (Burrough, 1986).

O desflorestamento, com todas suas causas e formas diferentes, tem uma dimensão espacial. Os componentes bióticos e abióticos da floresta, junto com a influência humana, existem e interagem no espaço. O tamanho e forma da floresta influem na maneira como a população abre novas terras. Esta "geografia do desflorestamento tropical" deveria ser analisada para uma determinada localidade, e desta maneira poderiam ser formuladas políticas e estratégias adequadas de manejo da floresta. O SIG oferece um ambiente em que a análise espacial desta geografia é possível.

A previsão de padrões espaciais do desflorestamento requer um aumento em nosso conhecimento geral sobre os processos e o desenvolvimento de modelos que representem os fatores locais, econômicos e ecológicos. A principal dificuldade é o fato de que o desflorestamento tropical é uma diversidade de

fenômenos. Há uma alta variabilidade geográfica nos tipos de floresta. Os ambientes físicos, as atividades socioeconômicas e o contexto cultural estão associados com o desflorestamento. Diferentes desenhos de modelos poderiam, portanto, serem requeridos para diferentes processos de desflorestamento.

Isto situa o importante problema de definir uma ótima escala espacial para modelar os processos paisagísticos. O problema da definição ótima de entidades espaciais para o modelamento inclui o tamanho dessas entidades e, o mais importante, o critério usado para gerar seus limites espaciais, que são a base para a regionalização.

Modelos espaciais e estatísticos de mudanças da cobertura da terra são obtidas da combinação de dados de sensoriamento remoto, SIG e modelos matemáticos multivariáveis. Sua ênfase está na distribuição espacial de elementos da paisagem e nas mudanças destes padrões. O principal objetivo destes modelos é a projeção e exibição numa forma cartográfica dos futuros padrões de paisagem, os quais poderiam resultar da continuação das atuais práticas de manejo das terras (Lambin e Mertens, 1997).

3. PROCESSOS DE DESFLORESTAMENTO

3.1 Situação atual dos processos

3.1.1 Sudeste Asiático.

A situação no Sudeste Asiático é mais preocupante considerando que os pontos de desflorestamento cobrem a maior parte dos remanescentes florestais. Na Índia existe um processo intensivo de exploração de madeira e conversão de floresta em agricultura. No caso de Camboja e da Birmânia, a extração seletiva de madeira é o que acontece em muitas partes de seus territórios. O impacto das rotações de culturas sobre a floresta está aumentando na Malásia. A conversão de floresta no Vietnã Central está acontecendo em uma grande escala e fragmentos de floresta na parte norte do país, esta sendo rapidamente erodido. Já a situação em Sumatra é particularmente forte: as florestas desapareceram virtualmente pela forte pressão da agricultura extensiva ao longo de uma faixa central-norte-sul (Achard et al.,1998).

3.1.2 África Central.

O desflorestamento na África Central está limitado a poucas áreas, sendo associada à extração de madeira na República de Camarões e em Gabão, para o fornecimento deste recurso aos grandes centros urbanos desta região. Na República Democrática de Congo, o principal fator de desflorestamento é a industria madedeira e a conversão da floresta em pastos. Na bacia do Congo, a situação está relativamente estável em relação à frente de desflorestamento. A extração de madeira e a expansão da agricultura em grande escala, não são observados como fatores de pressão imediatas (Achard et al.,1998).

3.1.3 América Central e do Sul.

O domínio da floresta tropical da América do Sul é geralmente explorado através de uma larga faixa que se estende do leste à oeste nas porções da bacia Amazônica. Grandes áreas de desflorestamento são encontradas nas partes baixas dos Andes peruanos e equatorianos. Na bacia, bolsões de desflorestamento estão associados aos centros populacionais e estradas. O desflorestamento tem aumentado nas florestas costeiras da Colômbia, Equador e Guiana. Na América Central os remanescentes florestais estão altamente fragmentados e vêm sendo progressivamente reduzidos. Apenas áreas inacessíveis e de conservação estão de alguma forma preservadas. A expansão agrícola e os novos assentamentos têm sido as causas principais do desflorestamento no continente (Achard et al.,1998).

Na região amazônica em especial, existem diversos projetos, tanto dirigidos pelo governo brasileiro (Projeto PRODES-INPE, 1997) quanto por outras organizações internacionais (Projeto NASA Pathfinder). Em ambos os casos, foram utilizados principalmente imagens LANDSAT TM para a análise do histórico das taxas do desflorestamento e a avaliação de crescimento secundário de clareiras. Além disso, foram criados bancos de dados e produtos digitais baseados em SIG.

Estes resultados permitiram a delimitação dos padrões do desflorestamento que ocorrem na Amazônia. Na figura 1, observa-se um padrão de desflorestamento em Rondônia, conhecido pelo nome de "espinha de

peixe". A característica principal deste processo de desflorestamento é sua ocorrência através de assentamentos planejados.

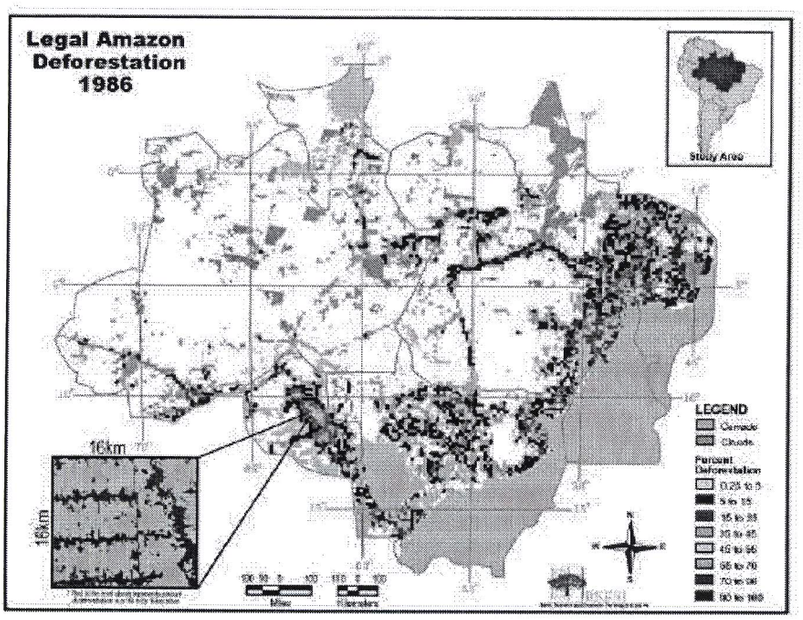

Figura 1. *Desflorestamento na Amazônia Legal no ano de 1986.*

Na seqüência seguinte (Fig. 2) observa-se um estudo multitemporal do processo de desflorestamento em Rondônia, desde 1978 até 1988, onde os padrões mudam de forma devido ao desflorestamento progressivo (corredor ⇒ espinha de peixe ⇒ geométrico).

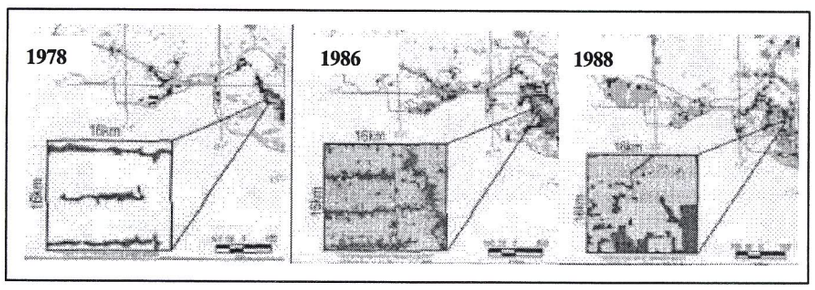

Figura 2. *Padrões do desflorestamento progressivo em Rondônia.*

3.2 Discussão

As maiorias dos dados obtidas para a análise do desflorestamento foram através de imagens de sensoriamento remoto, como LANDSAT MSS e TM, e imagens do sensor AVHRR. Husson et al (1995) propôs a seguinte tipologia para o desflorestamento: geométrico, ilha, corredor, difuso, espinha de peixe e fragmentos. Estes padrões podem ser associados com amplas categorias de processos de desflorestamento (Figura 3).

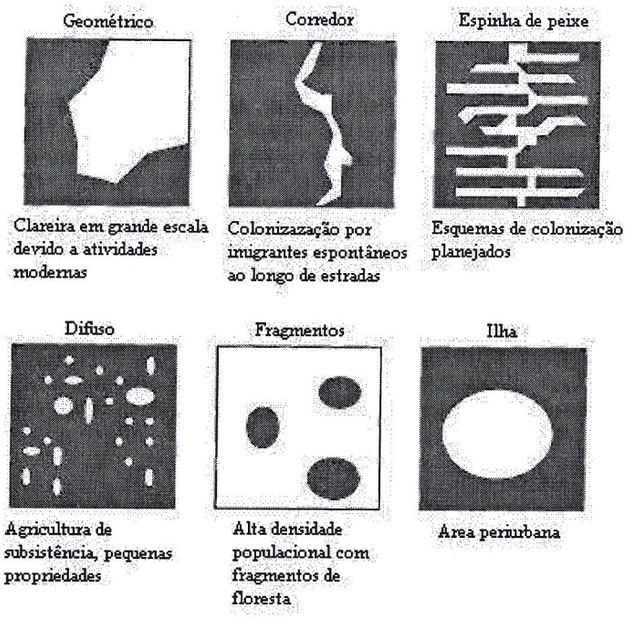

Figura 3. *Tipologia de padrões espaciais de floresta/não floresta em processos de desflorestamento.*

A organização espacial dos atributos da paisagem é facilmente visível em mapas de cobertura da terra com finas resoluções espaciais derivados de imagens de satélite (Husson et al., 1995). As literaturas contêm algumas interpretações destes padrões como se pode observar nos dados de sensoriamento remoto, por exemplo, as formas de "espinha de peixe" em Rondônia (Brasil) que está associado com projetos planejados de colonização (Tucker et al., 1984; Woodwell et al., 1987); as grandes clareiras de formas geométricas causadas pelas atividades das fazendas na bacia Amazônica (Malingreau e Tucker, 1990); padrões de corredor associados com desflorestamento ao longo da rede viária como na Guatemala (Sader, 1995), ou pequenas clareiras dispersas na floresta associada com a rotação de culturas, como na Índia (Dwivedi e Sankar, 1991).

No entanto, a precisão para mapear a cobertura da terra e o desflorestamento é ainda um esforço de pesquisa científica contínua. A insuficiente freqüência com as quais os dados são obtidos especialmente sobre áreas cobertas por nuvens, as inconsistentes formas de delimitação entre floresta secundaria e primária, e as diversas práticas de perturbações da floresta são alguns dos problemas encontrados na análise de dados do LANDSAT.

Muitos modelos estão sendo sugeridos para descrever as relações entre variáveis dependentes (como as mudanças nas coberturas de florestas) e as variáveis independentes da paisagem. As análises estatísticas multivariáveis são utilizadas para determinar as variáveis mais fortemente associadas espacialmente com os padrões de desflorestamento (Lambin, 1994). Alguns autores usam modelos logísticos de regressão e tabelas de contingência, estabelecendo fortes relações entre os padrões floresta/não floresta num determinado período de tempo e as bordas da floresta/não floresta, próximas às rotas de acessos e aos assentamentos rurais. Estes resultados ilustram o forte "efeito expansão" do desflorestamento e a importância da acessibilidade e da abertura de caminhos para este processo.

Modelar os processos de mudanças de usos da terra depende da complexidade do contexto, dado através da identificação das forças de mudanças amplas e universais que atravessam as particularidades do lugar num determinado período. Ou seja, deveria-se reconhecer a singularidade das relações particulares de causa-impacto em situações específicas. Assim, os modelos de grandes escalas poderiam reconhecer a variabilidade por região ou lugar, onde há tendências de mudanças de cobertura da terra por atividades humanas.

Cada desflorestamento esta conduzido por fatores sociais, econômicos, políticos e ecológicos que mudam através do tempo, e que é improvável para uma esperada estacionalidade dos dados de desflorestamento. Assim, apenas alguns anos de validade podem ser assumidos para cada projeção temporal.

Segundo Câmara et al. (2001), o problema essencial é capturar no SIG, a natureza dos padrões e processos de espaço com o menor grau de reducionismo possível, pois os processos são estruturas em movimento de transformação e mesmo utilizando ferramentas de modelagem dinâmica a ênfase das representações computacionais são sempre nos aspectos estruturais do espaço. Ainda é preciso avançar muito na direção de técnicas de representação do conhecimento e da inteligência artificial.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo mostrou que o uso dos dados obtidos através de sensoriamento remoto e estatístico são viáveis na análise de áreas desflorestadas. O problema surge devido à complexidade do processo de desflorestamento, pois este abrange diferentes variáveis e fatores, tanto social e econômico, quanto políticos e ecológicos. As variáveis são as mesmas em quase todos os países, entretanto, o principal fator de pressão é diferente para cada região.

Os principais agentes do desflorestamento podem ser agrupados em 5 categorias:
- Mudança populacional (crescimento, movimento, etc.).
- Acessibilidade (construção de estradas, etc.).
- Baixo desenvolvimento econômico (pobreza, políticas de agricultura, etc.).
- Não efetividade da legislação ambiental.
- Falta de práticas de manejo florestal (extração de madeira, etc.).

Em todos os casos é difícil modelar qual a tendência do processo de desflorestamento por ser difícil de prever e medir, pois este é complexo e relativamente aleatório. No entanto, existem locais onde há uma predisposição para a ocorrência de desflorestamento (expansão agrícola, pavimentação de estradas, implantação de pólos industriais próximos às fronteiras de floresta e a crise econômica). Uma das formas de impedir o avanço do desflorestamento é através da localização das zonas de risco. Para isso é necessário que sejam desenvolvidos mapas em formato digital com os dados estatísticos na mesma escala e que estes sejam disponibilizados. Finalmente, é importante melhorar a exatidão, freqüência, amplitude dos dados levantados em campo.

BIBLIOGRAFIA

Achard, F.; Eva, H.; Glinni, A.; Mayaux, P.; Richards, T.; Sibig, H.J. **Identification of Deforestation Hot Spot Areas in the Humid Tropics**. TREES Series B, Research Report No. 4. European Commission. 1998.

Burrough, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Oxford University, 1986.

Câmara, G.; Davis.C.; Monteiro, A.M.; D'Alge, J.C. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE, 2001 (2a. edição, revista e ampliada).

Dwivedi, R. S.; Ravi Sankar, T. Monitoring shifting cultivation using space-born multispectral and multitemporal data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 12, n. 3, p. 427-433, 1991.

Flenley, J. **The Equatorial Rainforest: A Geological History**. London, 1979.

Grainger, A. **Controlling Tropical Deforestation**. London, 1993.

Houghton, R. A. The Worldwide Extent of Land-use Change. **Bioscience**, v. 44. p. 305-313. 1994.

Husson, A.; Fontès, J.; Jeanjean, H.; Miquel, C.; Puig, H.; Solier, C. **Study of Forest Non-forest interface: Typology of Fragmentation of tropical Forest.** TREES Series B, Research Report No. 2. European Commission, EUR 16291 EN. 1995.

Lambin, E. **Modelling Deforestation Processes: a Review**. TREES Series B, Research Report No. 1. European Commission, EUR 15744 EN. 1994.
Lambin, E.; Mertens, B. Spatial modelling of deforestation in southern Cameroon. **Applied Geography**, v.17, n. 2, p.143-163, 1997.

Malingreu, J. P.; Tucker, C. J. Ranching in the Amazon Basin: large scale changes observed by AVHRR. **International Journal of Remote Sensing**, v. 11, n. 2, p. 187-189, 1990.

Myers, N. Tropical forest and their species going? In: E. O. Wilson, Ed. **Biodiversity.** National Academy Press. p. 28-35. 1988.

Myers, N. **Conversion of Tropical Moist Forest**. National Academy of Science. Washington, DC. 1980.

Nations, J. D. **Tropical Rainforest: Endangered Environment**. New York, 1988.

PRODES-INPE. **Análise das taxas de desmatamento dos municípios da Amazônia Legal nos períodos 1991-1994- Relatório técnico AMZ-R02/97**, São José dos Campos: INPE, 1997, 47 p.

Rudel, T. K. Population, Development, and Tropical Deforestation: A cross-national study. **Rural Sociology**. v. 54, n. 3, p. 327-338. 1989.

Sader, S. A. Spatial characteristics of forest clearing and vegetation regrowth as detected by Landsat Thematic Mapper Imagery. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 61, n. 9, p. 1145-1151, 1995.

Salas, W. **Monitoring and Mapping Deforestation-A case Study: NASA Landsat Pathfinder Humid Tropical Forest Project**. In: SIVAM Technology Transfer Seminar IV: Monitoring and Mapping Deforestation and Forest Burning. Michigan, 2000.

Tucker, C. J.; Holben, B.N.; Goff, T. E. Intensive forest clearing in Rondonia, Brazil, as detected by satellite remote sensing. **Remote Sensing of Environment.** v. 15, p. 255-261. 1984.

Woodwell, G. M.; Houghton, R. A.; Stone, T. A; Nelson, R. F.; Kovalick, W. Deforestation in the tropics, new measurements in the Amazon Basin Landsat and NOAA/AVHRR imagery. **Journal of Geophysical Research**, v. 92, n. 2, p. 2157-2183. 1987.