

Dados multitemporais TM/Landsat aplicados ao estudo da dinâmica de exploração madeireira na Amazônia.

João Roberto dos Santos¹, Thelma Krug¹, Luciana Spinelli de Araujo¹, Gylvan Meira Filho², Cláudio Aparecido de Almeida³

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Av. dos Astronautas, 1758 São José dos Campos, SP – Brasil
Fax: +55 12 3456449 {jroberto@ltd.inpe.br}

² Agência Espacial Brasileira – AEB
pre@agespacial.gov.br

³ Nature Sensoriamento Remoto S/C Ltda
nature@ig.com.br

Abstract. During scientific meetings, related to environmental and/or political issues, there have been many discussions related to degradation process in Brazilian Amazonia, and how satellite images can contribute to the task of inventory and monitoring. Within this context, the objective of this work is to demonstrate the capacity of TM/LANDSAT images to identify those places of timber exploitation in “*terra firme*” tropical forest, allowing the estimate of the annual rate of this anthropic process. Multi-temporal data of TM/Landsat were also used for a dynamic analysis of these areas, after the selective logging activities occurred, allowing the estimate of conversion in agriculture/pasture areas or of natural vegetation regrowth.

Keywords: selective logging, remote sensing, monitoring, Amazônia, timber exploitation, deforestation.

Introdução

As formas de inventariar, monitorar e fiscalizar os processos de degradação ambiental da Amazônia brasileira vêm sendo discutidas anualmente em encontros científicos e também diariamente, nos vários segmentos da sociedade ambientalista organizada. As imagens de satélites, por conterem informações radiométricas, temporais, espaciais distintas e de custo acessível, têm demonstrado ser uma ferramenta operacional para um controle necessário do processo de degradação ambiental da região. Nestas características, interfaciadas pela complexidade do alvo que se deseja estudar, residem as vantagens e limitações inerentes aos sistemas sensores. Satélites da série NOAA/AVHRR e o DMSP trazem satisfatória contribuição na detecção e mapeamento de focos de calor, associados ao processo de queima, como prática agrícola e/ou expansão de novas áreas com a derrubada da floresta primária. Satélites que operam na região de microondas (RADARSAT, JERS, ERS) demonstram potencialidade, por suas distintas frequências e polarizações, na caracterização de uso e cobertura do solo, sobretudo em áreas de cobertura constante de nuvens, complementando informações obtidas de sensores

ópticos, caso do TM/Landsat. Produtos deste sensor temático, por sinal, têm sido largamente empregados na geração anual de extensão e taxa bruta dos desflorestamentos da Amazônia Legal (INPE, 1999). A base de confiabilidade nas estimativas em área é significativa, o que não se pode assegurar quando tais levantamentos são realizados com sensores de baixa resolução geométrica. Fundamentado em tais premissas, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar a capacidade das imagens TM/Landsat na identificação dos locais de extração madeireira, em áreas de floresta de terra firme, permitindo a estimativa da taxa anual desse processo de antropização. Dados multitemporais do TM/Landsat foram também empregados para uma análise da dinâmica dessas áreas, após a atividade de extração seletiva, permitindo avaliar o percentual de conversão dessas áreas, em classes de agricultura/pastagem ou de regeneração natural. Estudos recentes (Nepstad et al., 1999) têm inferido que a atividade de exploração madeireira tem afetado uma área de 10.000-15.000 Km²/ano, provocando sério impacto na conservação da floresta tropical amazônica.

Material e métodos

Conceitualmente, as estimativas de desflorestamentos na região da Amazônia estão diretamente relacionadas ao cômputo daquelas áreas de corte raso da floresta tropical, com finalidade de expansão agrícola ou pecuária. Um outro tipo de alteração na cobertura florestal está diretamente ligada à exploração madeireira, com a retirada seletiva de espécies de alto valor comercial. Como o primeiro caso vem sendo estudado com dados TM/Landsat, com larga experiência no tratamento de dados sensoriados, o mesmo material foi empregado para a presente proposta, ou seja, o uso de imagens em composição colorida das bandas TM3, TM4 e TM5 do Landsat, escala 1:250.000. Através de um banco de imagens TM/Landsat existente no INPE, num total de 229 cenas anuais que cobrem a Amazônia, pôde-se observar através de uma análise de reconhecimento exploratório, que 26 imagens permitiram, por apresentar aspectos texturais e padrões característicos, a identificação nítida de atividades de exploração seletiva em áreas de floresta de terra firme. As áreas de exploração madeireira (**Figura 1**) apresenta-se nas imagens como um conjunto de pontos róseos isolados (indicativo dos pátios de manobra/clareiras para retirada das toras), distintamente do padrão róseo mais homogêneo característicos de corte raso para pastagem ou cultivos agrícolas anuais.

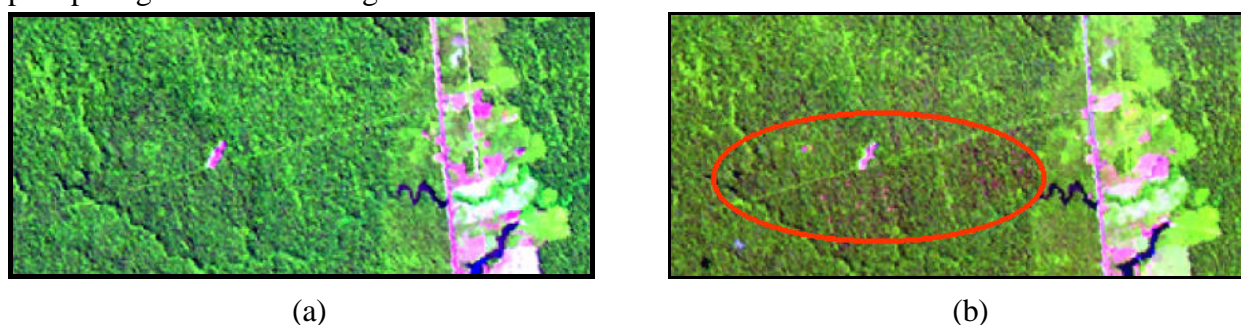


Figura 1. Imagem de satélite TM ilustrando a dinâmica de exploração seletiva na região da Flona do Tapajós. Processo de manejo florestal em 1999 (a) e no ano de 2000 em área circundada (b).

A partir da interpretação de uma série das 26 imagens TM, em 11 anos consecutivos de dados, totalizando 286 cenas, foram delineados, rotulados e georeferenciados todos os polígonos que

apresentassem características espectro-texturais de exploração madeireira e, também, realizado o acompanhamento anual de cada polígono em termos de conversão temática no tempo, para corte raso ou processo de regeneração florestal. Assim, cada área de desbaste seletivo recebeu um rótulo próprio para possibilitar a análise de possíveis mudanças temáticas, de área e de distribuição espacial, compondo assim, um banco de dados em ambiente computacional do Spring. O cruzamento de planos permitiu, quando analisados na forma tabular e gráfica, uma adequada discussão desta questão de caracterização nas imagens sensoriadas, bem como a estimativa da exploração de madeira em áreas de floresta de terra firme.

Resultados e discussão

No período de 1988-98 compreendido pelo estudo, foi totalizada uma área de 17.146 Km² com padrões de desbaste seletivo, representando 4.139 polígonos de várias dimensões e graus de degradação florestal. O incremento médio anual da exploração madeireira na porção estudada da Amazônia, onde se concentra este tipo de atividade em áreas de floresta de terra firme, é apresentada na **Figura 2**, juntamente com o perfil da taxa anual de desflorestamento bruto (corte raso) na região Amazônica, todos em escala de trabalho idêntica (1:250.000). Verifica-se que em média, cerca de 1.580 Km²/ano de áreas florestais primárias ($s = 720 \text{ Km}^2$) são afetadas pela prática de retirada de madeira comerciável. Também observando-se os valores anuais de desflorestamento, com média no período de 16.366 Km²/ano, pode-se indicar que a atividade de exploração madeireira representa 9,65% da área atingida anualmente por derrubada total da floresta. Flutuações no percentual de desbaste seletivo ocorreram ao longo do período analisado, razão da intensificação da ação dos madeireiros em certos setores da Amazônia ou, em contrapartida, intensificação de fiscalização/controlado em momentos outros, por parte dos órgãos ambientalistas, sobretudo em nível de governo. Ultimamente, a área de exploração madeireira está num patamar de 1.900 Km²/ano, o que nos leva a ter um acréscimo na relação percentual entre área de desbaste seletivo *versus* área desflorestada, atingindo cerca de 13% ao ano.

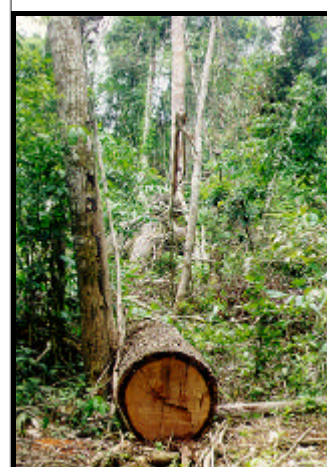
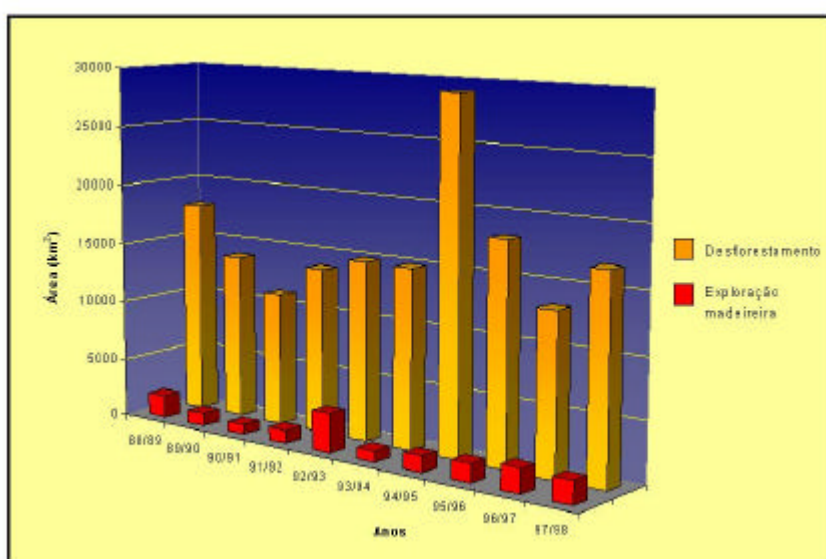


Figura 2. Incremento médio anual da atividade de exploração madeireira e de áreas desflorestadas na Amazônia no período 1988-1998.

A concentração da atividade madeireira está localizada no Pará e Mato Grosso (**Figura 3**), com significativa porção acompanhando o “Arco do Desflorestamento”, região de intensa prática de antropização florestal na Amazônia, deslocando-se com o constante aumento da fronteira agrícola e também não-disponibilidade local daquelas espécies arbóreas de interesse comercial, pela fragilidade da paisagem intensamente explorada em anos interiores. Do total anteriormente mencionado de 17.146 Km², valor estimado da exploração madeireira, cerca de 40,9% está em um estágio de “*regeneração*” da cobertura vegetal, cujos padrões espectro-texturais nas imagens TM (que estão associados às características fisionômico-estruturais da tipologia florestal), não mais permitiram identificar este tipo de degradação. Ainda nessa análise de dinâmica, verifica-se que 15,6% da área onde ocorreu esta prática seletiva foi transformada, após determinado tempo “*t*” em “*corte raso*”, com a inserção deste percentual no sistema produtivo agrícola ou pecuário da região. Os restantes 43,5% foram definidos na categoria de “*desbaste seletivo*”, pois na observação desses polígonos nas imagens TM/Landsat ainda estão conservadas as características fotointerpretativas que os definem, quando comparado às florestas primárias ou a qualquer outra classe temática. Esta persistência, mesmo em caso da exploração não ser tão recente, pode ser explicada pela maior intensidade de extração madeireira e conseqüente dano no processo dessa retirada. Neste último percentual também estão inseridos aqueles polígonos onde a exploração madeireira é tida como recente.

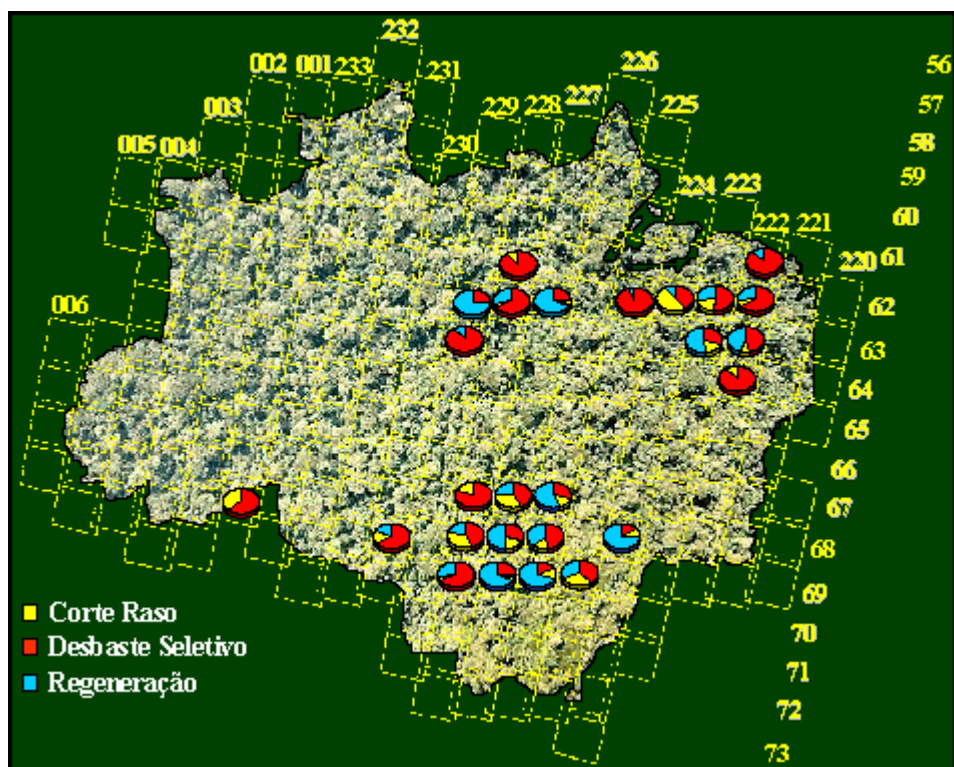


Figura 3. Percentual de conversão das áreas de extração madeireira em áreas de corte raso ou regeneração, no período 1988-1998, observado em cada imagem TM/Landsat selecionada na Amazônia. Fonte: Santos et al., (*in press*).

Uma outra linha de raciocínio na discussão dos resultados diz respeito ao tempo de conversão temática, ou seja, do momento em que foi detectada nas imagens a presença de algum polígono

representando *atividade de extração madeireira*, até aquele instante que tal polígono, ou parte dele, foi categorizado em “*corte raso*” ou “*regeneração*”. A análise sinóptica dos 4.139 polígonos identificados, nos permite registrar que as áreas afetadas por exploração madeireira tem levado 4,5 anos em média para terem uma finalidade agrícola ou pecuária. Dependendo da intensidade da exploração na floresta, foi observado uma média de 4 anos, para que as imagens TM não detectem com significativo desempenho tal tipo de distúrbio, sugerindo um processo de recomposição florestal. Tal afirmativa é meramente voltada a percepção da análise com imagens de satélite, não tendo aqui nenhuma pretensão de registro do tempo de conversão sob o ponto de vista florístico/biológico.

Considerações finais

É de conhecimento geral que a exploração madeireira vem ocorrendo em outras áreas da Amazônia, aqui não consideradas, como na várzea do Rio Amazonas e seus tributários principais ou nas áreas dos projetos de assentamentos (nas fases de implantação/manutenção), onde a retirada de madeira é prática tradicional, sem dúvida, raleando os fragmentos florestais remanescentes. Em ambos os casos, a identificação precisa desta prática madeireira na várzea, de conotação operacional distinta da terra firme, torna-se complexa de detecção nas imagens TM/Landsat, deixando o campo da precisão (acurácia) para entrar no campo da inferência, o que não é objeto do presente estudo. Porém, de forma conclusiva, pode-se afirmar que as imagens de satélite do TM/Landsat, através da sua capacidade sinóptica, geométrica, radiométrica e de multitemporalidade, devem ser instrumentos de monitoramento deste tipo de atividade, e que as informações nelas contidas e extraídas podem dar uma confiabilidade maior às estimativas que possam suportar planificações, controle e fiscalização adequados às necessidades desta vasta região. Numa visão de médio prazo, a constante mobilização da comunidade científica que trata com os avanços metodológicos de extração de informações satelitárias e até mesmo, a disponibilização crescente de novos sensores orbitais, deverão enriquecer não só este tipo de estudo, como todos aqueles que lidam com as questões ambientais deste país.

Referências bibliográficas para consulta

- Barros,, A.C.; Uhl, C. Logging along the Amazon river and estuary: patterns, problems and potential. *Forest Ecology and Management*, 77, 87-105. 1995.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Monitoring of the Brazilian Amazonian Forest by satellite: 1997-1998. 22p. 1999.
- Nepstad, D.C.; Veríssimo, A.; Alencar, A.; Nobre, C.; Lima, E.; Lefebvre, P.; Schlesinger, P.; Potter, C.; Moutinho, P.; Mendoza, E.; Cochrane, M.; Brooks, V. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398, 505-508. 1999.
- Santos, J.R.; Krug, T.; Araujo, L.S.; Meira Filho, G.; Almeida, C.A. Exploração Madeireira na Amazônia sob os Olhos do Satélite. *Revista Ciência Hoje. in press.*
- Veríssimo, A.; Barreto, P.; Mattos, M.; Tarifa, R.; Uhl, C. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. *Forest Ecology and Management*, 55, 169-199. 1992.