ANÁLISE DOS SISTEMAS DEGRAD E DETEX EM ÁREAS DE FRONTEIRA AGROPECUÁRIA DA AMAZÔNIA

Danilo Avancini Rodrigues[1], Mateus de Souza Macul[1], Afonso Henrique Moraes Oliveira[1], Silvana Amaral[1], Camilo Daleles Rennó[1] e Maria Isabel Sobral Escada[1]

[1]Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Caixa Postal 515, 12227-010, São José dos Campos-SP, {danilo.avancini; macul.mateus; afonsoholiveira}@gmail.com; {silvana; camilo}@dpi.inpe.br; isabel.escada@inpe.br

RESUMO

O processo de degradação florestal, causado pelo fogo florestal e corte seletivo de madeira, tem despertado o interesse nacional e internacional sobre a Amazônia, gerando políticas e ações de controle específicas para sua contenção, bem como as políticas de REDD+. No Brasil, a degradação florestal é monitorada pelos sistemas DETEX e DEGRAD do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Este trabalho utiliza análise espacial de dados geográficos para avaliar os dados produzidos por esses sistemas nas regiões de Novo Progresso (PA) e Sinop (MT) no período de 2009 a 2015, juntamente com dados de focos calor. Como resultado, foram encontradas indicações da ocorrência de degradação florestal nas áreas de concessão florestal. Sobreposições entre os dados produzidos pelos sistemas DETEX e DEGRAD foram encontradas, o que indica a possibilidade de exploração irregular em áreas manejadas, que deverá ser investigada posteriormente.

Palavras-chave — avaliação de dados, monitoramento da degradação florestal, exploração seletiva de madeira.

ABSTRACT

Forest degradation can be defined as a long term process, caused by forest fire and selective logging. International engagement, as the REDD politics, has been developed to decelerate the Amazon forest degradation process. In Brazil this process is monitored through the systems DETEX and DEGRAD from the National Institute for Space Research. This paper uses spatial analysis to explore the data produced by these systems on the region around Novo Progresso (PA) and Sinop (MT), through 2009 and 2015, along with heat source data. As results, it was found indications of forest degradation in forest grant areas. Overlapping between DETEX and DEGRAD data indicated probable irregular logging activity upon forest management areas, which should be further investigated.

Keywords — *data assessment, forest degradation monitoring, selective logging.*

1. INTRODUÇÃO

O INPE monitora, desde 1988, as áreas desmatadas na Amazônia com o PRODES, Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, que mapeia áreas onde houve a remoção total da cobertura florestal. Entretanto, a perda de cobertura florestal e a emissão de carbono não ocorrem apenas pelo corte raso. O fogo florestal ocasiona perdas no número de indivíduos de espécies arbóreas e de sub-bosque [1], e a exploração seletiva de madeira, que pode ser sustentável ou predatória, ocasiona a retirada de espécies arbóreas da floresta e morte ou dano às árvores não exploradas [2]. Ambos os processos levam a formas progressivas de degradação florestal.

A degradação florestal altera a estrutura da floresta e os processos ecológicos responsáveis pela manutenção da floresta. Embora a degradação florestal seja pouco conhecida, e sua participação no balanço de carbono terrestre ainda pouco compreendida [3], ela foi incluída, juntamente com o desmatamento, no programa *Reduced Emission from Deforestation and Degradation* (REDD+) em 2013. O REDD+ é um instrumento que busca recompensar financeiramente países em desenvolvimento com florestas tropicais pela redução da emissão de CO_2 [4].

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), define a degradação florestal pela perda direta de floresta, a longo prazo, induzida pelo homem, de uma determinada porcentagem do estoque de carbono florestal em um determinado período, que não se qualifique como desmatamento pelo Protocolo de Quioto [5]. Por permitir a exploração da floresta dentro de limiares de cobertura florestal pré-estabelecidos, a exploração madeireira sob Plano de Manejo Florestal não representa degradação florestal para o IPCC e, consequentemente, não é incluída nas estimativas de emissão de CO_2 pelo mecanismo REDD+. Desta forma, torna-se necessário a diferenciação, em termos de monitoramento, do corte seletivo de madeira de forma manejada e predatória.

O monitoramento da degradação florestal contribui para estimativas de emissão de CO_2 e é de grande importância para a compreensão das mudanças na composição e no microclima de ecossistemas florestais, e para a elaboração e implantação de políticas públicas de fiscalização e conservação das florestas.

A degradação florestal passou a ser monitorada pelo INPE a partir de 2004 com o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) [6]. Este sistema localiza novas ocorrências de mudanças na vegetação florestal, em tempo quase real, para auxiliar ações de fiscalização e controle do desmatamento. Entretanto, esse sistema não discriminava corte raso de degradação florestal, portanto, o INPE desenvolveu, em 2008, o sistema DEGRAD para mapear, anualmente, áreas de floresta degradada por exploração de madeira e fogo florestal [7]. Também em 2008 é criado pelo INPE o sistema DETEX para monitorar a ocorrência de exploração seletiva de madeira nos Distritos Florestais Sustentáveis.

A análise dos dados produzidos pelos sistemas de monitoramento do INPE permite identificar as relações entre eles e produzir informações a respeito das dinâmicas florestais. Essas informações devem ser utilizadas para dar subsídio ao desenvolvimento de políticas públicas de controle e combate ao desmatamento, bem como atender aos objetivos propostos pelo REDD+.

Devido a importância desses dados, o objetivo deste trabalho é avaliar os dados de degradação florestal e de extração seletiva de madeira provenientes dos sistemas DEGRAD e DETEX respectivamente. Buscou-se identificar relações entre estes dados e também entre os dados de focos de calor para duas áreas, uma no sudoeste do estado do Pará (região de Novo Progresso) e outra no centro-norte de Mato Grosso (região de Sinop), no período de 2009 a 2015.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Unidades espaciais de análise

O trabalho foi desenvolvido em duas regiões na Amazônia Legal que apresentam histórico de desenvolvimento, ocupação e processos de exploração florestal distintos. A área de estudo no Pará representa uma região de nova fronteira agropecuária na Amazônia (2000), localizada ao sudoeste do estado, indicado pela órbita/ponto 227/65 e 227/66 e abrange quatro municípios: Novo Progresso, Altamira, Jacareacanga e Itaituba. No estado de Mato Grosso a área de estudo representa uma fronteira agropecuária da década de 70 e localiza-se na região norte do estado, indicado pela órbita/ponto 226/68 e 227/68, e abrange 19 municípios, entre eles estão Sinop, Sorriso, Colíder, Feliz Natal, Vera e Cláudia (Figura 1).

2.2. Os dados DETEX e DEGRAD

Os dados utilizados foram produzidos anualmente a partir de processamento de imagens de sensores a bordo dos satélites LANDSAT e CBERS cujas resoluções espaciais são de 30 e 20 metros, respectivamente, e são representados como polígonos (vetores) de áreas com alterações na cobertura florestal cujo dossel não foi totalmente removido [7]. O mapeamento é feito de forma visual, com imagens orbitais de datas próximas ao dia 1º de agosto de cada ano, utilizando a mesma base de imagens do programa PRODES.

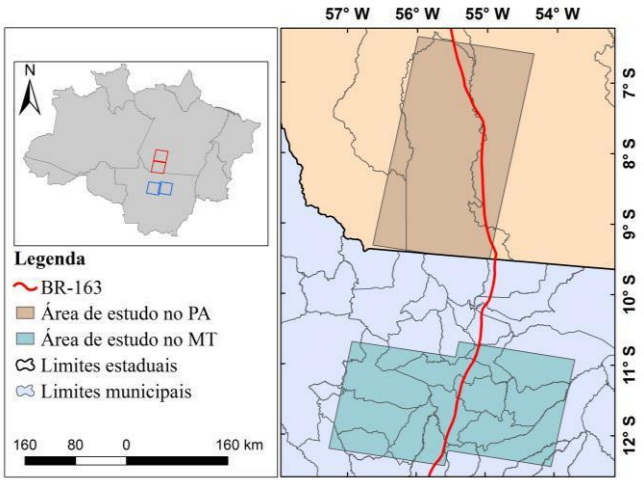


Figura 1. Unidades espaciais de análise no estado do Pará e Mato Grosso.

O mapeamento é realizado sobre as imagens processadas. Um realce é aplicado para melhor discriminação de porções de solos exposto, estradas e pátios de estocagem de madeira.

Os dados DETEX representam áreas com atividade de exploração seletiva de madeira sob manejo florestal em concessões florestais, enquanto os dados DEGRAD representam áreas de floresta degradada por extração seletiva de madeira e fogo florestal. A área mínima mapeada de ambos os sistemas é de 6,25 hectares [7]. No presente trabalho, foram utilizados os dados anuais DETEX e DEGRAD de 2009 até 2015.

2.3. Avaliação dos dados

Os dados dos sistemas DEGRAD e DETEX, por definição, não devem se sobrepor no mesmo ano, pois a exploração seletiva de madeira monitorada pelo DETEX não inclui degradação florestal. Para verificar a ocorrência de sobreposições entre os dados foi realizada uma interseção entre o DEGRAD e o DETEX do mesmo ano, obtendo-se assim, o resultado de áreas simultaneamente mapeadas por ambos os sistemas, ano a ano, no período de 2009 a 2015.

Os dados das áreas de exploração seletiva de madeira (DETEX) não devem apresentar recorrências dentro do período de estudo (2009 – 2015), pois a exploração em uma concessão sob plano de manejo, deve respeitar o ciclo mínimo de 10 anos, caso a exploração não seja mecanizada, ou de 25 a 35 anos para explorações mecanizadas, conforme estabelecido pela Instrução Normativa MMA 05/2006 [8] e pela Resolução CONAMA 406/2009 [9]. Desta forma, a detecção de recorrências nos dados do DETEX pode indicar inconsistência no dado ou a possibilidade do plano de manejo não estar sendo respeitado. Para analisar a recorrência dos eventos de degradação florestal e de extração seletiva, foi realizada a união dos polígonos mapeados anualmente, de 2009 a 2015, para o DEGRAD e DETEX. Com a análise desses polígonos, foi possível detectar quantas vezes uma mesma área foi detectada no período.

2.4. Análise espacial dos focos de calor

Para estudar o padrão de comportamento dos focos de calor na área optou-se por espacializá-los utilizando o estimador *Kernel* de intensidade. Os pontos de ocorrência de focos de calor foram representados por uma superfície na qual os valores estimados de cada pixel são proporcionais à intensidade de amostras de pontos dentro de uma área de influência estabelecida empiricamente, de maneira a gerar uma superfície suavizada, sem pontos isolados. Este estimador indica áreas de concentração de focos de calor, densidade dos focos [10], sendo de interpretação direta.

A partir da intensidade *Kernel* foi extraída a média aritmética do valor de intensidade de todos os pixels no interior das áreas de recorrência de dados DETEX e DEGRAD (aqui determinada Média Zonal de Intensidade de Focos de Calor) para avaliar o comportamento dos focos de calor nas áreas de recorrência. Tendo em vista que o fogo é um fator causador de degradação floresta, espera-se que, em áreas de recorrência DEGRAD os dados de fogo sejam expressivos, e o contrário deve ocorrer na recorrência DETEX, uma vez que não é permitido o uso do fogo nas atividades de manejo florestal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

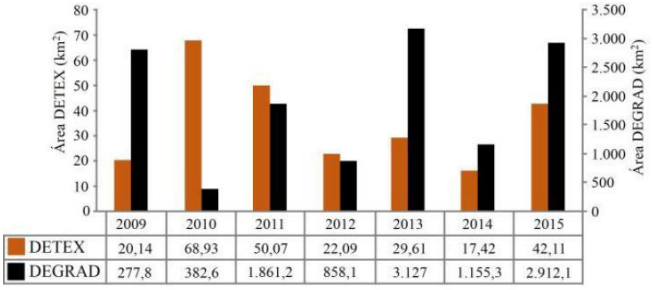
3.1. Áreas de corte seletivo e degradação florestal detectadas pelo DETEX e DEGRAD

As figuras 2 e 3 apresentam o total de área mapeada pelos sistemas DEGRAD e DETEX para cada ano entre 2009 e 2015. A degradação florestal segue um padrão descontínuo para as duas áreas de estudo, ocorrendo aumentos e diminuições intercaladas entre os anos, evidenciando a variação nesse tipo de atividade. Por se tratarem de regiões de fronteira agropecuária, apresentam dinâmicas aceleradas, com períodos de maior ou menor intensidade. Os valores máximos de área de degradação estimados ocorreram em 2013 para a área no Pará e, em 2015, para a área do Mato Grosso, de mais de 3 mil km² e 1.200 mil km², respectivamente.Os valores mínimos ocorreram em 2010 e 2013, para as áreas do Pará e MT ,respectivamente, com valores inferiores a 500 km² para ambas as áreas de estudo.

3.2. Avaliação dos dados do DEGRAD, DETEX e Focos de Calor

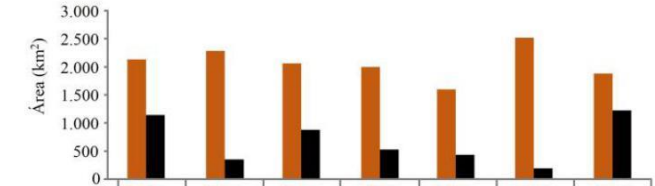
Foram encontradas sobreposições entre os dados DEGRAD e DETEX do mesmo ano, os resultados encontrados são apresentados na Tabela 1.

Nos anos 2009 e 2012 foram observadas sobreposições dos dados produzidos pelo DETEX na região de Novo Progresso, enquanto para a região de Sinop foi observada nos anos 2009, 2010, 2011 e 2015 (Tabela 1). A área de sobreposição é mais expressiva para o ano de 2009 em ambas as áreas de estudo podendo configurar inconsistência no mapeamento ou irregularidade na extração. As áreas degradadas mapeadas pelo sistema DEGRAD, em sua maioria, ocorreram apenas uma vez.



	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
DETEX	20,14	68,93	50,07	22,09	29,61	17,42	42,11
DEGRAD	277,8	382,6	1.861,2	858,1	3.127	1.155,3	2.912,1

Figura 2. Total de área mapeada pelos sistemas DEGRAD e DETEX para a unidade de análise no Pará.



	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
DETEX	2.186,8	2.256,3	2.173	2.015,2	1.634	2.518,5	1.950,1
DEGRAD	1.172,2	375,82	818,04	501,43	416,5	174,12	1.222,6

Figura 3. Total de área mapeada pelos sistemas DEGRAD e DETEX para a unidade de análise em Mato Grosso.

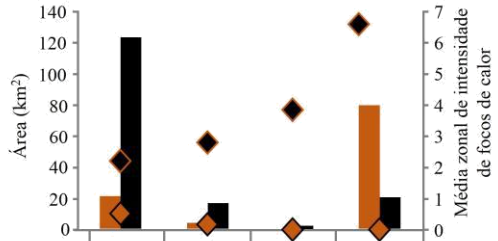
Tabela 1. Sobreposição de áreas mapeadas pelos sistemas DEGRAD e DETEX.

	Área de estudo PA		Área de estudo MT	
Ano	Área (km^2)	Area relativa ao DETEX (%)	Área (km^2)	Area relativa ao DETEX (%)
2009	0,96	4,7	149,07	6,82
2010	0	0	0,98	0,04
2011	0	0	0,2	0,01
2012	0,39	1, 7	0	0
2013	0	0	0	0
2014	0	0	0	0
2015	0	0	0,32	0,02
TOTAL	1,35		150,57	

Para a região de Novo Progresso, não foram apontadas áreas com mais do que 4 recorrências (Figura 4). No Mato Grosso, entretanto, há recorrência de áreas mapeadas como degradação de 5 anos (Figura 5).

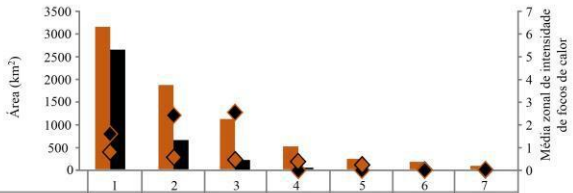
Os dados do DETEX apresentaram áreas mapeadas mais de uma vez no período analisado (Figuras 4 e 5). Seguindo o pressuposto de que o sistema DETEX realiza o mapeamento de exploração seletiva sob plano de manejo, a revisita para exploração na mesma área (ou Unidade de Produção Anual) deveria ocorrer apenas 25 a 35 anos após o primeiro evento de exploração, portanto a recorrência pode indicar inconsistência no mapeamento ou que, o padrão de exploração nas áreas manejadas está ocorrendo fora da norma estabelecida ou ainda que a recorrência pode estar associada às cicatrizes produzidas pela extração, que podem levar até 3 anos para regenerar [11].

Uma análise da frequência de recorrência foi realizada para relacioná-la com a frequência das recorrências com os focos de calor.



	1	2	3	4
DETEX	23,11	3,88	0,1	0,02
DEGRAD	123,34	17,12	1,54	0,02
Média kernel DETEX	0,51	0,16	0	0
Média kernel DEGRAD	2,21	2,84	3,91	6,77

Figura 4. Recorrência dos dados DEGRAD e DETEX, e relação com focos de calor para área de estudo no Pará (o eixo horizontal representa a quantidade de recorrências).



	1	2	3	4	5	6	7
DETEX	3.147,1	1.865	1.102,1	513,8	215,9	129,4	70,2
DEGRAD	2.605,1	685,6	218,9	11,6	0,3	0	0
Média kernel DETEX	0,86	0,71	0,66	0,54	0,23	0	0
Média kernel DEGRAD	1,61	2,38	2,55	0	0	0	0

Figura 5. Recorrência dos dados DEGRAD e DETEX, e relação com focos de calor na área de estudo em Mato Grosso (eixo horizontal representa a quantidade de recorrências).

A média zonal da intensidade de focos de calor nas áreas DEGRAD se elevam com o aumento das recorrências de degradação, sugerindo o uso do fogo nessas áreas.

Na região de Novo Progresso as áreas de recorrência de extração madeireira são inferiores às áreas de degradação florestal, e não apresentam valores altos de intensidade de focos de calor, confirmando a hipótese de que em áreas de manejo florestal, o fogo ocorre muito pouco (Figura 4). Entretanto, na região de Sinop, as áreas mapeadas pelo DETEX apresentam recorrência superior às áreas mapeadas pelo DEGRAD, contudo, os valores de intensidade de focos de calor ainda são muito inferiores àqueles observados nas áreas mapeadas pelo DEGRAD (Figura 5).

5. CONCLUSÕES

A combinação de dados DEGRAD, DETEX e Focos de Calor pode fornecer informações sobre a ocorrência e dinâmica de degradação e exploração florestal na região amazônica, dentro e fora de planos de manejo. A identificação de degradação florestal nas áreas de manejo florestal indica que o corte seletivo pode ter sido conduzido de forma inadequada, fora das normas estabelecidas pela legislação. Recomendam-se análises mais aprofundadas para identificar a origem dessas sobreposições.

A ocorrência de focos de calor é um dos fatores que intensifica a degradação florestal, evidenciada neste trabalho nas áreas detectadas pelo DEGRAD. Por outro lado, a ausência de relação entre os focos de calor e as áreas mapeadas pelo sistema DETEX evidenciam que este sistema está de fato mapeando áreas de corte seletivo manejadas cujo principal fator de alteração da cobertura florestal é a extração de madeira.

6. REFERÊNCIAS

[1] CAPANEMA, Vinicius do P., et al. Mapeamento de padrões de intensidade da degradação florestal: estudo de caso na região de Sinop, Mato Grosso. **Revista Brasileira Cartografia**, v. 70, n. 1, 2018.

[2] PINHEIRO, T. F. et al. Forest degradation associated with logging frontier expansion in the Amazon: the BR-163 region in southwestern Pará, Brazil. **Earth Interactions**, v. 20, n. 17, p. 1-26, 2016.

[3] MERTZ, Ole et al. The forgotten D: challenges of addressing forest degradation in complex mosaic landscapes under REDD+. **Geografisk Tidsskrift-danish Journal Of Geography,**[s.l.], v. 112, n. 1, p.63-76, maio 2012. Informa UK Limited. DOI: 10.1080/00167223.2012.709678.

[4] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). **Key decisions relevant for reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries (REDD+).** 2016.

[5] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Definitions and methodological options to inventory emissions from direct humaninduced degradation of forests and devegetation of other vegetation types.** Hayama: Intergovernmental Panel On Climate Change, 2003. 30 p.

[6] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Sistema de detecção do desmatamento em tempo real na Amazônia - DETER:** aspectos gerais, metodológicos e plano de desenvolvimento. São José dos Campos: INPE, 2008c. 16 p.

[7] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites:** Sistemas PRODES, DETER, DEGRAD e QUEIMADAS 2007-2008. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008a. 47 p.

[8] **BRASIL**. Governo Federal – Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa 05, de 11 de dezembro de 2006. Diário Oficial da União: 13 dezembro 2006.

[9] **BRASIL**. Resolução CONAMA nº406, de 02 de fevereiro de 2009. Diário Oficial da União: 06 fevereiro 2009.

[10] CÂMARA, G., CARVALHO, M.S. ANÁLISE ESPACIAL DE EVENTOS. In: Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds). *Análise espacial de dados geográficos*. Brasília: Embrapa. 2004.

[11] MATRICARDI, Eraldo et al. Monitoring selective logging in tropical evergreen forests using landsat: multitemporal regional analyses in Mato Grosso, Brazil. Earth Interactions, [s.l.], v. 9, n. 24, p.1-24, Nov. 2005. American Meteorological Society.

AGRADECIMENTOS

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e Projeto MAS – BNDES (processo número: 1022114003005) - sub-projeto 5 – trajetórias de padrões e processos na caracterização de novas dinâmicas de desmatamento na Amazônia para infraestrutura e financiamento, apoio e suporte.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.