

ANÁLISE EXPLORATÓRIA DA DEGRADAÇÃO FLORESTAL NA REGIÃO DE NOVO PROGRESSO (PA) E SINOP (MT) – OS SISTEMAS DEGRAD, DETEX E FOCOS DE CALOR

Afonso Henrique Moraes Oliveira¹; Danilo Avancini Rodrigues¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{afonso.oliveira; danilo.rodrigues}@inpe.br

Resumo: Os padrões de uso e ocupação de regiões do bioma amazônico tem intensificado os processos de desmatamento e degradação da floresta. Esforços internacionais, como as políticas de REDD, têm sido realizados para conter esses avanços e coibir os impactos na Amazônia. No Brasil, os sistemas DETEX e DEGRAD, e o Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais fornecem informações que permitem a análise e compreensão da degradação florestal no bioma amazônico. Desta forma, este trabalho utiliza técnicas de geoprocessamento para explorar os dados produzidos, analisar a consistência desses dados e possíveis relações entre si nas regiões de Novo Progresso (PA) e Sinop (MT). Observou-se que a ocorrência de focos de calor é um processo que intensifica a degradação da floresta. Foram identificadas sobreposições dos dados produzidos pelo sistema DETEX e DEGRAD, o que requer cautela na utilização desses dados. Além disso, há indicações que no mapeamento ocorrem áreas de exploração seletiva sem plano de manejo florestal. O conhecimento do contexto de exploração nas regiões de análise é essencial para a análise da degradação por estarem intrinsecamente relacionados com a dinâmica de uso e ocupação locais. Para estudos futuros recomendam-se análises mais aprofundadas para a identificação da origem da sobreposição entre dados DETEX e DEGRAD, bem como a recorrência de áreas mapeadas pelo DETEX.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, geoprocessamento, mapeamento da degradação, exploração seletiva.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos da antropização no bioma amazônico são amplamente discutidos no meio acadêmico, principalmente devido às alterações causadas à floresta, como a perda de biomassa e biodiversidade, e também a alteração nos ciclos biogeoquímicos (PEARSON, et al 2014). Estes impactos motivaram a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudanças climáticas a reconhecer, na 13ª Conferência das Partes, em 2007, a exploração seletiva de madeira como um importante contribuinte para as emissões globais de carbono, passando a introduzi-la no mecanismo de Redução de Emissão por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD) (SHIMABUKURO, et al 2014). No mesmo ano o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) passa a realizar o monitoramento na Floresta Amazônica brasileira de áreas em processo de degradação, onde a cobertura florestal ainda não tenha sido totalmente removida, através do sistema DEGRAD.

Para situações específicas, através de parceria entre o INPE e o Ministério da

Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e o Serviço Florestal Brasileiro (SFB) foi criado o sistema DETEX para o monitoramento da exploração madeireira em florestas públicas sob concessão florestal, que posteriormente foi expandido a toda a Floresta Amazônica brasileira, com dados produzidos a partir de 2009. O Programa Queimadas, desenvolvido também pelo INPE, monitora focos de queimada e incêndios florestais, eventos de grande importância para a emissão de carbono na atmosfera.

Os projetos supracitados utilizam o imageamento por sensores orbitais em seu monitoramento e distintas técnicas de análise aplicadas a essas imagens para a produção de dados. A partir de técnicas de geoprocessamento torna-se possível a análise conjunta dos dados produzidos pelos programas DEGRAD, DETEX e Queimadas para avaliar os programas de monitoramento, identificando consistência e relações entre os dados produzidos, que podem ser utilizados para a produção de informações a respeito das dinâmicas de uso e cobertura do solo na Floresta Amazônica que direcionem o desenvolvimento de políticas públicas para atender os objetivos propostos pelo REDD+.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar a consistência dos dados de degradação florestal e extração seletiva de madeira provenientes dos sistemas DEGRAD e DETEX respectivamente, e identificar relações entre estes e a ocorrência de focos de calor através de análise exploratória dos dados, para duas áreas no sul do estado do Pará (região de Novo Progresso) e norte de Mato Grosso (região de Sinop) no horizonte de tempo entre os anos de 2009 e 2015.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aqui empregada também foi utilizada por Macul (2017, no prelo) na análise da degradação florestal na região de Paragominas, no nordeste do estado do Pará.

3.1. Unidades espaciais de análise

O presente trabalho foi desenvolvido em duas regiões na Amazônia Legal com histórico de desenvolvimento e exploração florestal distintos. A área de estudo no Pará está localizado 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 está 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, conforme pode ser visualizado na figura 1.

3.1.1. Área de estudo no Pará

A vegetação natural da região em análise no estado do Pará é caracterizada predominantemente pela formação Floresta Ombrófila Densa, com árvores que podem atingir 50m de altura e biomassa média de 281 Mg ha⁻¹, podendo ser encontradas, em menor proporção, savanas amazônicas (VIEIRA et al., 2004). Em termos geológicos predominam as unidades litológicas do proterozóico, caracterizado por terrenos irregulares (VASQUEZ, 2008). O clima é quente e úmido, com precipitação anual variando entre 1800 a 2800 mm, e estações definidas como chuvosa (janeiro a julho) e seca (agosto a dezembro). A área ainda se apresenta bastante preservada, com terras indígenas e unidades de conservação contemplando cerca de 70% da área. A região também está sob forte influência da BR-163 (Santarém-Cuiabá) que liga os estado do Pará ao estado do Mato Grosso, e é responsável pelo escoamento de grande parte dos grãos produzidos na região.

Novo Progresso é classificado como uma fronteira madeireira em expansão, com menos de 20 anos de história de exploração, representando um importante polo madeireiro da Amazônia. Dados oficiais indicam que Novo Progresso encontra-se na 11^a posição entre os municípios da Amazônia Legal líderes em desmatamento por corte raso para o ano de 2014, sendo considerada região prioritária de ações de fiscalização e prevenção ao desmatamento.

3.1.2. Área de estudo no MT

O município de Sinop abrange uma área de cerca de 4.000,000 km², com uma população de 113.099 habitantes (IBGE, 2010). A vegetação é tipicamente Floresta de Transição, que consiste na zona de contato entre a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Estacional. A floresta de transição apresenta biomassa média de 326 Mg/ha, cuja densidade de árvores e diversidade de espécies é menor que a encontrada na floresta densa. Em termos geomorfológicos encontra-se na Bacia do Alto Xingu, com relevo característico do Planalto Residual do Norte de Mato Grosso e Planalto dos Parecis (LACERDA-FILHO, 2004). O clima é tropical úmido, com curto período de seca que se estende de maio a agosto. A precipitação média anual é elevada, variando entre 1800 a 2200 mm, com maior intensidade nos meses de janeiro, fevereiro e março, e temperatura média anual de 24° C (INMET, 2015).

Na região de Sinop, a expansão da atividade madeireira ocorreu articulada aos

processos de colonização dirigida e de expansão das empresas agropecuárias (BRASIL, 2005).

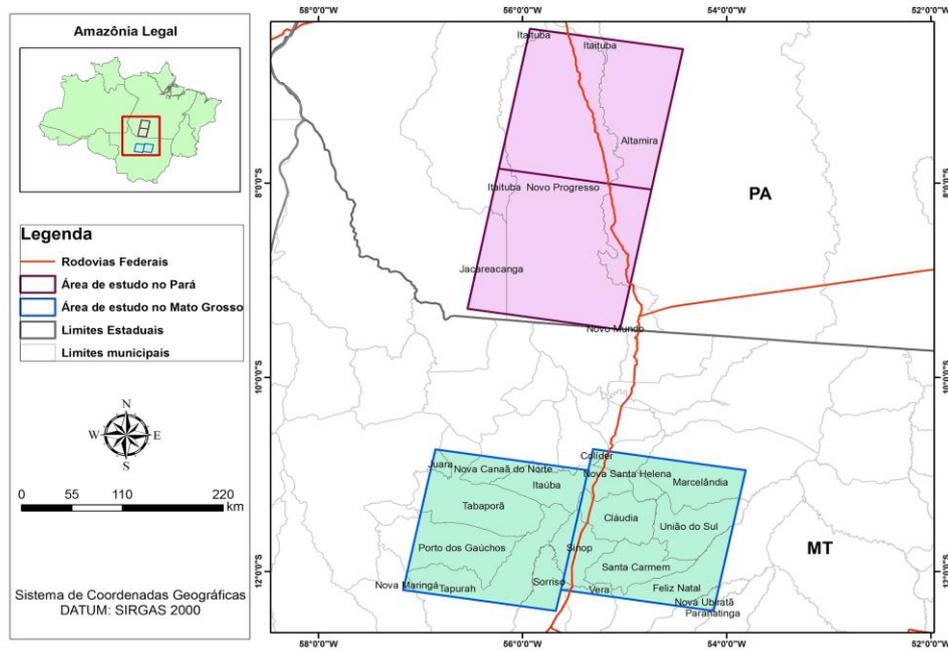


Figura 1. Unidades espaciais de análise no estado do Pará e Mato Grosso.

3.2. Os sistemas de monitoramento DETEX e DEGRAD

O trabalho utilizou os dados DETEX e DEGRAD produzidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para estudar a degradação florestal e a exploração seletiva de madeira. Os dados são produzidos anualmente a partir de processamento de imagens de sensores a bordo dos satélites LANDSAT e CBERS cuja resolução espacial é de 30 metros e são apresentados como polígonos que representam as áreas com distúrbios florestais em que a cobertura florestal ainda não foi totalmente removida. O mapeamento é visual, feito com imagens orbitais do mês de agosto de cada ano com a mesma base de imagens utilizada pelo programa PRODES (INPE) que identifica áreas desmatadas. Porém é realizado um preparo dessas imagens aplicando realces de contraste para destacar evidências da degradação, tais como porções de solos exposto, estradas e pátios de extração de madeira (INPE, 2017).

Os dados DETEX representam as áreas com atividades de exploração seletiva de madeira em áreas de manejo florestal, e os dados DEGRAD representam área com floresta degradada. A área mínima mapeada de ambos os sistemas de monitoramento da Amazônia é de 6,25 hectares (INPE, 2017). No presente trabalho, utilizou-se dados DETEX e DEGRAD para o período de 2009 até 2015.

3.3. Análise de consistência e ocorrência dos dados

Os dados foram avaliados quanto a sua consistência a partir de premissas de sua

natureza e elaboração. Os dados de degradação florestal (DEGRAD) não podem se sobrepor os dados DETEX para os mesmo ano, uma vez que a exploração seletiva de madeira monitorada pelo sistema DETEX não configura degradação florestal. Para avaliar essa inconsistência, utilizou-se uma interseção entre os dados DEGRAD e os dados DETEX no mesmo ano e, assim, obteve-se o resultado de interseção entres os diferentes tipos de dados ano a ano (2009 a 2015).

Os dados das áreas de exploração seletiva de madeira (DETEX) não podem apresentar recorrências em diferentes anos dentro do período de estudo (2007 – 2014), uma vez que a exploração em uma mesma área somente poderá voltar a ocorrer 30 anos após a exploração anterior. Para realizar essa análise, foi feito uma união entres os planos de informação de cada ano dos dados DETEX. O resultado dessa união configurou a ocorrência de polígonos dentro do período de 2009 a 2015. Assim, esse resultado foi utilizado tanto para testar a consistência dos dados DETEX como estudar a ocorrência das áreas designadas como extração seletiva de madeira.

A mesma análise de ocorrência realizada para os dados DETEX foi utilizada para os dados DEGRAD. Utilizou-se uma operação de união entre os dados DEGRAD dos diferentes anos e assim obter a ocorrência de polígonos no período de 2009 a 2015. Dessa forma, a análise de ocorrência tanto para o DEGRAD quando para o DETEX revelou quanto anos os polígonos mapeados ocorrem, podendo ser apenas 1 ano, ou seja, foi mapeado apenas uma vez dentro daquela categoria, até recorrer os 7 anos de análise.

Outra possibilidade de ocorrência é os dados passarem de uma categoria para outra. Por exemplo, dados DETEX passarem para DEGRAD ao longo do período. Por tanto, para avaliar tais situações, o estudo verificou a sobreposição de polígonos para os dados DETEX unidos (2009 a 2013) e DEGRAD unidos (2009 a 2015). Para tanto, realizou-se intersecção entre os planos unidos DETEX e os planos unidos DEGRAD. Dessa forma, pode-se verificar quantos anos levou para os polígonos mapeados em uma categoria mudarem para outra.

3.4. Dados de focos de calor (Programa Queimadas)

Os dados de facos calor foram provenientes do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e obtidos para todo o período com um ano de antecedência, no sentido compará-los com os dados do DETEX e DEGRAD que são gerados anualmente .

Foram utilizados os dados dos satélites de referência, cujos dados diários de focos

detectados são usados para compor a série temporal ao longo dos anos e assim permitir a análise de tendências nos números de focos para mesmas regiões e entre regiões em períodos de interesse. De 01/junho/1998 a 03/julho/2002 foi utilizado o NOAA-12 (sensor AVHRR, passagem no final da tarde), e a partir de então o AQUA_M-T (sensor MODIS, passagem no início da tarde); adicionalmente, para inúmeros estados a série existe desde 1992 (INPE, 2011).

Em relação ao tamanho de queimada os satélites detectam, para os satélites de órbita polar (NOAAs a 800 km de distância, e TERRA e AQUA a 730 km), trabalhos de validação de campo indicam que uma frente de fogo com cerca de 30 m de extensão por 1 m de largura, ou maior, será detectada. Para os geoestacionários, a 25 mil km de distância, a frente precisa ter o dobro de tamanho para ser localizada.

Entretanto, como o elemento de resolução espacial (píxel) do satélite tem 1 km x 1 km ou mais, uma queimada de algumas dezenas de m² será identificada como tendo pelo menos 1 km². Nas imagens dos satélites geoestacionários, onde o píxel tem 4km x 4km, esta pequena queimada passará a ser indicada por uma área de 16km² ou mais. Assim, um foco de queima, que aqui é a mesma coisa que um píxel de queima, pode indicar tanto uma pequena queimada assim como várias pequenas queimadas ou uma muito grande no seu interior. Trabalhos de validação indicam que o erro na média é ~400 m, com desvio padrão de ~3 km; cerca de 80% dos focos estão em um raio de 01 km das coordenadas indicadas (INPE, 2011). Conforme pode ser visualizado na tabela 1.

Tabela 1. Especificações dos dados DETEX, DEGRAD e Focos de Calor.

Dicionário dos Dados					
Dado	FONTE	Res. Espacial	Res. Temporal	Forma	Plataforma
DETEX	INPE	30x30 (m)	1 ano (2009-2015)	Polígono	Landsat (ETM+)
DEGRAD	INPE	30x30 (m)	1 ano (2009-2015)	Polígono	Landsat (ETM+)
Focos de Calor	INPE	1x1 (km)	1 dia	Ponto	Terra/Aqua (MODIS)

3.5. Análise espacial dos focos de calor

Para estudar o padrão de comportamento dos focos de calor na área optou-se por espacializar os dados pontuais. Para tanto, foi utilizado o estimador *Kernel* de intensidade para traduzir os pontos de ocorrência de focos de calor a uma superfície em que os valores de cada pixel são proporcionais à intensidade de amostras pontuais por área de influência. O estimador *Kernel* realiza uma contagem de pontos dentro de um raio r de influência e pondera pela distância em que se encontra o centro do pixel conforme mostra a função λ de intensidade abaixo (CÂMARA e CARVALHO, 2004).

$$\lambda_r(u) = \sum_{h_i \leq r} \frac{3}{\pi \cdot r} \left(1 - \frac{h_i^2}{r^2}\right)^2$$

Essa é uma função de quarta ordem em que u é a localização do pixel em que se quer estimar o valor de intensidade e onde está o centro do raio de influência r . A variável h é a distância entre o centro do pixel e a localização do foco de calor. O raio de influência é o critério que define quais focos de calor influenciam cada pixel. Se for utilizado um raio muito pequeno, o resultado será uma superfície muito descontínua; o contrário, se for grande demais, a superfície fica muito suavizada (CÂMARA e CARVALHO, 2004).

Este estimador de intensidade oferece uma indicação da concentração de focos de calor dentro da área de estudo e o resultado é de interpretação direta, pois é proporcional a ideia de densidade dos focos (CÂMARA e CARVALHO, 2004). Devido a essas vantagens, o trabalho utilizou essa técnica e o resultado foi dado em uma superfície com 30 metros de resolução espacial, a mesma resolução das imagens utilizadas para produzir os dados DEGRAD e DETEX; e o raio de influência empregado foi de 5000 metros, uma vez que o resultado evidenciou bem os clusters de focos de calor e os distinguiu satisfatoriamente de regiões com pouca ou nenhuma probabilidade de ocorrência de fogo.

Dado o resultado da superfície de intensidade de focos de calor, os dados agregados de DETEX para todo o período e os dados DEGRAD de todo o período foi utilizado para extrair a média zonal de intensidade de fogo. Assim, pode-se analisar como o mapeamento de cada categoria de dado é influenciado pela ocorrência de fogo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Área total mapeada pelos sistemas 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 intercalados entre os anos (com exceção de 2013 para a área em Mato Grosso), evidenciando a variação nesse tipo de atividade nas áreas, que por se tratar de uma região de fronteira agrícola e agropecuária na Amazônia, apresenta dinâmica acelerada e não há diminuição de áreas degradadas, havendo apenas períodos de maior intensidade ou menor intensidade, apresentando valores máximos de degradação em 2013 para a área no Pará e 2015 para a área em Mato Grosso, chegando a valores superiores a 3 mil km² e 1.200 mil km² respectivamente, enquanto os mínimos ocorrem em 2010 e 2013, também respectivamente, com áreas inferiores a 500 km² para ambas as áreas de estudo.

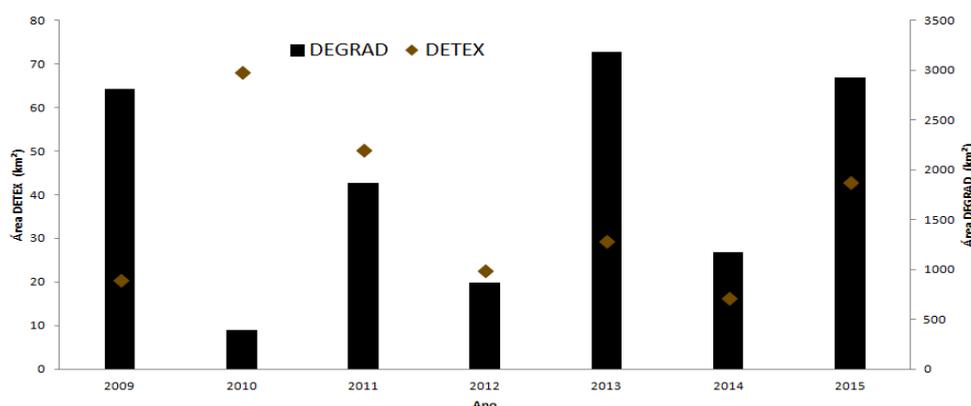


Figura 2. Total de área mapeada pelos sistemas DEGRAD e DETEX para a unidade de análise no Pará.

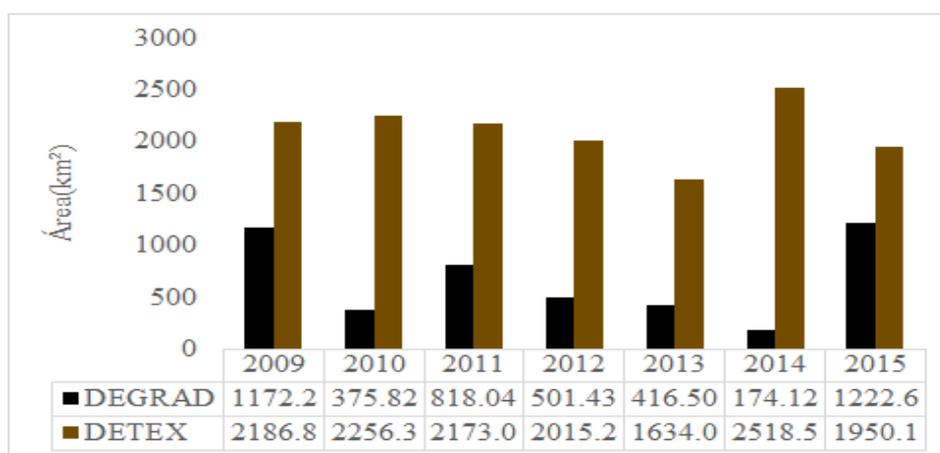


Figura 3. Total de área mapeada pelos sistemas DEGRAD e DETEX para a unidade de análise em Mato Grosso.

Na área de estudo no Pará os dados do DETEX no entanto, apresentam valores bem menores que do DEGRAD no decorrer dos anos, evidenciando que exploração seletiva de madeira na região não é tão evidente, que cede lugar para degradação florestal prioritariamente, conforme ilustra o eixo principal das figuras 2 e 3. Pinheiro e Escada (2015), discute que a predominância de valores baixos de exploração seletiva na área pode ser parcialmente atribuída ao limitado número de espécies exploradas na região, mas também ao abandono da floresta degradada, que permitiria a recuperação da cobertura florestal. No geral, em anos que existem elevados valores de degradação, como em 2009, 2013 e 2015, os valores de área mapeado pelo DETEX apresentam certa diminuição, o que pode sugerir intercalação desses processos, seguindo uma ordem lógica de exploração seletiva seguido de degradação florestal.

Para a área de estudo em Mato Grosso os elevados valores de área de extração de madeira (DETEX) em relação às áreas degradadas (DEGRAD), e a uniformidade destas áreas (Figura 3) estão associados à tradição histórica de mais de 30 anos de extração de madeira na região, uma vez que em comparação às outras fronteiras madeireiras na Amazônia, como a região de Novo Progresso, Sinop historicamente possui maior número de planos de manejo autorizados e maior nível de capacitação em técnicas de manejo florestal (SABOGAL et al., 2006). Estudos anteriores indicam que na região a madeira tem, predominantemente, origem de áreas autorizadas, apesar de ser observada ilegalidade em parte da madeira extraída (MONTEIRO e SOUZA, 2012).

4.2. Consistência entre dados DEGRAD e DETEX para o mesmo ano

A análise de consistência da sobreposição entre os dados DETEX e DEGRAD para cada ano apresentou algumas falhas no mapeamento e os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Sobreposição de áreas mapeadas pelos sistemas DEGRAD e DETEX no mesmo ano de análise para as unidades espaciais de análise.

Ano	Área de estudo PA		Área de estudo MT	
	Área (km ²)	Área relativa ao DETEX (%)	Área (km ²)	Área relativa ao DETEX (%)
2009	0,957	4,7	149.07	6.82
2010	0,000	0,0	0.9844485	0.04
2011	0,001	0,0	0.197685	0.01
2012	0,388	1,7	0	0
2013	0,000	0,0	0	0
2014	0,000	0,0	0	0
2015	0,000	0,0	0.3163701	0.02

Nos anos 2009 e 2012 foi observado inconsistência nos dados produzidos pelo DETEX na região de Novo Progresso, enquanto para a região de Sinop foi observado inconsistência nos anos 2009, 2010, 2011 e 2015. Estas inconsistências levaram algumas áreas a serem mapeadas pelo DETEX e pelo DEGRAD no mesmo ano. A inconsistência é mais expressiva para o ano de 2009 em ambas as áreas de estudo, enquanto que para os demais anos a área mapeada simultaneamente pelos dois sistemas representa porções inferiores a 1% do total mapeado pelo sistema DETEX o que pode decorrer de sobreposição de bordas de polígonos adjacentes. Porém, a falha observada em 2009 é bastante substancial. Este ano (2009) foi o início do programa DETEX e esta inconsistência pode decorrer das técnicas de mapeamento ainda em fase de aprimoramento. Por indicações técnicas, o trabalho utilizou como base o sistema DEGRAD e eliminou os polígonos que estavam sobrepostos dos dados DETEX para dar continuidade às análises.

4.3. Recorrência de áreas mapeadas e relação com focos de calor

A análise da recorrência de DETEX e DEGRAD no tempo pode ser visualizado nas figuras 4 e 5. Uma análise quanto a intensidade de recorrência foi realizado no sentido de detectar o número de vezes que o eventos ocorrem nas áreas mapeadas ao longo dos anos e relacionar a frequência das recorrências com os focos de calor. As áreas degradadas mapeadas pelo sistema DEGRAD estão em sua maioria, ocorrendo apenas uma vez, ou seja, não apresenta recorrência ao longo dos anos (Figuras 4 e 5). Para a região de Novo Progresso (Figura 4) determinadas áreas foram mapeadas em dois, três e quatro anos, não havendo áreas que foram recorrentes ao longo de 5, 6 e todos os anos, semelhante ao que ocorre na área de estudo em Mato Grosso (Figura 5), entretanto, nesta há recorrência de áreas mapeadas em 5 anos.

Os dados do sistema DETEX apresentam áreas que foram mapeadas mais de uma vez dentro do horizonte de tempo 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 30 anos após o primeiro evento de exploração, portanto a recorrência de áreas mapeadas pelo DETEX pode indica inconsistência no sistema por estar mapeando áreas em que a exploração não é feita sob plano de manejo, ou que apesar de haver plano de manejo o padrão de exploração nestas áreas está ocorrendo fora do que é estabelecido por

lei, ou ainda a recorrência pode estar associada às cicatrizes produzidas pela extração, que podem regenerar entre 1 a 3 anos após a condução das atividades de exploração (MATRICARDI et al., 2005).

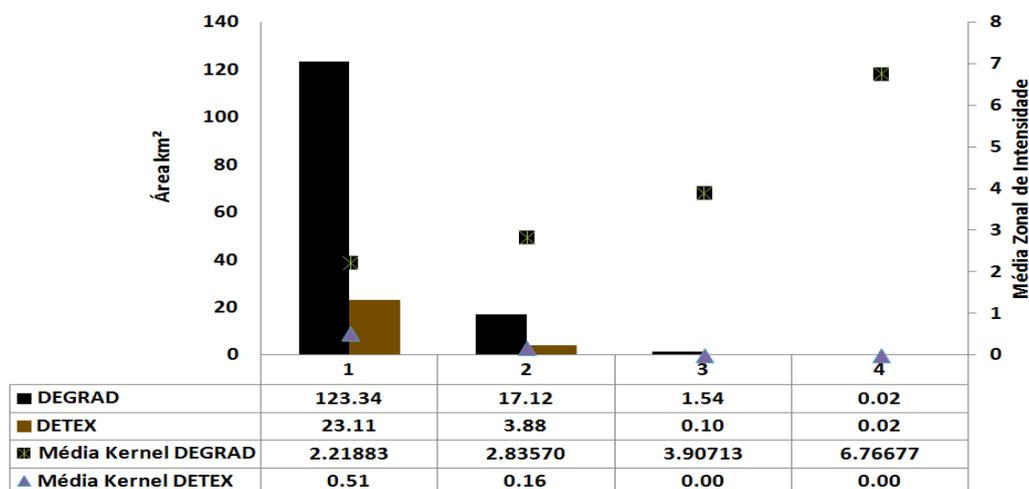


Figura 4. Recorrência dos dados DEGRAD e DETEX, e relação com focos de calor para a unidade de análise no Pará.

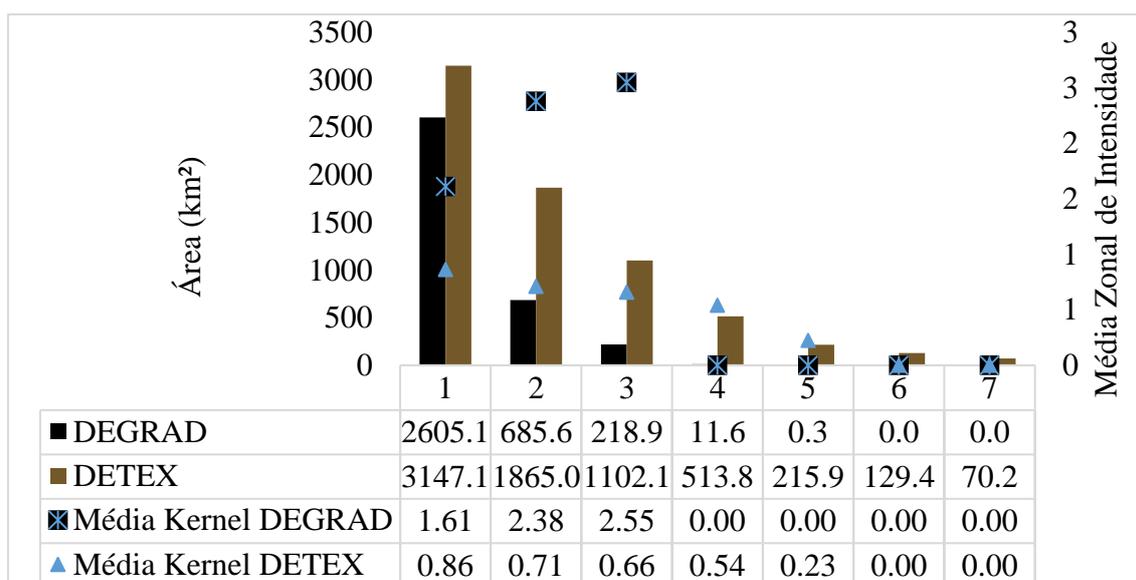


Figura 5. Recorrência dos dados DEGRAD e DETEX, e relação com focos de calor para a unidade de análise em Mato Grosso.

Os valores de média zonal da intensidade de focos de calor para as áreas de DEGRAD tendem a se elevarem com a aumento das recorrências de degradação, o que pode sugerir o uso do fogo nessas áreas, ou seja, quanto maior os valores de média de intensidade de focos de calor, mais recorrência de degradação existe na área, apontando que os dados de focos de calor podem ser utilizados para auxiliar na detecção de áreas de degradação florestal, corroborando com Cano-Crespo et al (2014).

Estudos de campo realizados por Pinheiro e Escada (2015), indicam que o fogo

em Novo Progresso (PA) é tipicamente associado à prática de corte e queima, que é comumente utilizado em toda região Amazônica. Na área analisada no estado de Mato Grosso os baixos valores médios de intensidade de focos de calor associados à degradação intensa (ou seja, aquelas que apresentam recorrência de 4 a 7 anos) podem estar ocorrendo devido às áreas demasiadamente pequenas nestes valores de recorrência.

Na região de Novo Progresso as áreas de extração de madeira que apresentam recorrência são inferiores às áreas de degradação florestal como recorrência ao longo dos anos, e não apresentam valores significativos de intensidade de focos de calor, o que confirma a hipótese de que em áreas de exploração florestal, o uso do fogo é mínimo, e quando se trata de atividade de exploração legalizada é proibido. 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. A análise espacial dos dados confirma a ideia que áreas de DEGRAD estão concentradas em áreas com maiores intensidades de focos de calor enquanto as áreas de DETEX encontram-se fora das áreas quentes do mapa, tanto para região de Novo Progresso como para região de Sinop, conforme ilustra as figuras 6 e 7.

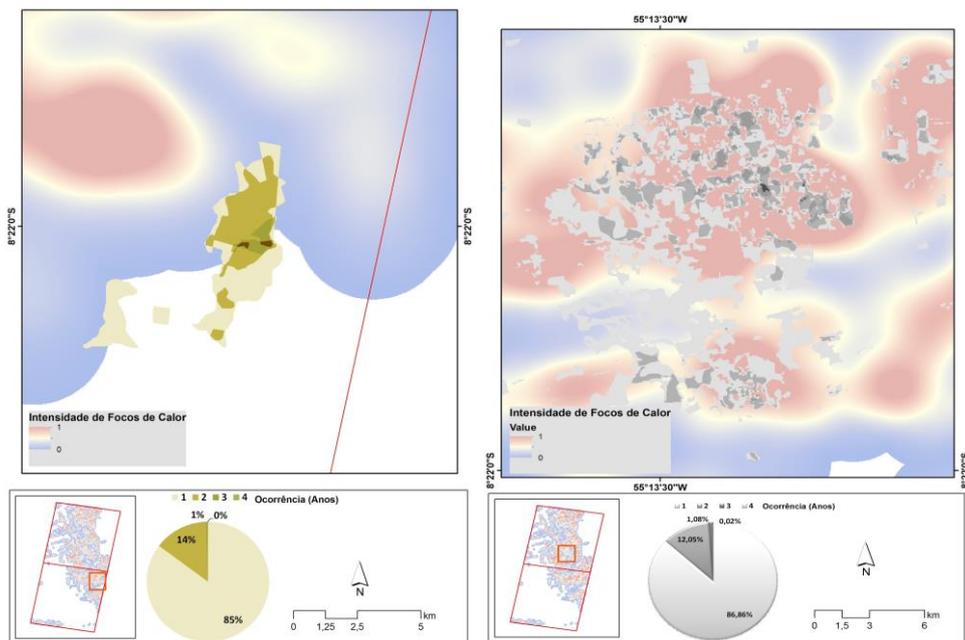


Figura 6. Recorrência de áreas mapeadas pelos sistemas DETEX e DEGRAD, respectivamente, e intensidade de focos de calor para a unidade espacial de análise no Pará.

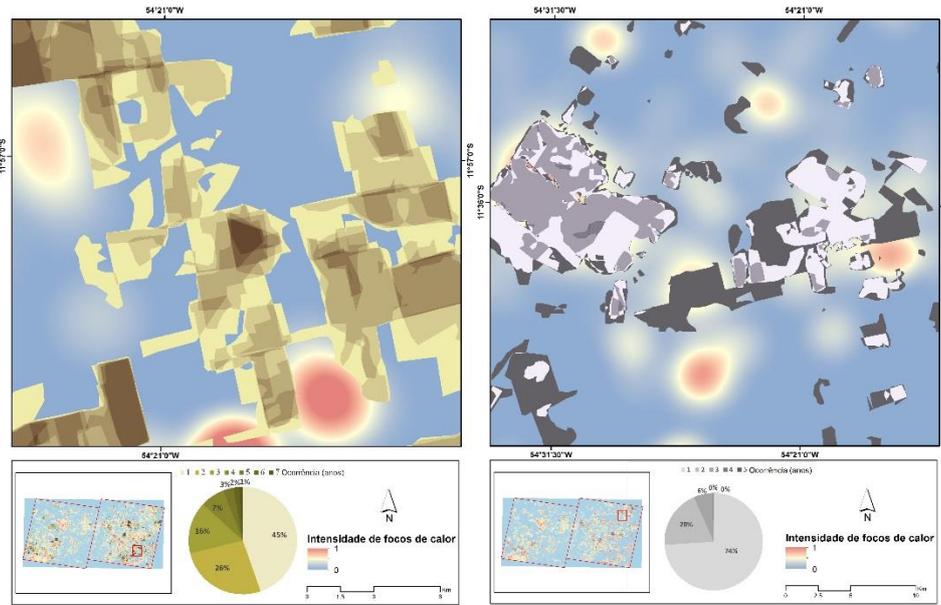


Figura 7. Recorrência de áreas mapeadas pelos sistemas DETEX e DEGRAD, respectivamente, e intensidade de focos de calor para a unidade espacial de análise em Mato Grosso.

4.4. Conversão de áreas de exploração seletiva (DETEX) em degradação florestal (DEGRAD)

A figura 8 apresenta os valores absolutos de áreas mapeadas pelo DETEX que são convertidas em áreas de degradação florestal (DEGRAD) em função de intervalos de tempo (1 a 6 anos). Neste sentido, a maior parcela de área de extração seletiva foi convertida em degradação no ano seguinte ao seu mapeamento pelo sistema DETEX, com mais de 20 km² e 240 km² para as área de estudo no PA e MT respectivamente, o que representa 8,44% e 1,67% da área total mapeada pelo sistema DETEX, também respectivamente, entre 2009 e 2015.

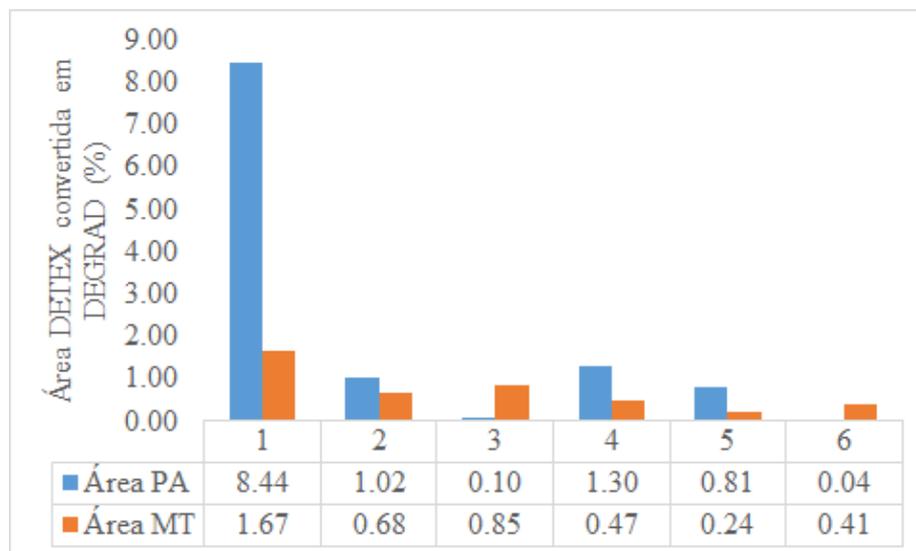


Figura 8. Porcentagem de área mapeada pelo sistema DETEX convertida em área de degradação florestal em função do tempo de transição.

A ocorrência da conversão de áreas de extração seletiva de madeira em área degradada pode indicar inconsistência nos dados produzidos pelo DETEX, uma vez que o mapeamento realizado por este sistema é baseado na identificação de padrões no dossel florestal que indiquem exploração sob plano de manejo, como pátios de estocagem e trilhas de arraste regularmente espaçados. Uma vez que a floresta esteja sendo explorada sob plano de manejo, espera-se que dentro do horizonte de tempo analisado (2009 a 2015) as áreas de exploração seletiva não sejam ou não se convertam em áreas degradadas. Contudo, a ocorrência de exploração de madeira de maneira ilegal podem ser mapeada pelo sistema DETEX se esta exploração ocorrer seguindo os mesmos padrões espaciais que ocorrem em exploração sob plano de manejo, pois não há como fazer diferenciação entre sistemas sustentáveis e predatórios utilizando técnicas de classificação baseadas em padrões na imagem.

Ainda assim, a conversão de áreas mapeadas pelo DETEX em áreas de degradação na área de estudo no Pará pode ser reflexo da dinâmica acelerada de mudança de uso e cobertura da região atualmente, onde áreas de exploração florestal cedem rapidamente lugar aos sistemas de produção, tais como pecuária prioritariamente e agricultura. Segundo Pinheiro e Escada (2015), em estudos de análise multitemporal da degradação florestal na região, cerca de 47% das mudanças de cobertura da terra observadas ocorrem devido ao rápido desmatamento, ou seja, a conversão da floresta no período de até 1 ano em corte raso; e 50% ocorrem devido ao processo de degradação florestal. Em contrapartida, a porcentagem de conversão de áreas de extração seletiva em degradação na região de Sinop foi muito inferior ao observado na região de Novo Progresso, o que reflete o maior número de planos de manejo autorizados e maior nível de capacitação em técnicas de manejo florestal desta região (MONTEIRO e SOUZA, 2012), uma vez que áreas exploradas sob plano de manejo não apresentam o padrão de degradação florestal mapeado pelo sistema DEGRAD.

O segundo caso mais expressivo de conversão de áreas de extração seletiva em degradação para a área de estudo no Pará foi após 4 anos, em que cerca de 1,3% de área de extração seletiva se transformaram em degradação. Estudos realizados por Asner et al. (2006), observaram que 36% das florestas degradadas no estado do Pará foram convertidas em corte raso em um prazo de 4 anos o que corrobora com os dados encontrados no estudo. No período de 5 anos, cerca de 0,81% da área de exploração seletiva se converteram em degradação. Para a área de estudo em Mato Grosso a conversão de áreas de exploração seletiva em degradação em períodos de tempo

superiores a 1 ano após o mapeamento pelo DETEX são muito pequenas, representando menos de 1% da área total mapeada pelo DETEX.

5. CONCLUSÃO

A combinação de dados DEGRAD, DETEX e focos de calor pode ser usada para fornecerem informações a respeito da ocorrência e dinâmica de degradação e exploração dos recursos florestais na região amazônica.

A ocorrência de focos de calor é um dos fatores que intensificam o processo de degradação da floresta, evidenciados aqui pelos dados do sistema DEGRAD, enquanto a ausência de relação entre os dados de focos de calor e as áreas mapeadas pelo sistema DETEX evidenciam que este sistema está de fato mapeando áreas onde a exploração madeireira é o principal fator de alteração na floresta.

Foram identificadas inconsistências nos dados produzidos pelo sistema DETEX que indicam possível detecção de exploração seletiva sem plano de manejo florestal. Recomenda-se análises mais aprofundadas para identificar a origem destas inconsistências.

Através dos resultados obtidos para as duas regiões de análise, o conhecimento do contexto de exploração dos recursos naturais em cada região mostrou-se essencial para a análise da degradação, pois estão intrinsecamente relacionados com a dinâmica de uso e ocupação.

6. BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Grupo de Trabalho Interministerial. Casa Civil da Presidência da República. Plano de desenvolvimento Regional Sustentável para a Área de Influência da Rodovia BR-163 Cuiabá/Santarém. Brasília, 2005. 142 p.

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. Disponível em: <www.dpi.inpe.br> Acesso em maio/2017.

CANO-CRESPO, A.; OLIVEIRA, P.J.C.; CARDOSO, M.; THONICKE, K. Tropical forest degradation in the Brazilian Amazon: relation to fire and land-use change. *Advances in forest fire research*. Cap. 5, p. 1582-1591, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estatística sobre município de Sinop, Mato Grosso. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510790&search=mato-grosso|sinop>>. Acesso em: maio/2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. 2015. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: maio/2017.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). DEGRAD: Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Brasileira. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/degrad/>> Acesso em: maio/2017.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. Disponível em <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: maio/2017.

LACERDA-FILHO, Joffre (Ed.). Geologia e recursos minerais do Estado De Mato Grosso. Goiânia: Serviço Geológico do Brasil, 2004. 252 p. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_mato_grosso.pdf>. Acesso em: maio/2017.

MACUL, M. DE S. Análise exploratória da degradação florestal na região de Paragominas (PA) – os sistemas degrad, detex e focos de calor. 16p. No prelo.

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.

MONTEIRO, A.; SOUZA, C. Remote monitoring for forest management in the Brazilian Amazon. *Sustainable Forest Management – Current Research*, [s.l.], p.67-86, 2012.

PEARSON, T.R.H.; BROWN, S.; CASARIM, F.M. Carbon emissions from tropical forest degradation caused by logging. *Environmental Research Letters*, v. 9, n. 3, p. 034017, 2014.

PINHEIRO, T. F.; ESCADA, M. I. S. E. Detecção e Classificação de padrões da Degradação Florestal na Amazônia por meio de banco de dados celular. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto–SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil 13.

SABOGAL, C. et al. Manejo empresarial na Amazônia brasileira: restrições e oportunidades. Belém: Cifor, 2006. 74 p. Center for International Forestry Research.

SHIMABUKURO, Y.E.; BEUCHLE, R.; GRECCHI, R.C.; ACHARD, F. Assessment of forest degradation in Brazilian Amazon due to selective logging and fires using time series of fraction images derived from Landsat ETM+ images. *Remote sensing letters*, v. 5, n. 9, p. 773-782, 2014.

VIEIRA, S. et al. Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rain forests. *Oecologia*, [s.l.], v. 140, n. 3, p.468-479, 17 jun. 2004. Springer Science + Business Media.

VASQUEZ, M. (Ed.). Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará. Belém: Serviço Geológico do Brasil, 2008. 328 p. Disponível em: . Acesso em: maio/2015.