

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NIDOVAL RODRIGUES SILVA JUNIOR

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO ÂMBITO DO
LICENCIAMENTO DE PLANO DE MANEJO FLORESTAL MADEIREIRO
NO ESTADO DE MATO GROSSO

CURITIBA
2016

NIDOVAL RODRIGUES SILVA JUNIOR

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO ÂMBITO DO
LICENCIAMENTO DE PLANO DE MANEJO FLORESTAL MADEIREIRO
NO ESTADO DE MATO GROSSO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Manejo Florestal de Precisão, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientadora: Prof. Dr^a. Ana Paula Dalla Corte

CURITIBA
2016

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO ÂMBITO DO LICENCIAMENTO DE PLANO DE MANEJO FLORESTAL MADEIREIRO NO ESTADO DE MATO GROSSO

Nidoval Rodrigues Silva Junior, Bacharel em Engenharia Florestal,
Especialista, Universidade Federal do Paraná – UFPR -
<http://www.manejoflorestal.ufpr.br/>.

RESUMO

O Brasil possui significativa parte de seu território coberto por vegetação nativa, assegurado por instrumentos legais que confere à todos a floresta como um bem de uso comum e delega ao estado a obrigação de regulamentar e licenciar qualquer atividade neste meio. Diferentemente de áreas intactas, às áreas com intervenções sejam elas por fogo ou exploração seletiva, são impostas algumas restrições de pousio e obrigações de cumprimento de reposição florestal. O objetivo do estudo foi avaliar a dinâmica da vegetação florestal entre os anos de 2008 a 2015 para uma área de 7.259,07 ha localizada no município de Juara - MT. A área de estudo foi delimitada de forma aleatória, de maneira que interceptasse áreas autorizadas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA/MT. No estudo utilizou-se imagens dos satélites Landsat 5 e 8 e do satélite IRS-P6, processadas através da técnica do cálculo de Índice Normalizado de Diferença de Fração (NDFI) e disponíveis na base de dados da SEMA/MT. Dentro da área de estudo verificou-se que todas as autorizações tiveram sua efetiva exploração dentro do período de validade. Realizou-se caracterizações das explorações avaliando a disposição da infraestrutura, o respeito aos limites das áreas de preservação permanente e detecção de áreas exploradas sem autorização do órgão ambiental. Neste contexto, verificou-se a importância do sensoriamento remoto para gestão dos planos de manejo florestal madeireiro no estado de Mato Grosso.

Palavras-Chave: Índice de vegetação, Exploração seletiva, Licenciamento ambiental, Manejo florestal madeireiro, Amazônia legal.

ABSTRACT

TECHNIQUES OF REMOTE MONITORING IN THE CONTEXT OF THE LICENSING MANAGEMENT FOREST PLAIN OF WOODS BUSINES IN MATO GROSSO STATE

Brazil has much of its territory covered by native vegetation, insured by legal instrument that gives everyone the forest as a common use and delegates to the state the obligation to regulatory laws and license any activity in this area. Perhaps for areas with intervention whether by fire or selective exploration, but, there are imposed some restrictions to fallow and obligations for reforestation, which are not imposed on intact areas. The objective of the study is to evaluate the dynamics of forest vegetation between the years 2008 to 2015 to an area of 7259.07 ha located in Juara city (MT). The study area was defined randomly so that intercepting areas authorized by the Secretary of State for the Environment - SEMA / MT. In the study used satellite images Landsat 5 and 8 and the IRS-P6 satellite, processed with technical normalized vegetation index calculation (NDFI) and available based on Environment Secretary – SEMA-MT. Within the study area it was found that all authorization license had their effective exploitation within the valid period. It where characterized by evaluating the provision of infrastructure for the exploration, respect the limits of the areas of permanent preservation and detection areas explored without authorization by the environmental agency. In this context, there was the importance of remote monitoring for management of forest license plans for woods business in the Mato Grosso State.

Keywords: Vegetation index, Selective logging, Environmental licensing, Timber forest management, Legal amazon.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo Geral.....	3
1.1.2. Objetivos Específicos	4
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
2.1. Caracterização da Área de Estudo	4
2.2. Obtenção dos Dados.....	5
2.3. Processamento digital das imagens.....	6
2.3.1. Pré – Processamento	6
2.3.1.1. Calibração Radiométrica	6
2.3.1.2. Calibração Atmosférica	6
2.3.1.3. Correção Geométrica.....	7
2.3.2. Processamento.....	7
2.3.2.1. Modelo de Mistura Espectral.....	7
2.3.2.2. Cálculo do NDFI.....	7
2.4. Delimitação das Áreas Exploradas	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
4. CONCLUSÕES	18
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o segundo lugar no mundo em termos de cobertura florestal nativa. Cerca de 494 milhões de hectares cobrem 59% de seu território, perdendo apenas para a Rússia, que possui 815 milhões de hectares, porém em percentual menor onde cerca de 49,8% de seu território é coberto por floresta nativa (PAINEL FLORESTAL, 2016).

De acordo com o Art. 225 da constituição federal, todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, o qual é um bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida (BRASIL, 1988). Cabe ao Poder Público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações, sendo possível permitir alterações ou supressão somente através de lei, vedando utilizações que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção.

Legislações regulamentam a atividade de Manejo Florestal Sustentável Madeireiro no Brasil, especialmente na Amazônia Legal onde o potencial para esta atividade é alto (RADAM BRASIL, 1980). Nesta região está localizado o estado de Mato Grosso, que representa boa parte de seu território e tem na atividade madeireira representação expressiva de sua economia.

De acordo com a Instrução Normativa nº 005, de 02/07/2014, que estabelece roteiros específicos para Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS no estado de Mato Grosso, em áreas onde ocorreram intervenções, sejam elas por exploração seletiva ou por fogo, são impostas algumas restrições à aprovação de projetos quando comparada a uma área intacta (MATO GROSSO, 2014). Ao final de cada exploração, também é necessário ser apresentado junto ao órgão licenciador relatórios baseados nas imagens de satélite que demonstre a efetivação da exploração.

Desta forma, passa a existir a necessidade de elaboração de dinâmicas de desmate das propriedades antes de submeter o projeto à avaliação do órgão ambiental, bem como após executada a atividade já autorizada. O órgão ambiental passa a ter a necessidade de conferir esta peça técnica, convalidando as informações presentes nos relatórios. No âmbito do monitoramento dos Planos de Manejo, que é obrigação do órgão ambiental de exercê-la, não existem

equipes suficientemente capazes de acompanhar todos os projetos do Estado a campo.

A atividade de Manejo Florestal Sustentável tem como princípio a preservação dos recursos naturais, em especial o recurso florestal que deverá estar disponível no futuro. De acordo com Nunes et al., (2011) vários sensores remotos possibilitam aplicações de técnicas de processamento digital, as quais os tornam ferramentas ideais na gestão de recursos naturais de ecossistemas tropicais. Assim como o recurso florestal os sensores orbitais, sub-orbitais e os algoritmos capazes de traduzir as informações colhidas pelos equipamentos, representam uma área a ser explorada cientificamente, tendo em vista sua potencialidade positiva de classificar a cobertura vegetal (GRAÇA et al., 2005).

O sensor orbital tem a função de capturar a informação emitida pela superfície terrestre e a grande maioria possibilita gerar diversos subprodutos através de transformações matemáticas (MENESES e ALMEIDA, 2012; NUNES et al., 2011). Operações matemáticas consistem em um dos segmentos de grande importância para o processamento digital de imagens, sobre o qual sempre se busca melhorias nas qualidades espectrais e espaciais e que sejam apropriadas para uma determinada aplicação (MENESES e ALMEIDA, 2012).

As diferentes técnicas de pós-processamento possuem seus objetivos pré-definidos, cujo intuito é destacar informações específicas que dificilmente são vistas quando analisado uma imagem original. Neste contexto, para o estudo da vegetação, destaca-se o uso dos índices de vegetação, juntamente com o modelo de mistura espectral (NUNES et al., 2011), os quais classificam a cobertura do solo quanto aos níveis de degradação (ADAMS et al. 1995, *apud* SOFAN et al., 2016). Atualmente a Secretaria de Estado de Meio Ambiente - (SEMA/MT) utiliza o NDFI (Índice Normalizado de Diferença de Fração) como principal ferramenta no processamento de imagens usadas no monitoramento da dinâmica da vegetação ao longo dos anos, daí as motivações do seu uso neste trabalho.

Em casos onde há exploração seletiva, a Instrução Normativa nº 005, de 02/07/2014 exige que no momento do inventário todos os tocos remanescentes sejam identificados por meio de plaqueteamento e localização geográfica (MATO GROSSO, 2014). Desta forma, caso a dinâmica não identifique a exploração de baixo impacto, o serviço *in loco* tem a função de complementar esta informação.

Somado a isto, existe também a obrigação de verificar a necessidade ou não de autuação pelo ilícito, tendo em vista a previsão de prescrição em 5 anos do crime ambiental, de acordo com o Art. nº 21 do Decreto 6.514, de 22/07/2008 (BRASIL, 2008). Diante disso, destaca-se a importância da análise temporal das imagens de satélite utilizadas no estudo para a determinação do ano em que ocorreu o ilícito.

A reposição florestal também depende da escala temporal, visto que sua cobrança passou a existir a partir da publicação da Lei complementar nº 233 de 21/12/2005 (MATO GROSSO, 2005). O inventário dos tocos remanescentes é importante em função da necessidade de avaliar a possível recomposição volumétrica da floresta, bem como a quantificação do volume a ser restituído por meio da reposição florestal. Para avaliar esta recomposição é calculado o volume médio de cada indivíduo atualmente apto para corte e multiplicado pelo número total de tocos, estimando assim o volume ora extraído. A partir deste volume estimado é verificada a recomposição volumétrica baseando no incremento periódico anual de $0,86 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, valor instituído pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 406, de 06/02/2009 (BRASIL, 2009). Caso o tempo decorrido da exploração não tenha sido suficiente para a recomposição volumétrica, o projeto é sobrestado até a data estimada para efetivar a recomposição.

Estudos indicam que o uso de imagens de satélite é considerado uma ferramenta viável no monitoramento dos impactos causados pela exploração florestal na Amazônia (PERES et al., 2006; ASNER et al., 2009; ESCADA et al., 2011; MONTEIRO et al., 2011). Diante deste contexto, considerando as dimensões do estado de Mato Grosso, a necessidade de avaliações anuais dos projetos objeto de licenciamento, bem como a obrigação de monitorar os planos já autorizados e executados, o sensoriamento remoto pode ser uma ferramenta importante no desenvolvimento desta tarefa.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar a dinâmica da vegetação florestal ao longo de 8 anos (2008-2015) por meio de imagens de satélites, utilizando técnicas de cálculo de índice de vegetação.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar os cálculos do modelo linear de mistura espectral e dos índices de vegetação NDFI (Índice Normalizado de Diferença de Fração) para os anos 2008 a 2015;
- Avaliar a dinâmica da vegetação florestal pela diferença entre as imagens geradas pelo modelo linear de mistura espectral e índices de vegetação NDFI; e
- Quantificar as mudanças na vegetação florestal ocorridas no período de 8 anos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado em uma área de 7.259,07 ha, nos limites do município de Juara – MT, no sudoeste da Amazônia Legal (Long.: 57°27'53,634"W e Lat.: 11°40'38,109"S), dentro do perímetro da Folha SC 21 JURUENA objeto de estudo no Projeto Radam Brasil (Figura 01). Localiza-se na Bacia Hidrográfica Amazônica, que é a principal da região, e está entre as sub-bacias dos rios Teles Pires e Juruena, à margem esquerda do rio Arinos, um dos principais afluentes do Rio Juruena. O clima é do tipo Tropical com 3 a 5 meses secos. A precipitação média anual é de 2.750 mm de chuva diminuindo para o Sul e Leste para 1.800 mm. A área do estudo é coberta por Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa Aluvial, ambas de dossel emergente (RADAM BRASIL, 1980).

A maior porção da área do estudo é coberta pela Floresta Estacional Semidecidual, onde as estações climáticas são bem definidas, chuvosa e seca e

o termo Semidecidual se refere à metade dos indivíduos perderem a folhagem em épocas desfavoráveis (BORGES et al., 2014).

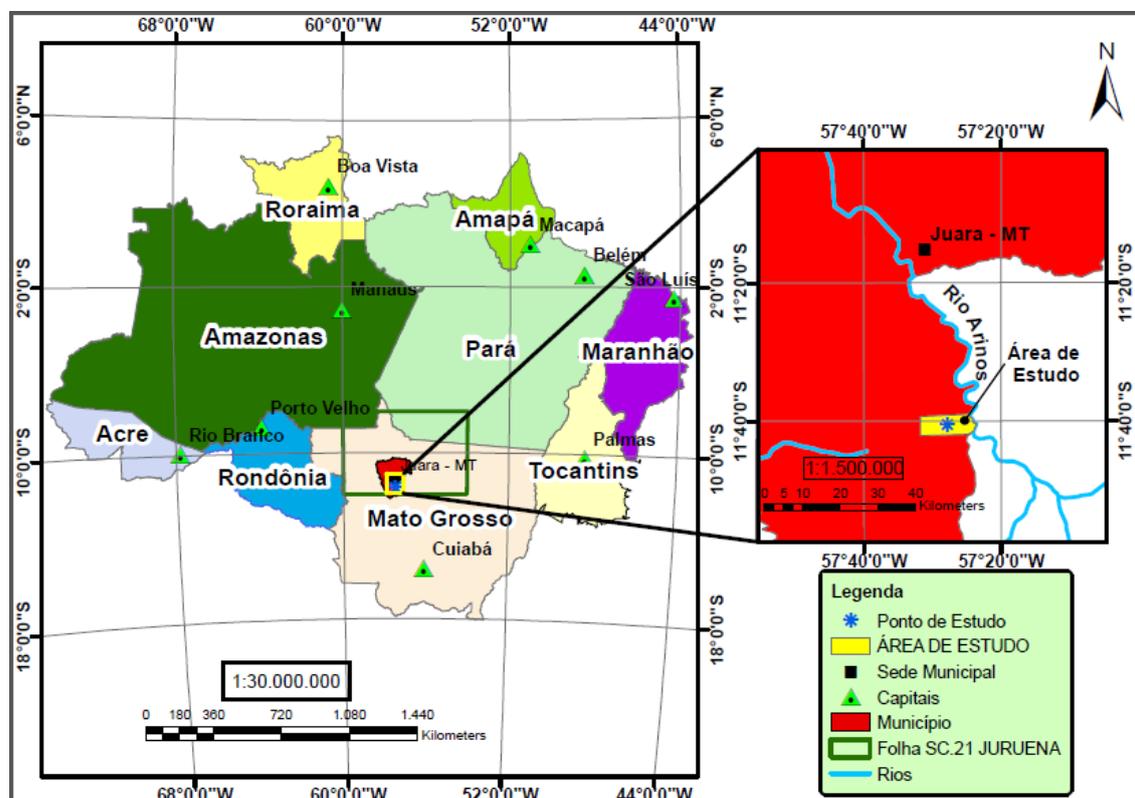


Figura 01: Localização da área de estudo em relação aos estados da Amazônia Legal.

2.2. Obtenção dos Dados

As imagens orbitais utilizadas no estudo estão armazenadas no banco de dados da Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso – (SEMA/MT) e foram obtidas através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e no site da *Science for a Changing World* (USGS).

O estudo realizado compreendeu o período de 2008 a 2015, utilizando uma imagem por ano e referente aos meses de julho e setembro, atingindo assim o período de estiagem.

A maioria das imagens foram obtidas a partir dos Sensores dos satélites Landsat 5 e 8 (órbita 228 e ponto 068). Devido a falta de imagens dos satélites Landsat 5 e 7 a partir de novembro de 2011 e a inoperância à época do satélite Landsat 8, a imagem do ano de 2012 foi obtida a partir do sensor LISS3 do satélite IRS-P6 (órbita 318 e ponto 85).

A área de estudo foi demarcada aleatoriamente de forma que interceptasse áreas já autorizadas pela SEMA/MT. Através do banco de dados da secretaria foram consultados os polígonos das Unidades de Produção Anual (UPA's) interceptados, os quais delimitam as áreas autorizadas.

2.3. Processamento digital das imagens

2.3.1. Pré – Processamento

No momento da captura de dados pelos sensores para a formação da base dados de uma imagem de satélite, erros e distorções são passíveis de ocorrer. O pré-processamento possui principal função de remover ou corrigir os erros e as distorções introduzidos nas imagens devido a erros instrumentais, às interferências da atmosfera e à geometria de imageamento (MENESES e ALMEIDA, 2012). Após o download das imagens nos sites do INPE e USGS, realizou-se o pré-processamento das mesmas, por meio de calibração radiométrica no software ImgTools e as correções atmosférica e geométrica por meio do software ENVI 4.7.

2.3.1.1. Calibração Radiométrica

A calibração radiométrica tem por objetivo corrigir erros introduzidos pelo próprio sensor e ou pelo ambiente, a qual foi realizada utilizando-se o Software ImgTools 1.0.

2.3.1.2. Calibração Atmosférica

A calibração atmosférica se faz necessária tendo em vista a atmosfera atuar como um refletor, adicionando uma radiância extra ao sinal que é detectado pelo sensor e ao mesmo tempo atuar como absorvedor por atenuar a intensidade de energia que ilumina um alvo na superfície. Por fim a correção atmosférica converte os valores de radiância em valores de reflectância (BAPTISTA et al., 2001).

Assim como Dias (2014) e Baptista et al. (2001), utilizou-se como ferramenta para realizar esta atividade o algoritmo *Fast Line-of-sight Atmospheric of Spectral Hypercubes* (FLAASH), presente no programa ENVI 4.7, o qual usa o modelo de transferência radiativa *Moderate Resolution Atmospheric Radiance and Transmittance Model* (MODTRAM). Os parâmetros regionais de cada cena, tais como, coordenada e altitude do terreno no centro da cena, elevação do sol, data e horário de aquisição, altitude do sensor e modelo atmosférico utilizado, compõem a base de dados utilizada no processamento.

2.3.1.3. Correção Geométrica

Como referência de posicionamento e registros das imagens do estudo foram utilizadas as imagens do sensor OLI do satélite Landsat-8, as quais já são disponibilizadas no catálogo de imagens do INPE ortorretificadas. Também foram utilizadas imagens do sensor HRV do satélite Spot, as quais estão presentes no Banco de Dados da SEMA/MT. Como pontos de controle (*Ground Control Points - GCP's*) foram utilizados alvos comuns, tais como rios, ilhas, curvas de estradas, áreas antropizadas, entre outros.

2.3.2. Processamento

2.3.2.1. Modelo de Mistura Espectral

Por meio do programa *ImgTools 1.0*, a segunda etapa de processamento se baseou no modelo de mistura espectral, onde os dados de reflectância de cada pixel são decompostos nas frações de sombra, solos, vegetação (VEG) e vegetação fotossinteticamente não ativa (NPV) a partir de uma análise de mistura espectral. Estes quatro tipos de constituintes puros (*endmembers*) são esperados em ambientes florestais degradados na Amazônia (SOUZA Jr. et al, 2005).

2.3.2.2. Cálculo do NDFI

O índice NDFI é calculado por meio da Equação 1, através das imagens fração geradas a partir do modelo de mistura espectral. O valor do NDFI representa o grau de degradação da floresta, sendo que sua variação está entre -1 e 1. Quanto mais próximo de -1, maior a degradação da floresta. Quanto mais próximo de 01, menor a degradação da floresta (MONTEIRO, 2011). Diante desta variação gradual o NDFI possibilita a avaliar a floresta desde o nível de intacta, passando pelos níveis intermediários de perturbação até o desmate a corte raso (ESCADA et al., 2011).

$$NDFI = \frac{VEG_{norm} - \underbrace{(NPV + Solos)}_{\sim}}{VEG_{norm} + \underbrace{(NPV + Solos)}_{\sim}} \quad (1)$$

Onde VEG_{norm} é a fração de vegetação normalizada para sombra, (Equação 2).

$$VEG_{norm} = \frac{VEG}{1 - Sombra} \quad (2)$$

2.4. Delimitação das Áreas Exploradas

Utilizou-se como referência os polígonos das UPA's autorizadas pelo órgão ambiental, sobre os quais, através do software ArcGis 10.1, foi feita uma análise visual detectando as áreas exploradas com ou sem autorização. Como base utilizou - se imagem do ano anterior à validade da autorização com imagem do período de vigência da mesma, sobre as quais se detectou a diferenciação na resposta espectral pelos índices de vegetação (Figuras 3 a 5).

Além disso, foram delimitadas as áreas de preservação permanente visualizando a imagem na composição colorida e também confrontando com dados SRTM presentes na base de dados da SEMA/MT.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área demarcada para o estudo possui 7.259,0673 hectares no total (Figura 2). Verificou-se que 1.040,51 ha já haviam sido abertos a corte raso. Com a identificação e vetorização dos rios, nascentes e áreas úmidas, totalizaram 614,27 ha de Área de Preservação Permanente (APP). Identificou-se um total de 1.205,45 ha de área autorizada à exploração, os quais estão separados em 04 polígonos de Unidade de Produção Anual (UPA) (Figura 2). Como exploração seletiva identificou-se 161,89 ha (Figura 3 de A a D), sem autorização no ano de 2009. Como área sem detecção de intervenções, por não apresentar indícios de ocorrência de fogo ou exploração seletiva para os anos do estudo, foi identificado 4.236,95 ha. Todas as informações podem ser verificadas na Tabela 1.

Tabela 1: Quantificação das áreas que caracterizam a área de estudo entre os de 2008 à 2015.

Descrição	Área (ha)	(%)
Área já aberta	1.040,51	14,33
APP*	614,27	8,46
UPA**	1.205,45	16,61
Exploração Seletiva	161,89	2,23
Área sem detecção de intervenções***	4.236,95	58,37
Área do Estudo	7.259,07	100

*Área de Preservação Permanente.

**Unidade de Produção Anual.

***Período avaliado entre os anos de 2008 a 2015.

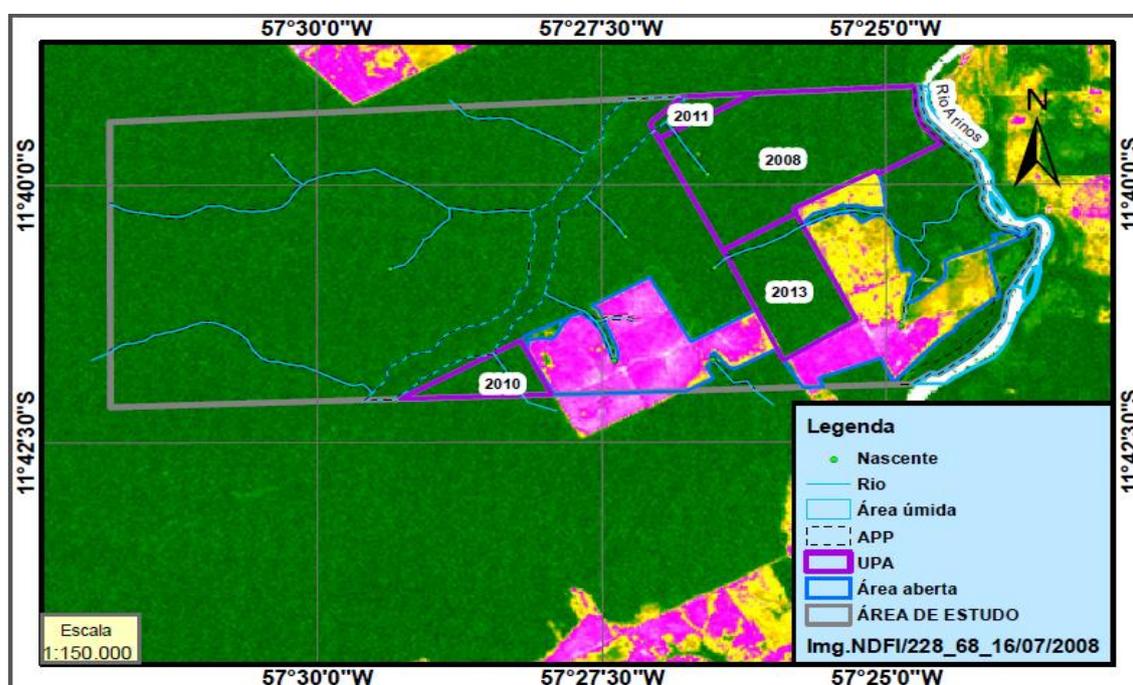


Figura 2: Perímetro com caracterização geral da área de estudo.

APP – Área de Preservação Permanente; UPA – Unidade de Produção Anual.

A descrição do ano, período de validade e área das autorizações presentes no Banco de Dados da SEMA/MT, interceptadas pela área de estudo (Figura 2), estão presentes no Tabela 2.

Tabela 2: Relação de autorizações para Manejo Florestal interceptada pela área de estudo com suas respectivas datas de validade e área.

Ano	Início da validade	Fim da validade	Área (ha)
2008	19/11/2008	18/11/2013	742,9224
2010	22/11/2010	21/01/2012	119,4931
2011	08/08/2011	06/10/2012	52,16146
2013	28/08/2013	28/10/2014	290,8774
Total			1.205,454

Monteiro et al. (2011) em um estudo de avaliação de Planos de Manejo Florestal na Amazônia, verificaram eficácia no uso de imagens do satélite Landsat, processadas com a técnica do NDFI cruzando – as com informações dos sistemas de controle florestal dos estados de Mato Grosso e Pará. O estudo avaliou desde a autorização ou não pelo órgão ambiental até a qualidade dos Planos de Manejo, verificando o respeito aos limites geográficos das autorizações, bem como a situação das florestas em períodos pré e pós-exploração. Além das informações adquiridas pelas imagens e pelos sistemas de controle, o estudo foi validado com checagem a campo dos critérios relacionados ao planejamento e execução das atividades do Manejo Florestal.

Em campo foram verificadas as dimensões das infraestruturas e clareiras por meio de fotos hemisféricas obtidas por câmera digital acoplada a uma lente “olho de peixe”, técnica esta já empregada por Monteiro e Souza Jr. (2011). O estudo também contou com outras informações extremamente importantes para o órgão gestor que foram as explorações em áreas não autorizadas, áreas com ausência de sinais de exploração, porém com comercialização confirmada do volume autorizado, áreas exploradas ou desmatadas antes ou além do período autorizado e em alguns casos sobre áreas protegidas. Ao final indicam a adoção deste método para os órgãos ambientais.

Aplicando o modelo linear de mistura espectral em imagens do satélite Landsat, Monteiro (2005) gerou imagens de abundância de vegetação, solo e vegetação não fotossinteticamente ativa (NPV), nas quais, estudando cada pixel foi possível quantificar a sua representatividade de cada um destes componentes.

Na região de Sinop – MT, município localizado na Amônia Legal, Souza Jr. et al. (2005) constataram que imagens NDFI se mostraram eficientes na detecção de intervenções de exploração quando utilizados maquinários para o arraste de madeira. Apesar disso, as imagens não se mostram eficientes em separar floresta intacta de floresta sob exploração não mecanizada, como por exemplo, extração seletiva da espécie Mogno (*Swietenia macrophylla*, Duche).

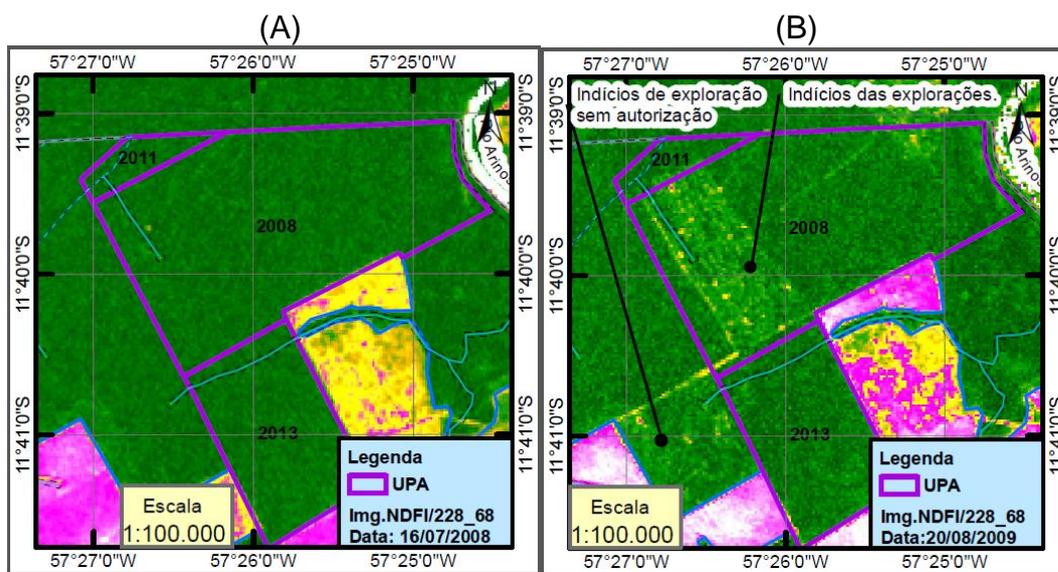


Figura 3 – Comparação da resposta espectral da imagem NDFI do ano de 2008 (A) e 2009 (B), tomando como referência a autorização do ano de 2008.

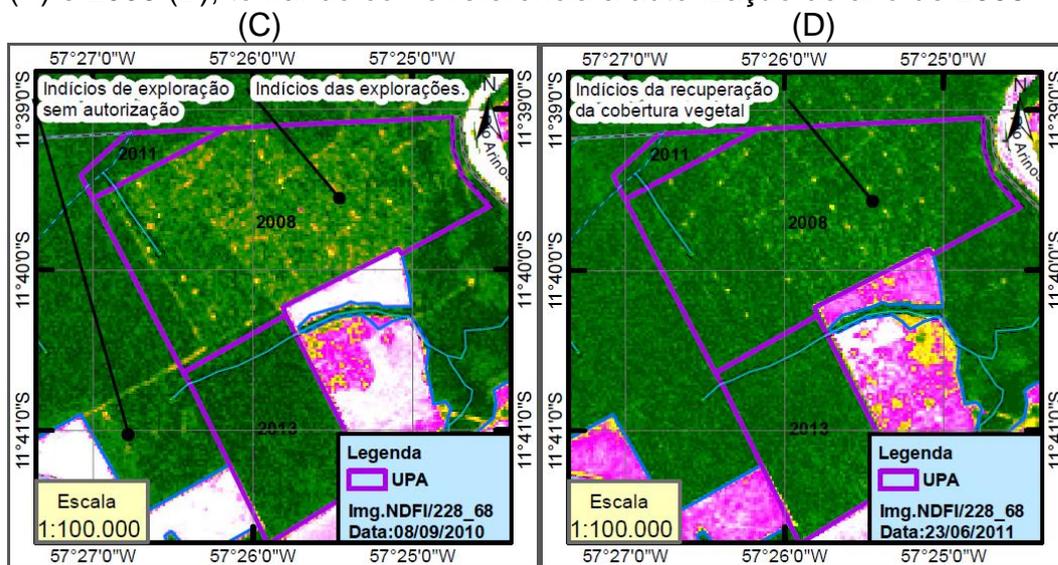


Figura 4 – Comparação da resposta espectral da imagem NDFI do ano de 2010 (C) e 2011 (D), tomando como referência a autorização do ano de 2008.

De acordo com Tabela 2, a autorização do ano de 2008 teve sua validade até 18/11/2013. Nas Figuras 3 de A a D, observou-se que a exploração ocorreu dentro do período de validade da Autorização para Exploração Florestal (Autex).

Em 2008 observou-se uma resposta espectral intensa, indicando a cobertura total pela vegetação e em 2009 é possível visualizar as primeiras diferenciações, indicando o início das explorações. No ano de 2010 observou-se que toda a área já havia sido interceptada e em 2011 a área voltou a apresentar resposta espectral intensa, indicando a recomposição da cobertura vegetal, restando ainda cicatrizes das estradas e pátios de estocagem.

Monteiro et al. (2011) avaliaram em seu estudo que manejo florestal de boa qualidade apresenta configuração de estradas, pátios e clareiras de forma planejada. Ficam visíveis na imagem após a exploração somente os pátios de estocagem (pontos amarelos), as estradas (linhas em verde claro) e as clareiras, fruto da derrubada das árvores, são percebidas apenas em pequenas variações de verde no meio da floresta. Já o manejo de qualidade intermediária ou baixa apresentam grandes aberturas devido a construção das infraestruturas, traduzidas pela imagem em grandes áreas com tonalidade indo do verde claro ao amarelo.

Esta distinção foi bem classificada no estudo de Souza Jr. (2007), sendo a exploração manejada uma classe onde os impactos na floresta não aparecem de forma pronunciada nas imagens de satélite de resolução espacial moderada (20 – 30 m). As áreas onde os impactos são facilmente identificados nas imagens de satélite são classificadas com exploração convencional, na qual a extração madeireira ocorre sem planejamento na construção das infraestruturas.

Vistorias a campo são imprescindíveis para qualificação da execução da exploração em Planos de Manejo. Através da imagem do ano de 2011, é possível observar a configuração planejada da infraestrutura, no entanto entre 2009 e 2011 nota-se uma perturbação generalizada na área indicando que as técnicas de impacto reduzido na exploração foram pouco utilizadas. Este indício promove ao órgão gestor um alerta para monitorar esta área através de vistorias a campo, onde se realiza a conferência dos indicadores de exploração de impacto reduzido.

Destaca-se nas Figuras 3 de A a D, a área identificada com indícios de exploração seletiva, porém sem autorização na Base da SEMA/MT. Esta é uma informação cervical no processo de licenciamento, tendo em vista a possibilidade de identificação dos indícios tanto em quantidade de área como o ano do ocorrido. Estes dados norteiam as providências do estado quanto à atuação pelo

ilícito, da possibilidade ou não de autorizar Plano de Manejo para a área, bem como a cobrança de reposição florestal.

Considerando o ano de 2009 como data do ocorrido, atualmente não caberia o auto de infração, pelo fato de já terem decorrido cinco anos, conforme preconiza o Art. 21 do Decreto 6.514 de 22/07/2008 (BRASIL, 2008). No momento do licenciamento da propriedade a qual pertence a área explorada, a reposição florestal, instituída a pela Lei complementar nº 233 de 21/12/2005 através de seu art. nº 46, deverá ser cumprida, pois esta obrigação não prescreve (MATO GROSSO, 2005).

De acordo com Instrução Normativa nº 005, de 02/07/2014, em um eventual requerimento de Plano de Manejo para esta área, deverá ser apresentado o inventário de 100% dos tocos remanescentes da exploração (MATO GROSSO, 2014). Com este inventário estima-se o volume médio extraído, baseado no volume médio dos indivíduos remanescentes aptos à extração. Verifica-se o tempo de pousio necessário para recomposição volumétrica tomando 0,86 m³/ha/ano como fator de incremento, valor este definido pelo art. 3 da Resolução do CONAMA nº 406, de 02/02/2009 (BRASIL, 2009). Com o volume médio estimado cobra-se a reposição florestal e pelo tempo decorrido verifica-se se já ocorreu recomposição volumétrica, caso o tempo não tenha sido suficiente não se expede a autorização.

Apesar de as legislações permitirem autorizar Planos de Manejo em área já explorada seletivamente sem autorização, desde que atendendo alguns requisitos, Asner et al. (2009) apontam uma visão mais técnica do caso. A exploração ilegal interfere diretamente na ecologia da Floresta, além de realizar a atividade sem recolher impostos ao estado e dispor de mão de obra informal. Maiores informações desta área devem ser monitoradas, visto que a partir da exploração seletiva a floresta passa a ter maior vulnerabilidade à ocorrência de incêndio (ASNER et al., 2009 *apud* NEPSTAD et al., 1999; Gerwing 2002; Souza et al., 2003, 2005). Como agravante esta área conta com áreas de atividade agropecuária em seu entorno, onde é comum o uso de fogo para manutenção e limpeza das mesmas.

Na região Amazônica brasileira, Souza et al. (2005) utilizaram índices de vegetação para mapear a degradação florestal causada por incêndios florestais e

exploração seletiva. Um estudo semelhante também foi realizado por Sofan al., (2016) na indonésia onde compararam o Modelo de Mistura Espectral (SMA) e o NDFI com outro índice amplamente utilizado, o Índice Gavar Normalizado (NBR), bem como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

De acordo com a Figura 4A, nota-se que no momento da aprovação do projeto o polígono da UPA se sobrepunha ao polígono de APP da Área úmida. Observando a imagem do ano de 2012 (Figura 4B), através da resposta espectral, verificou-se que na APP não ocorreram alterações na tonalidade dos *pixels*, indicando que esta área especial foi respeitada durante a exploração.

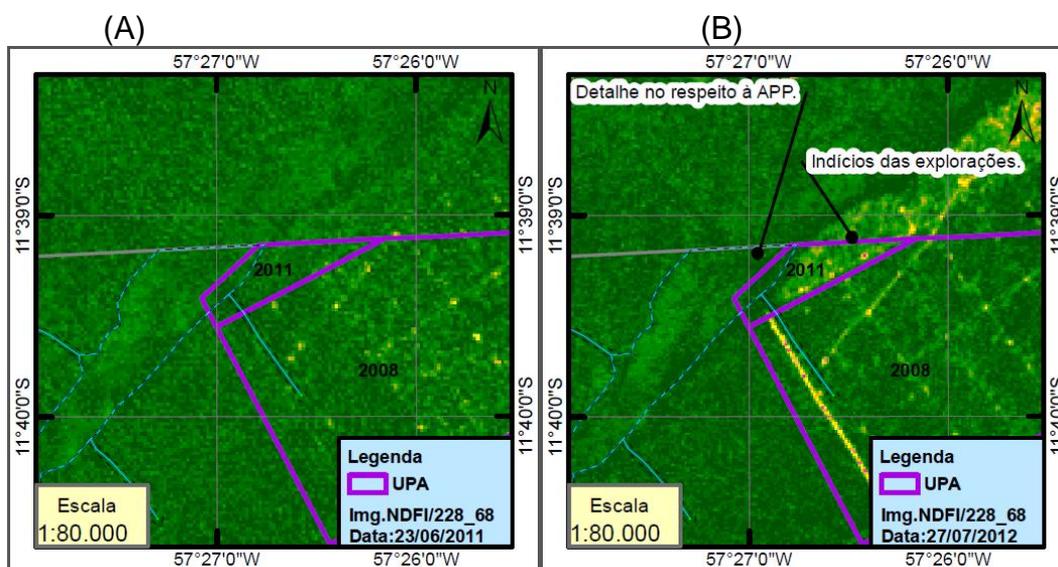


Figura 4 – Comparação da resposta espectral da imagem NDFI do ano de 2011 (A) e 2012 (B), tomando como referência a autorização do ano de 2011.

Assim como a área explorada sob a autorização de 2008, esta exploração apresentou características de perturbação generalizada, sendo assim procedimentos semelhantes ao da UPA 2008 devem ser nela adotados no tocante a vistorias a campo.

Diante das imagens (Figura 5 A a D), constatou-se que as explorações também ocorreram dentro do prazo correspondente à validade das autorizações do ano de 2010 e 2013.

Destaca-se a imagem do ano de 2012 (Figura 5B) por ter sido obtida pelo satélite IRS-P6, o qual possui a bordo o sensor LISS3. Devido a falta de imagens dos satélites Landsat 5 e 7 a partir de novembro de 2011 e a inoperância à época do satélite Landsat 8, Prieto et al. (2013) realizaram estudos de adaptações do

método NDFI à imagens do satélite IRS-P6, sensor LISS3. Este sensor não possui as bandas 1 e 7 como os sensores Landsat, portanto possui menor resolução espectral, no entanto os autores consideraram o sensor LISS3 uma ferramenta viável, pois as imagens processadas permitem a detecção de alvos como estradas, danos no dossel e pequenas clareiras.

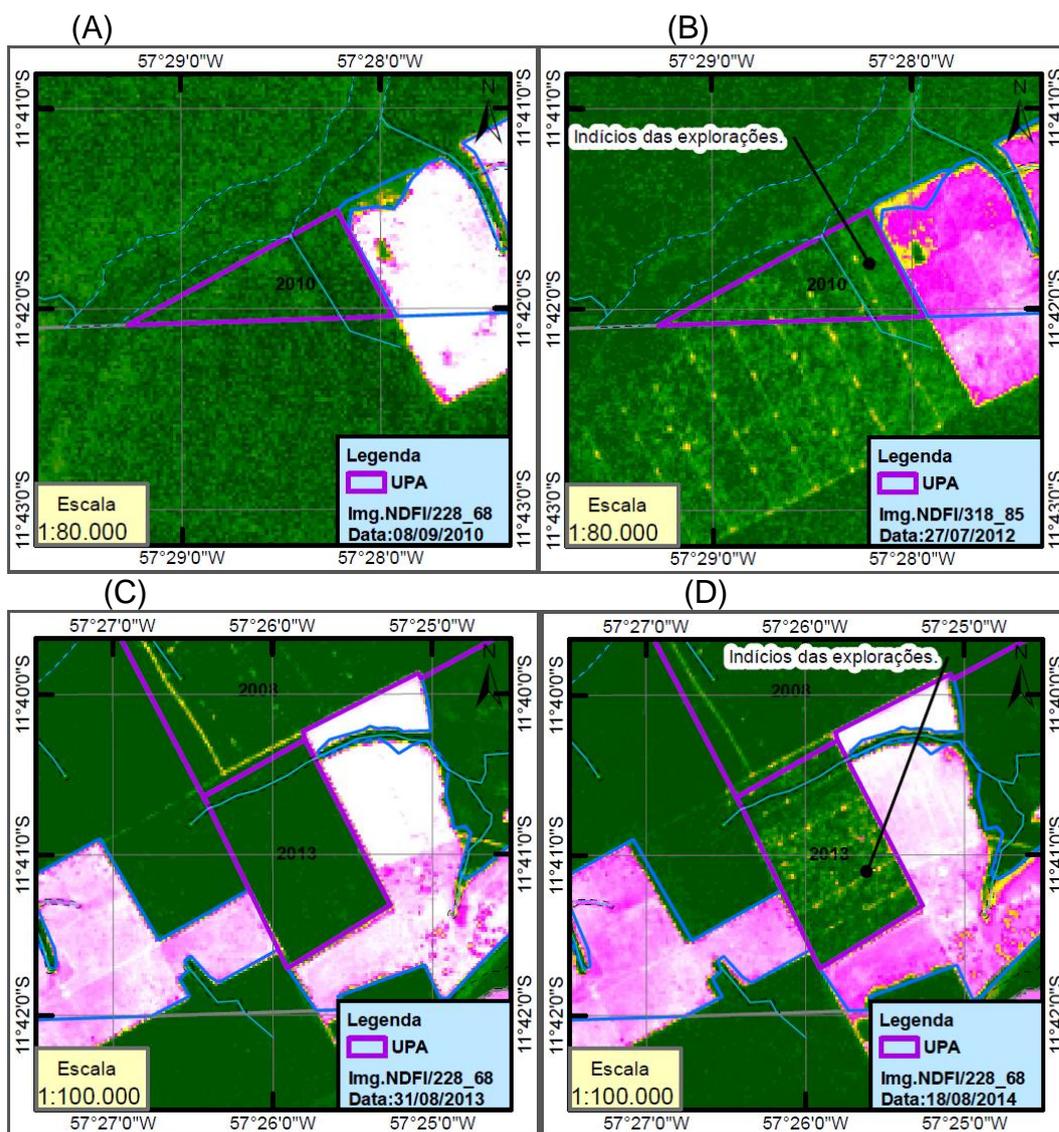


Figura 5 – Comparação da resposta espectral da imagem NDFI do ano de 2010 (A), 2012 (B), 2013 (C) e 2014 (D) tomando como referência as autorizações dos anos de 2010 e 2013.

Tanto na Figura 5B, quanto na D nota-se a construção planejada da infraestrutura. Distribuídos em uma configuração uniforme destacam-se os pátios de estocagem pelas tonalidades mais claras e de forma semelhante também a

distância entre as estradas, girando em torno de 400 metros, atendendo as recomendações dos normativos e configurando uma ação planejada.

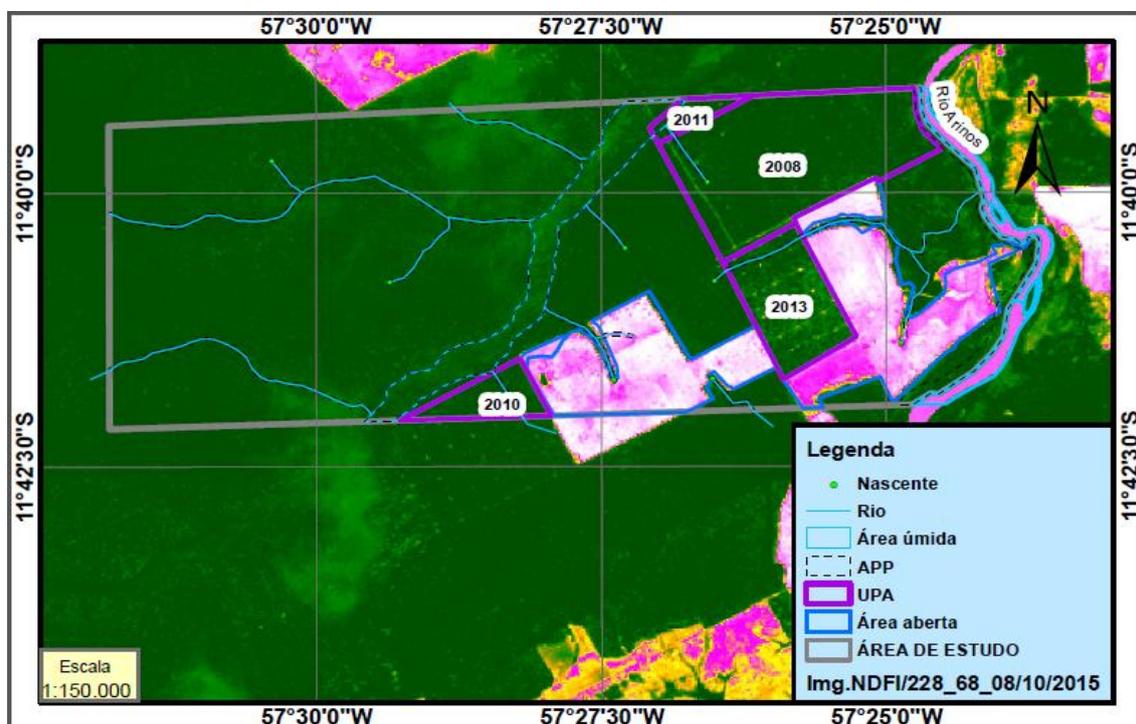


Figura 6 – Perímetro com caracterização geral da área de estudo sobrepondo a imagem NDFI do ano de 2015.

Na Figura 6 novamente é apresentada a caracterização geral da área de estudo, agora com a imagem de 2015 onde se observou a predominância da recomposição da vegetação das áreas exploradas.

Tanto na Figura 2 quanto na 6, foi observado que a área de estudo possui grande representatividade por remanescente de floresta nativa com potencial para novos Planos de Manejo. A baixa densidade de hidrografia somada à topografia plana da área indica a facilidade em planejar a construção de estradas e pátios de estocagem, os quais representam as principais infraestruturas de um Plano de Manejo Madeireiro.

Com exceção da UPA – 2008 todas as autorizações tiveram sua validade efetiva de 12 meses, renováveis por mais 12, como é o caso da UPA – 2013, desde que devidamente justificado, analisado e autorizado pelo órgão ambiental.

Observa-se que o período da autorização compreende 14 meses, no entanto no estado de Mato Grosso é instituído pelo art. 1º da Resolução nº 001, de 01/07/2013 da Câmara Técnica Florestal, o período restritivo que

correspondente aos meses de fevereiro e março, onde não é permitida atividade exploratória dentro da Unidade de Produção Anual devido ao período chuvoso, portanto o período efetivo autorizado a explorar foi de 12 meses (MATO GROSSO, 2013).

Há de se considerar que o presente estudo foi realizado em uma área reduzida quando comparado à área em potencial de Manejo Florestal no estado de Mato Grosso. Considerando esta grande dimensão do Estado, bem como o alto número de projeto a se monitorar, faz-se necessário o uso de ferramentas automatizadas na realização desta tarefa.

A classificação automática possui grande vantagem em agilizar a segmentação das componentes da imagem fração, sendo muito utilizada em estudos de grandes áreas (VASCONCELOS e NOVO, 2004). Como ferramenta primária ela indicaria os locais de maior intensidade de exploração, os quais seriam filtrados e encaminhados para análises mais apuradas, visto que as técnicas de classificação automática demandam de auditoria pós-processamento para correção dos erros. Este procedimento de auditoria já é adotado pelo INPE no Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), conforme cita Escada et al. (2011). Graça et al. (2005), aplicando métodos automatizados de classificação detectaram pátios de estocagem em áreas sob exploração florestal, no entanto recomendam o uso de imagens obtidas em intervalos de no máximo um ano, visto que regeneração da floresta pode comprometer a eficiência dos métodos.

Em um estudo realizado na região do reservatório de Tucuruí - PA, aplicando o modelo linear de mistura espectral Vasconcelos e Novo (2004), segmentaram as componentes vegetação, solo e sombra, onde foi possível coletar amostras e realizar a classificação automática supervisionada. Ao final concluíram que a segmentação das imagens fração do modelo linear de mistura se mostrou eficiente na escolha das melhores amostras de todas as classes para posterior treino do algoritmo classificador.

Souza Jr. (2007) apresenta em seu estudo os avanços do sensoriamento remoto para o monitoramento da exploração madeireira na Amazônia, revisando por meio de comparação os métodos existentes em suas vantagens e desvantagens e discutindo o potencial dos diferentes sensores para este fim. O

melhor custo benefício foi encontrado no uso de sensores de resolução espacial moderada, embora os sensores de alta resolução apresentar maior precisão, a aquisição destas imagens tem custo alto e não há técnicas automáticas desenvolvidas para o processamento deste tipo de dado. Por fim conclui que o sensoriamento remoto será fundamental para o controle das concessões florestais na Amazônia.

4. CONCLUSÕES

- Na área de estudo, para o período de 2008 a 2015, foi possível identificar 14,33% de Área já aberta, 8,46% de APP, 16,61% de área explorada autorizada, 2,23% de área explorada não autorizada e 58,37% de área sem detecção de intervenções;
- Através das imagens processadas pelo NDFI, foi possível observar o período da efetiva exploração, comparando a diferença entre as imagens de cada ano e confrontando com o período de validade da autorização;
- Diante da alta quantidade de processos a serem acompanhados pelo órgão ambiental, o sensoriamento remoto pode atuar como um filtro direcionando o monitoramento para locais que requerem melhor atenção;
- A avaliação da dinâmica da vegetação florestal é uma técnica que ajuda tanto nas fases que antecedem o licenciamento, quanto nas fases posteriores à autorização.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASNER, G. P.; KELLER, M.; LENTINI, M.; MERRY, F.; SOUZA JR. C. **Extração Seletiva de Madeira e Sua Relação com Desmatamento**. Disponível em: https://daac.ornl.gov/LBA/lbaconferencia/amazonia_global_change/3_Extracao_Seletiva_Asner.pdf. Acesso em: 08/11/2016.

BAPTISTA, G. M. DE M.; NETTO, J. DA S. M.; MENESES, P. R. **Análise de métodos de correção atmosférica na determinação do índice espectral RCGB dos solos tropicais por meio dos dados do sensor hiper espectral aviris (Airborne Visible/Infra RedImaging Spectrometer)**. Disponível em: <http://www.geocities.ws/gustavombaptista/pesquisas/pro003.pdf>. Acesso em: 07/11/2016.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 05 de outubro de 1988. Texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais nos 1/1992 a 68/2011, pelo Decreto Legislativo no 186/2008 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/1994 – 35ª Edição. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 191-A, 05 out. 1988. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Decreto nº 6.514, de 22 de Julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 140, 23 jul. 2008. Seção 1, p. 1.

BRASIL. RESOLUÇÃO nº 406 - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, de 02 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável- PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 26, 06 fev. 2009. Seção 1, p. 100.

BORGES, H. B. N.; SILVEIRA, E. A.; VENDRAMIN, L. N. **Flora arbórea de Mato Grosso: tipologias vegetais e suas espécies**. Cuiabá - MT, Entrelinhas, 2014.

DIAS, A. P. **Análise espacial aplicada à delimitação de áreas úmidas da planície de inundação do médio Araguaia**. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT, 2014.

ESCADA, M. I. S.; MAURANO, L. E.; RENNÓ, C. D.; AMARAL, S.; VALERIANO, D. DE M. **Avaliação de dados dos Sistemas de Alerta da Amazônia: DETER e SAD**. Anais XV, In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR. Curitiba-PR, 30 de abril a 05 de maio de 2011. INPE, p. 2934.

GRAÇA, P. M. L. DE A.; SANTOS, J. R. DOS.; SOARES, J. V.; SOUZA, P. E. U DE. **Desenvolvimento metodológico para detecção e mapeamento de áreas florestais sob exploração madeireira: estudo de caso, região norte do Mato Grosso**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 16-21 de abril de 2005. INPE, p. 1555-1562.

MATO GROSSO. Instrução Normativa nº 005, de 02 de julho de 2014. Estabelece roteiros específicos para Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS

Madeireiro. **Diário Oficial do Estado de Mato Grosso**, Cuiabá, MT, n. 26.321, 02 jul. 2014. p. 18.

MATO GROSSO. Lei Complementar nº 233, de 21 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a Política Florestal do Estado de Mato Grosso e da outras providências. **Diário Oficial do Estado de Mato Grosso**, Cuiabá, MT, n. 24.257, 21 dez. 2005. p. 8.

MATO GROSSO. Resolução nº 001 - Câmara Técnica Florestal, de 02 de julho DE 2013. Dispõe sobre o período restritivo de corte, derrubada, arraste e transporte nos planos de manejo florestal com rendimento sustentável (PMFS) aprovados no Bioma Floresta no Estado De Mato Grosso. **Diário Oficial do Estado de Mato Grosso**, Cuiabá, MT, n. 26.078, 03 jul. 2013. p. 26.

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Disponível em: <http://www.inpe.br>. Acesso em: 30/09/2016.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. DE; **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, 2012.

MONTEIRO, A. L. S. **Monitoramento de indicadores de manejo florestal na amazônia legal utilizando sensoriamento remoto**. 2005. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2005.

MONTEIRO, A. L. S.; SOUZA JR, C. M. DE; CRUZ, D. C.; CARDOSO, D. R. **Avaliação de Planos de Manejo Florestal na Amazônia através de imagens de satélites Landsat**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Curitiba-PR, 30 de abril a 05 de maio de 2011. INPE, p. 5615.

NUNES, G. M.; DRESCHER, R.; TYZKA, D. Sensoriamento remoto na análise e caracterização de recursos florestais. **Multitemas**, Campo Grande, 2011, n.39, p.81-109.

PAINEL FLORESTAL - Saiba quais são os dez países com maior cobertura florestal do planeta. Disponível em: <http://www.painelflorestal.com.br/noticias/internacional/saiba-quais-sao-os-dez-paises-com-maior-cobertura-florestal-do-planeta>. Acesso em: 29/10/2016.

PERES, C. A.; BARLOW, J.; LAURANCE, W. F. Detecting anthropogenic disturbance in tropical forests. **Trends in ecology and evolution**. Vol. 21, nº 05, maio de 2016.

PRIETO, J. D.; SOUZA JR, C. M. DE S. **Cálculo do índice NDFI em imagens IRS-P6/LISS3: aplicações na detecção de extração seletiva de madeira na Amazônia**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Foz do Iguaçu - PR, 13 – 18 de abril de 2013. INPE.

RADAM BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL: 1973-1983, Levantamento de Recursos Naturais**. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Rio de Janeiro, 1980. Vol. 20.

SOFAN, P.; VETRITA, Y.; YULIANTO, F.; KHOMARUDIN, M.R. Multi-temporal remote sensing data and spectral indices analysis for detection tropical rainforest degradation: case study in Kapuas Hulu and Sintang districts, West Kalimantan, Indonesia. **Natural Hazards**, v. 80, p.1279-1301, 2016.

SOUZA JR, C. M.; ROBERTS, D. A.; COCHRANE, M.A. **Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires**. Remote Sensing of Environment, Belém, n. 98, p. 329– 343, 2005.

SOUZA JR, C. M. **Avanços do sensoriamento remoto para o monitoramento da exploração madeireira na Amazônia**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis-SC, p. 6987-6994, 21 a 26 de abril de 2007.

SCIENCE FOR A CHANGING WORLD - USGS. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em: 30/09/2016.

VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. DE M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA. **Acta Amazônica**. São José dos Campos-SP, v. 34(3), p. 487 – 493, 2004.