



**Ministério de Ciências, Tecnologia e Inovação
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Mestrado Profissional em Gestão de Áreas Protegidas na Amazônia**

**CARACTERIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO SELETIVA DE MADEIRA NA RESERVA DE
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO JUMA E SUA ZONA DE
AMORTECIMENTO, SUDESTE DO AMAZONAS**

ALINE DOS SANTOS BRITTO

Manaus, Amazonas

Julho, 2015

**Ministério de Ciências, Tecnologia e Inovação
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Mestrado Profissional em Gestão de Áreas Protegidas na Amazônia**

**CARACTERIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO SELETIVA DE MADEIRA NA RESERVA DE
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO JUMA E SUA ZONA DE
AMORTECIMENTO, SUDESTE DO AMAZONAS**

ALINE DOS SANTOS BRITTO

Orientador: Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça, Dr.
Coorientador: Philip Martin Fearnside, PhD.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Gestão de Áreas Protegidas na Amazônia (MPGAP/INPA) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão de Áreas Protegidas na Amazônia.

Manaus, Amazonas

Julho, 2015

COMISSÃO EXAMINADORA DA ARGUIÇÃO PÚBLICA:

Dr. Jochen Schongart – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

(Aprovado)

Dr. José Luis Campana Camargo – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

(Aprovado)

Dra. Rita de Cássia Guimarães Mesquita - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

(Aprovado)

FICHA CATALOGRÁFICA

B862c Britto, Aline dos Santos

Caracterização da extração seletiva de madeira na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma e sua zona de amortecimento, sudeste do Amazonas / Aline dos Santos Britto. --- Manaus: [s.n.], 2015.

xvii, 96 f. : il., color.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2015.

Orientador: Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça.

Coorientador : Philip Martin Fearnside.

Área de concentração: Gestão de Áreas Protegidas.

1.Extração de madeira. 2. Manejo Florestal. 3. Gestão Florestal
4.Unidade de Conservação. I.Título.

CDD 674.8

Sinopse:

Este trabalho buscou descrever a atividade de extração seletiva de madeira em uma unidade de conservação localizada na região sudeste do Estado do Amazonas. Foram utilizadas imagens de satélite RapidEye e Landsat para detecção de sinais de exploração florestal na Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) do Juma e sua zona de amortecimento, assim como para detecção de estradas endógenas na área de estudo, por meio de análise linear de mistura espectral e aplicação de contraste para interpretação visual.

Palavras-chave: produção madeireira, manejo florestal, sensoriamento remoto, estradas endógenas, unidade de conservação.

“O homem é, na sua origem, um ser da floresta”.

Edson Struminski

Dedico ao meu filho Gaetano e
ao meu esposo e companheiro Thiago.

À Jaranda Oliveira Chagas *in memoriam*.

AGRADECIMENTOS

À força superior, Mãe Natureza pela sua grandiosidade e perfeição.

Ao meu esposo Thiago e filho Gaetano, pelo amor incomensurável, carinho e apoio ao longo desta caminhada.

Aos meus pais Milton e Sorlange pelo apoio a realização do mestrado.

Ao meu orientador Dr. Paulo Maurício Graça pela disposição em orientar, repassar conhecimentos e dicas de técnicas de sensoriamento remoto pacientemente, apoio e revisão deste trabalho.

Ao meu coorientador Philip Fearnside pelo conjunto da obra, revisão e contribuição teórica.

Ao ex-Gestor da RDS do Juma Marquinhos, pelo apoio logístico para a realização das coletas de campo na reserva.

Às gerentes de Controle Florestal Janaína Almeida Rocha e Mara Rubia Said pelo apoio de acesso aos dados do IPAAM, imprescindível para a realização deste.

Aos colegas do IPAAM em especial Everaldo, Thais, Eduardo Jorge, Saturnino, Crystianne, Cristiano, Iara, Reynaldo, Luis Barros, Leandro e Márcio pelo apoio e companhia no árduo campo de trabalho de fiscalização em planos de manejo florestal nas florestas do Amazonas.

Aos demais colegas do IPAAM, Lúcia, Andrea, Ricardo, Vidal e Coronel Lemos pelo apoio precioso.

Aos professores do MPGAP pelos ensinamentos e reflexões repassados ao longo do curso.

Aos avaliadores da banca pelas preciosas contribuições e sugestões.

Aos colegas do MPGAP turma 2013 pela companhia e aprendizado durante as aulas intensivas (inclusive às noites) na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA.

Às amigas Aniely, Evely e Fran pela força e amizade.

RESUMO

A demanda por madeira tropical na Amazônia dita uma pressão na conservação deste bioma, especialmente pelas práticas em desacordo com as normas ambientais. A atividade madeireira no Amazonas vem sendo incentivada pelo Estado como política de desenvolvimento da economia local. No entanto, vários fatores contribuem para um cenário nada promissor em relação ao manejo florestal sustentável. Embora a produção madeireira seja inferior em relação aos outros estados da Amazônia brasileira, muita madeira ainda é de origem ilegal. E as unidades de conservação se tornam alvo fácil devido à ausência de políticas públicas robustas para a gestão ambiental e as dificuldades logísticas de fiscalizar um território tão grande. Diante deste cenário, este trabalho buscou caracterizar o comportamento e a dinâmica das práticas florestais licenciadas e não licenciadas para produção madeireira dentro e na zona de amortecimento da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma (RDS do Juma). Foram utilizadas informações de licenciamento ambiental, assim como imagens de satélites OLI/Landsat-8 e RapidEye para identificar e mapear áreas com sinais de exploração seletiva de madeira. No Amazonas, é licenciado em média o volume de 413.327m³ de madeira em tora por ano proveniente de planos de manejo florestal. A região sul do Amazonas concentra 59% das indústrias consumidoras de matéria-prima florestal e boa parte da produção legal. Por sua vez, a RDS do Juma sofre forte pressão pela atividade madeireira do entorno. Por meio de técnicas de interpretação visual das imagens RapidEye foram identificados 437,035 hectares de áreas com sinais de exploração florestal dentro da RDS do Juma para os anos de 2011 e 2013, e 1.740,605 hectares de exploração ilegal na zona de amortecimento da UC para o mesmo período. Não se obteve sucesso no emprego das imagens OLI/Landsat-8 para a detecção de exploração madeireira, no entanto, a partir da interpretação das imagens fração-solo derivadas do modelo linear de mistura espectral pôde-se mapear estradas endógenas na região de estudo. O uso de sensoriamento remoto pode ser aplicado no monitoramento da atividade de exploração florestal no Amazonas.

ABSTRACT

Demand for tropical wood in the Amazon adds urgency to the conservation of this ecosystem, especially by preventing practices that are at odds with environmental regulations. Logging in the state of Amazonas is being encouraged by the state government as development policy for the local economy. However, several factors contribute to an unpromising scenario for “sustainable” forest management. Although less timber is harvested in the state of Amazonas than in other states in the Brazilian Amazon, there is still a large amount of wood of illegal origin in the state. Protected areas are easy targets because of the absence of robust public policies for environmental management and because of the logistical difficulties of supervising such a large territory. This study sought to characterize the behavior and the dynamics of licensed and unlicensed practices for timber production in the Juma Sustainable Development Reserve (Juma Reserve) and in its buffer zone. Environmental-licensing information and satellite images (OLI/Landsat-8 and RapidEye) were used to identify and map areas with signs of selective logging. An average of 413.327m³ of logs is harvested per year from forest management plans in Amazonas. The southern Amazonas region accounts for 59% of the industries consuming forest raw materials in the state and supplies much of the legal production. The Juma Reserve is under strong pressure from logging in the surrounding area. Using visual-interpretation techniques with RapidEye images, we identified 437.0 hectares with signs of logging in the Juma Reserve for the years 2011 and 2013 and 1740.6 hectares of illegal logging in the buffer zone for the same period. We were not successful in using the OLI/Landsat-8 images for the detection of logging; however, based on interpretation of images using a linear spectral mixing model, we were able to use the soil-derived fraction to map endogenous roads in the study area. The use of remote sensing can be applied in monitoring logging in the state of Amazonas, Brazil.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	17
OBJETIVOS	22
Geral	22
Específicos	22
CAPÍTULO 1 – O SETOR FLORESTAL NO ESTADO DO AMAZONAS	
1.1 Breve histórico	23
1.2 A produção madeireira no Amazonas	26
1.2.1 Indústrias madeireiras	27
1.2.2 Licenciamento do Manejo Florestal	29
1.2.3 Planos de Manejo Florestal em Pequena Escala (PMFSPE)	35
1.2.4 Manejo Florestal Comunitário	36
1.2.5 Manejo Florestal de Várzea	38
1.3 Áreas protegidas e manejo florestal	38
1.4 As deficiências do setor	39
1.5 Perspectivas futuras	42
CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO E DETECÇÃO D A ATIVIDADE MADEIREIRA NA RDS DO JUMA E NA SUA ZONA DE AMORTECIMENTO	
2.1 Introdução	44
2.2 Materiais e Métodos	48
2.2.1 Área de Estudo	48
2.2.2 Caracterização dos planos de manejo florestal	50
2.2.3 Seleção das cenas	50
2.2.4 Pré-processamento dos dados	51
2.2.5 Processamento dos dados	52
2.2.6 Validação do mapeamento da exploração madeireira	53
2.3 Resultados	54
2.3.1 Caracterização dos PMFS	54
2.3.2 Detecção de exploração florestal por sensoriamento remoto	59
2.4 Discussão	64
2.5 Conclusão	68
CAPÍTULO 3 – DETECÇÃO DE ESTRADAS ENDÓGENAS NA RDS DO JUMA	
3.1 Introdução	70
3.2 Materiais e Métodos	71
3.2.1 Seleção das cenas	71
3.2.2 Pré-processamento dos dados	72
3.2.3 Processamento dos dados	72
3.2.4 Validação das imagens-deteccção	73
3.3 Resultados	73
3.4 Discussão	77
3.5 Conclusão	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS	80

REFERÊNCIAS BLIOGRÁFICAS	83
APÊNDICE	92
Apêndice A – Tabela 01. Imagens da série Landsat utilizadas neste estudo.	93
Apêndice B – Tabela 02. Imagens da série RapidEye utilizadas neste estudo.	94
Apêndice C – Mapa de localização das atividades florestais madeireiras no Estado do Amazonas.	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal nos anos de 1988 a 2014.	21
Figura 02. Indústrias madeireiras licenciadas no Amazonas no ano de 2014.	28
Figura 03. Distribuição percentual em relação ao tipo de atividades madeireiras desenvolvidas no Amazonas: (A) indústrias de desdobro primários à esquerda; (B) desdobro secundário à direita; (C) movelaria; (D) empresas de venda e distribuição de madeira beneficiada.	29
Figura 04. Fluxograma simplificado do licenciamento do manejo florestal no IPAAM.	31
Figura 05. Parâmetros técnicos para elaboração e licenciamento de projetos das principais categorias de manejo florestais.	32
Figura 06. Localização das propriedades com planos de manejo florestal e indústrias.	33
Figura 07. Volume de manejo florestal licenciado nos anos de 2008 a 2014.	34
Figura 08. Volume e quantidade de planos de manejo florestal por categoria licenciados entre 2008 a 2014.	34
Figura 09. Exemplo de divisão da propriedade rural para o manejo florestal de pequena escala. Onde: RL = Reserva Legal; AEE = Área de Efetiva Exploração; AUM = Área de Uso Múltiplo; APP = Área de Preservação Permanente.	35
Figura 10. Mapa do Estado do Amazonas representando as áreas de manejo florestal e áreas protegidas.	39
Figura 11. Área de Estudo (RDS do Juma).	49
Figura 12. Imagens-fração resultantes do modelo linear de mistura espectral da cena Landsat 230/64 de 2011: (A) imagem-fração solo; (B) imagem-fração sombra; (C) imagem-fração vegetação; (D) composição colorida R(solo) G(vegetação) e B(sombra).	52
Figura 13. Localização das áreas de manejo florestal licenciadas na RDS do Juma e Zona de Amortecimento.	55
Figura 14. Classificação dos PMFS quanto a regularização fundiária.	56
Figura 15. Espécies florestais mais listadas nas LO dos PMFS da área de	57

estudo.

- Figura 16.** Comparação entre os volumes licenciados na ZA da RDS do Juma e o município de Novo Aripuanã. 57
- Figura 17.** Rota da madeira em tora licenciada nos planos de manejo florestal na área de estudo. 58
- Figura 18.** Comparação da coleta de campo: acima imagens OLI/Landsat 8 de 2013 para a cena 231/64 sendo em composição colorida R6G5B4 (à esquerda) e imagem fração-solo (à direita); abaixo as imagens RapidEye 2013 cena 2036627, sendo em composição colorida R2G5B3 (à esquerda) e imagem fração-solo (à direita). 59
- Figura 19.** Mapa das áreas identificadas de exploração seletiva de madeira. 61
- Figura 20.** Comparação entre campo (ícone amarelo) e análise por imagens de satélite (ícones em cores salmão e verde) das áreas exploradas (zoom). 62
- Figura 21.** Diferenças entre estradas planejadas (em amarelo) e executada (em rosa) dentro de uma área de manejo florestal na ZA da RDS do Juma (Imagem RapidEye composição colorida R2G5B3 da cena 2036626/2013). 63
- Figura 22.** Matriz de Confusão e resultado da avaliação do mapeamento da exploração seletiva de madeira na área de estudo, onde: N/C - não classificado. 63
- Figura 23.** Características de exploração seletiva ilegal: à esquerda um trator de arraste rústico; à direita uma rampa de embarque de toras. 65
- Figura 24.** Ramais florestais na área de estudo: à esquerda em área de manejo florestal; à direita em área de extração ilegal. 66
- Figura 25.** Mapa das estradas endógenas identificadas a partir de imagens Landsat 8 para o ano de 2014: A – Ramal do Prainha; B – Ramal do “Gilmarzinho”; C – Ramal da “Boca do Juma”. 74
- Figura 26.** Mapa das estradas endógenas identificadas a partir de imagens RapidEye para o ano de 2013: A – Ramal do Prainha; B – Ramal do “Gilmarzinho”; C – Ramal da “Boca do Juma”. 75
- Figura 27.** Imagens fração-solo derivados do MLME do satélite Landsat do ramal do “Gilmarzinho” em destaque vermelho: A – ano de 2008; B – ano de 2014. 76
- Figura 28.** Expansão das estradas endógenas no sentido Apuí-Novo Aripuanã (zoom). 77

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ACAF – Associação Comunitária Agrícola e de Extração de Produtos da Floresta

APA – Área de Proteção Ambiental

APAT – Autorização Prévia para Análise Técnica do Plano de Manejo Florestal

CEMAAM – Conselho Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

CEUC – Centro Estadual de Unidades de Conservação

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DETER – Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real

DOF – Documento de Origem Florestal

EIR – Exploração de Impacto Reduzido

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

ETM⁺ – *Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus*

FLAASH – *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hipercubes*

FLONA – Floresta Nacional

FLOE – Floresta Estadual

GECF – Gerência de Controle Florestal

GPS – *Global Positioning System*

IDAM – Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Amazonas

IDSMM – Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IMAFLOA – Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola

IMAZON – Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPAAM – Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas

LIDAR – *Light Detection and Ranging*

LO – Licença de Operação

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

MFC – Manejo Florestal Comunitário

MLME – Modelo Linear de Mistura Espectral

OLI – *Operational Terra Imager*

PMFS – Planos de Manejo Florestal Sustentável

PMFSPE – Planos de Manejo Florestal Sustentável de Pequena Escala

PRODES – Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira Por Satélite

QUAC – *Quick Atmospheric Correction*

RDS – Reserva de Desenvolvimento Sustentável

RESEX – Reserva Extrativista

REDD – Redução de Emissões do Desmatamento e Degradação

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SDS – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas

SEPLAN – Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico do Amazonas

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente

SEUC – Sistema Estadual de Unidades de Conservação

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SFB – Serviço Florestal Brasileiro

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

TM – *Thematic Mapper*

UC – Unidade de Conservação

USGS – *U.S. Geological Survey*

ZA – Zona de Amortecimento

INTRODUÇÃO GERAL

A Amazônia, a maior extensão de florestas tropicais remanescentes do planeta, vem gradativamente sendo substituída por outras formações não florestadas, como pastagens, áreas agrícolas e urbanas, ou mesmo sendo empobrecida pelo corte seletivo de madeira (GARRIDO FILHA, 2002).

Este fenômeno tem se arrastado pelas últimas quatro décadas, oscilando entre picos de desmatamento que não seguem um padrão sistemático ao longo dos anos. Foram desmatados cerca de 18% da Amazônia brasileira (EMBRAPA; INPE, 2010) e o futuro da perpetuidade destas florestas, embora alertada por pesquisadores e ambientalistas do mundo inteiro, segue ameaçado.

As conversões de uso da terra na Amazônia foram pragmáticas, pautadas no paradigma da economia de fronteira, além da ocupação do território, onde o uso dos recursos naturais percebidos como “infinitos” foi essencial para o progresso socioeconômico (BECKER, 2005). E os efeitos no ambiente tendem a ser tratados como “externalidades”, e não consequências de ações locais.

Algumas forças por trás do desmatamento estão intimamente ligadas como as construções de estradas. As construções de rodovias atraíram imigrantes de outras regiões do país, que por sua vez, o aumento da população justificava a abertura de novas estradas. Incentivos governamentais para ocupação de terras na “nova fronteira” (projetos de colonização), mecanização da agricultura no sul do país, baixos preços de terras, inflação e especulação fundiária, e mesmo a aversão às florestas aceleraram o processo de desflorestamento (FEARNSIDE, 1987).

Outro fator no panorama geopolítico da Amazônia é a atividade madeireira. Com a grande demanda de madeiras duras tropicais no mercado nacional e internacional, cerca de 5 milhões de metros cúbicos de madeira serrada são produzidos anualmente na Amazônia, contudo, um terço é originário de exploração predatória (PEREIRA et al., 2010).

A extração seletiva sem manejo florestal, apesar de contribuir significativamente para a economia local, acarreta numa dinâmica de degradação da floresta (ALENCAR et al., 2004; GRAÇA et. al.; 2005; BARRETO et al., 2005). Esse

fenômeno corre em um processo incremental, onde o primeiro passo é usualmente a exploração seletiva, e a intensidade dos impactos resultante determina o estágio para outros distúrbios mais profundos (GERWING; VIDAL, 2002).

Essa atividade, mesmo que mantenha a cobertura do dossel da floresta, afeta a composição e estrutura das espécies arbóreas em relação ao estágio de floresta não perturbada, reduzindo drasticamente as espécies de alto valor comercial e aumentando a ocorrência de espécies pioneiras de baixo valor comercial (SILVA et al., 1995; ZIMMERMAN; KORMOS, 2012).

Conseqüentemente, o aumento da abertura no dossel da floresta após a extração madeireira torna-a mais vulnerável às queimadas, principalmente em áreas de florestas próximas às áreas de agricultura e pastagens, potencializando as emissões de carbono para a atmosfera (NEPSTAD et al., 1999).

Estradas são abertas por madeireiros sem autorização ambiental para a retirada de madeiras de valor comercial, facilitando a ocupação ilegal da terra, o desmatamento, as queimadas, potencializando os conflitos agrários (SOUZA JR. et al., 2004). As florestas mais acessíveis por estradas e cursos d'água navegáveis são alvo para prática da exploração sem manejo (FEARNSIDE, 2003).

A gestão ambiental no Brasil e na Amazônia, que se efetivou após forte pressão de organizações nacionais e internacionais por conservação da biodiversidade (BURSZTYN et al., 2004), tem um conjunto de instrumentos de comando e controle, sendo o principal o licenciamento ambiental de atividades geradoras ou potencialmente causadoras de impactos no meio ambiente, definido pela Política Nacional do Meio Ambiente instituída pela Lei Federal nº 6.938/1981.

O Licenciamento Ambiental é o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares, e as normas técnicas aplicáveis ao caso (BRASIL, 2011).

As práticas de manejo florestal para extração de madeiras nativas, embora prevista em norma no Brasil desde 1965, vem sendo adotadas somente nos últimos 20 anos (SABOGAL, 2006).

Segundo a lei florestal (Lei Federal nº 12.651/2012), manejo sustentável é:

“... a administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços” (BRASIL, 2012).

De acordo com a nova Lei Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012), só é permitida a exploração madeireira com fins econômicos através de Planos de Manejo Florestais Sustentáveis (PMFS), sendo obrigatória a adoção de procedimentos que possibilitem o controle da origem da produção, desde a sua localização na floresta até o seu local de desdobramento. A madeira só deverá sair da floresta manejada acompanhada do Documento de Origem Floresta (DOF).

Os procedimentos de manejo florestal dependem de alguns parâmetros regulados pelo Governo com o apoio de instituições de pesquisa como o ciclo de corte, diâmetro mínimo de corte, intensidade por área (unidade de colheita) e uso de técnicas de exploração de impacto reduzido (EIR).

Porém, há uma resistência no cumprimento de normas por parte do setor madeireiro em regiões de recente expansão da atividade, devido principalmente à insegurança fundiária para o investimento do manejo florestal e falta de programas de financiamento para o setor (SABOGAL, 2006). É impossível fazer um plano de manejo para no mínimo 20 anos sem que o empresário possua terras suficientes, visto que ele não pode depender de matéria-prima proveniente de terras alheias, nas quais não tem condições de acompanhar a regeneração da floresta (GARRIDO FILHA, 2002).

Outro ponto importante a ser frisado é a questão dos encargos financeiros. Para a adequação ao EIR, devem ser adotadas novas formas de trabalho, investir em novas tecnologias e equipamentos de segurança, além da contratação de profissionais tecnicamente qualificados para planejar e supervisionar o trabalho, que por vez onera os custos operacionais, inibindo assim a adoção generalizada de EIR (PUTZ et al., 2008).

Exploração de impacto reduzido pode ser definida como a colheita da madeira intensamente planejada e cuidadosamente controlada realizada por trabalhadores treinados de forma a minimizar os impactos negativos da exploração madeireira (PUTZ et al., 2008). O uso das diretrizes de Exploração de Impacto Reduzido pode ser considerado como um pré-requisito para a manutenção da produtividade de madeira e de manejo florestal sustentável (SIST; FERREIRA, 2007; PUTZ et al., 2008).

Porém, mesmo com a aplicabilidade de procedimentos do manejo florestal, não se tem garantias da manutenção do estoque de populações de madeiras comerciais viáveis para colheitas ao longo de vários ciclos (SIST; FERREIRA, 2007; ZIMMERMAN; KORMOS, 2012).

A oferta de madeira barata proveniente do desmatamento ilegal desestimula a adoção do manejo florestal (ROS-TONEN, 2007). As normas técnicas mínimas necessárias para alcançar a sustentabilidade ecológica são avessas às perspectivas de rentabilidade financeira (ZIMMERMAN; KORMOS, 2012).

É pouco provável que as pequenas serrarias invistam em manejo florestal sustentável (ROS-TONEN, 2007), exceto por empresas, geralmente de grande porte, interessadas em ter suas operações certificadas para o mercado internacional.

Igualmente, a atividade madeireira ilegal exerce forte pressão sobre as Áreas Protegidas da Amazônia (BARRETO et al., 2005; ARAÚJO; BARRETO, 2010). Em média, as Áreas Protegidas são ocupadas por 15,82 km de estrada não oficiais/1000km², sendo significativamente maior no entorno destas áreas (VERÍSSIMO et al., 2011). Isso porque, uma vez que há estradas que interligam as

áreas de reservas, a invasão e o desmatamento se tornam inevitáveis (FEARNSIDE, 1987).

Devido ao rigor da legislação e ações de comando e controle governamentais, houve queda na produção madeireira da Amazônia e na taxa de desmatamento nos últimos anos (PEREIRA et al. 2010). Entretanto, a taxa de desmatamento ainda pode ser considerada elevada. Até o final de 2014 foi constatado um acúmulo de 407.511 km² de área desmata ao longo de duas décadas (INPE, 2015).

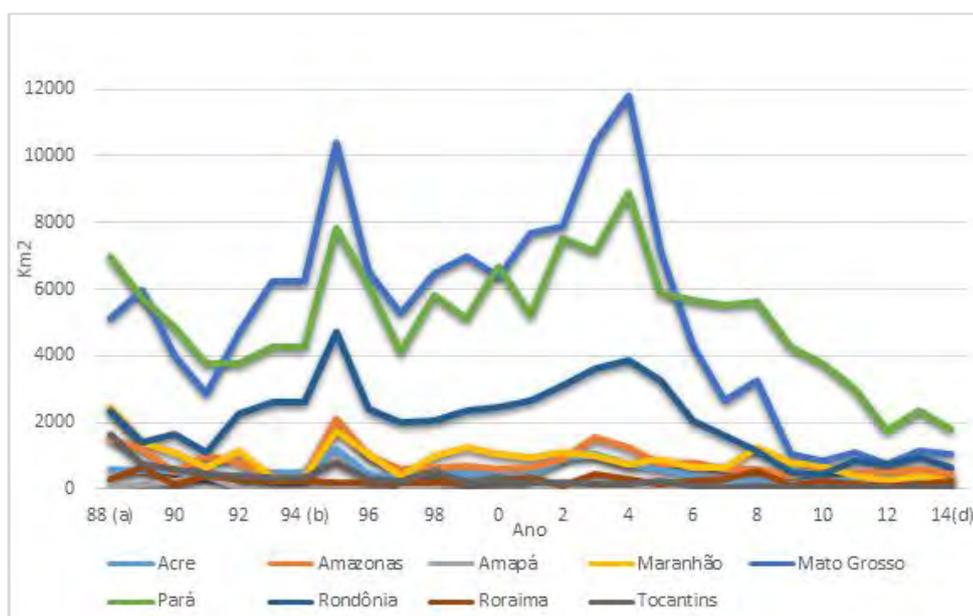


Figura 01. Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal nos anos de 1988 a 2014. (a) Média entre 1977 e 1988; (b) Média entre 1993 e 1994; (d) Taxa Estimada. Fonte: INPE, 2015.

Embora sejam exigidos grandes esforços logísticos para fiscalizar um território de grandes dimensões, a utilização de ferramentas de sensoriamento remoto pode contribuir para o monitoramento e fiscalização ambiental e coibir ações ilegais nas áreas de florestas protegidas e não protegidas.

Vários estudos de monitoramento florestal através de observações de imagens de satélite têm se mostrado viável (p. ex., ASNER et al., 2005; GRAÇA et al., 2005; LAMEIRA et al., 2010; MONTEIRO et al., 2011; SOUZA JR. et al., 2013). No entanto, poucos estudos realizados sobre degradação florestal abordaram as florestas do Amazonas. A utilização de técnicas de sensoriamento remoto

empregada no controle e monitoramento da cobertura florestal pode ser alternativa viável para as dimensões florestais do Amazonas, podendo contribuir para uma maior governança ambiental.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo principal avaliar o comportamento e a dinâmica das práticas florestais licenciadas e não licenciadas para produção madeireira dentro e na zona de amortecimento da Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) do Juma, sul do Estado do Amazonas.

Como objetivos específicos, tem-se:

- Descrever o panorama do setor florestal no estado do Amazonas;
- Caracterizar os planos de manejo empresariais licenciados na zona de amortecimento da RDS do Juma;
- Detectar e quantificar sinais de extração seletiva a partir da presença de estradas endógenas e infraestruturas de exploração (pátios, carreadores e ramais de arraste) na RDS do Juma e sua zona de amortecimento;
- Avaliar a relação da atividade madeireira na região de estudo com a pressão de extração seletiva dentro da UC.

Para elucidar os objetivos propostos, este trabalho está organizado da seguinte forma:

No capítulo 1 é abordado o panorama do setor florestal no Estado do Amazonas, frente à governança ambiental no âmbito estadual. No capítulo 2 são descritas as atividades madeireiras na RDS do Juma e sua zona de amortecimento, assim como o resultado do mapeamento da exploração seletiva de madeira na área de estudo por meio de técnicas de sensoriamento remoto. No capítulo 3 são apresentados os resultados do mapeamento a partir da detecção de estradas endógenas por imagens de satélites na área de estudo.

O SETOR FLORESTAL NO ESTADO DO AMAZONAS

1.1 Breve histórico

Amazônia é uma das principais produtoras de madeira tropical no mercado mundial, e a exploração e o processamento industrial da madeira configuram dentre as principais atividades econômicas da região (SFB; IMAZON, 2010).

Há longo tempo a população da Amazônia utiliza recursos advindos da floresta como fonte de alimento e renda. O extrativismo, onipresente no meio de vida dos povos da floresta, já foi considerado como foco principal da economia do país, no período conhecido como ciclo da borracha durante o final do século IX e início do século XX (BARROS; UHL, 1997).

Por mais de três séculos, a atividade madeireira era extremamente seletiva e restrita às florestas de várzea (alagáveis periodicamente) ao longo dos principais rios da Amazônia. Com a construção de estradas a partir da década de 1970, a atividade madeireira passou a ter protagonismo na economia da região (BARROS; UHL, 1997).

Com o estabelecimento de grandes centros de produção madeireira no Pará e Mato Grosso, os empresários do setor vêm expandindo sua atuação na Amazônia, adquirindo imensas extensões de terra. A existência das rodovias na região oriental da Amazônia permitiu a consolidação da atividade florestal na terra-firme, enquanto as grandes extensões de floresta na porção ocidental permanecem intactas devido à falta de acesso por estradas (FEARNSIDE et al., 2009).

Os estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia respondem por 91% da produção de madeira na Amazônia (IMAZON, 2010), sendo o consumo médio anual de madeira em tora de cerca de 5,8 milhões de metros cúbicos nessa região.

O extrativismo madeireiro no Estado do Amazonas está concentrado no beneficiamento da madeira em tora, produção de lenha e carvão vegetal.

Os polos mais antigos do setor florestal se estabeleceram em Manaus e Itacoatiara, onde empresas de capital estrangeiro, especializadas na produção de

madeira serrada e compensado destinado à exportação foram atraídos pela oferta de grandes extensões de terras a preços baixos, oriundas por partes de políticas fundiárias nas décadas de 80 e 90 do século passado.

Nos anos noventa, com as mudanças na legislação que obrigava as empresas apresentarem planos de manejo florestal, o setor madeireiro passou por várias modificações. Enquanto algumas empresas investiam na certificação, a falta de estrutura e organização do setor para acompanhar as novas demandas da legislação ambiental provocou a cessação da atividade de vários pequenos produtores e o fechamento de várias serrarias no interior (CLÉMENT, 2008). Nos anos 2000, 48 serrarias operavam no Amazonas, que consumiam cerca de 160 mil metros cúbicos de madeira em tora (LIMA et al, 2005).

Em 2012 foram extraídos 716 mil metros cúbicos de madeira em tora, 994 mil estéreos de lenha e 1,5 mil toneladas de carvão (SEPLAN, 2013).

Os recursos florestais madeireiros na região têm rica variedade de espécies nas florestas de terra-firme e de várzea, sendo empregadas algumas dezenas na produção de bens nobres como móveis, portas, decks, e outras para fins não tão nobres como aquelas utilizadas no setor da construção civil.

Apesar dos esforços de implantação de programas e projetos de incentivos governamentais nos anos 2000, o uso sustentável dos recursos florestais ainda não emplacou como uma das principais fontes de receita do estado com a maior cobertura florestal da federação, que tem como grande força econômica o setor industrial localizado na capital amazonense.

As atividades de controle ambiental no Estado do Amazonas iniciaram no final da década de 80 do século 20, que seguindo os passos dos novos processos de conscientização sobre o Meio Ambiente no Brasil, foram formulados importantes instrumentos regulatórios da política ambiental no estado.

Mas foi em 1996 com a criação do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) que a política florestal no Estado dá os primeiros passos. Sendo seu objetivo coordenar e executar as políticas de meio ambiente e de recursos hídricos do estado do Amazonas. No mesmo ano foi sancionada a Lei Nº 2.416/1996, que dispõe sobre as exigências para concessão da licença para

exploração, beneficiamento e industrialização de produtos e subprodutos florestais com fins madeireiros, marco na obrigatoriedade de apresentação de planos de manejo florestal no Amazonas. No mesmo ano é instituído o Sistema Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia.

A execução da política ambiental nas diferentes esferas governamentais ficou fortalecida com a Lei nº 9.605/1998 (lei de crimes ambientais) e a Lei nº 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

O SNUC incorporou algumas categorias de unidade de conservação já criadas, como as Florestas Nacionais, que no Amazonas já tinha cinco Florestas Nacionais (FLONA's), a FLONA do Purus (criada pelo Decreto nº 96.190/1988), a FLONA do Amazonas (criada pelo Decreto nº 97.546/1989), FLONA Mapiá-Inauini (criada pelo Decreto nº 98.051/1989), FLONA de Tefé (criada pelo Decreto nº 97.629/1989), FLONA de Humaitá (criada pelo decreto nº 2.485/1998), totalizando 1.630.790 hectares de florestas (SDS, 2009).

Em 2003, o governo do Amazonas cria a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS), que passou a formular, coordenar e implementar a política estadual de meio ambiente.

Com o apoio de organizações internacionais, nesse período foi criado um programa de governo estratégico para alavancar o setor florestal, o Programa Zona Franca Verde. Através do programa, projetos importantes foram implantados, com destaque para o incentivo ao manejo florestal sustentável em pequena escala ligada à estruturação de uma cadeia produtiva de móveis (SILVA; KIBLER, 2008). Visava-se fomentar a economia florestal no estado através da produção madeireira oriunda de planos de manejo florestal, geração de emprego e renda no interior.

Neste período, os esforços se concentravam na implementação de procedimentos simplificados para difundir o Plano de Manejo Florestal Sustentável em Pequena Escala (PMFSPE) em áreas de até 500 hectares.

Foi no mesmo período, também, que houve um importante incremento de florestas protegidas através da criação de dezenas de unidades de conservação estaduais (SDS, 2009).

Em 2007 foi dado um passo importantíssimo na gestão das terras públicas e conservação das florestas no Amazonas, a partir da instituição do Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) e da Política Estadual sobre Mudanças Climáticas, Conservação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas. A nova política estadual criou dentre vários programas, o Programa Bolsa Floresta¹.

De meados dos anos 2005 até 2013 foram instituídas diversas normativas referentes a comando e controle do uso de produtos florestais, sendo obrigatória a utilização de procedimentos técnicos para o licenciamento das atividades florestais.

Mas, mesmo com tantos instrumentos normativos para regular a produção florestal, a capacidade de executar tais mecanismos é fragilizada, especialmente pelo dinamismo das políticas públicas, que não tratam a pauta ambiental com a devida seriedade e responsabilidade, em detrimento aos interesses de determinadas forças econômicas e políticas.

1.2 A produção madeireira no Amazonas

Basicamente a produção madeireira no estado se dá principalmente pelo extrativismo florestal seletivo, licenciado através de planos de manejo ou não, assim como a oferta de madeira oriunda do desmatamento, em grande parte ilegal.

A produção atual no estado é da ordem de 900 mil metros cúbicos anuais de madeira, incluindo as origens de planos de manejo florestal e supressão vegetal (SEPLAN, 2013).

¹ O Programa Bolsa Floresta, criado pela Lei Estadual nº 3.135 de 05 de junho de 2007, tem com o objetivo de instituir o pagamento por serviços e produtos ambientais às comunidades tradicionais pelo uso sustentável dos recursos naturais, conservação, proteção ambiental e incentivo às políticas voluntárias de redução de desmatamento. O programa é executado pela Fundação Amazonas Sustentável (FAS), uma é uma instituição privada, sem fins lucrativos, de Utilidade pública Federal criada por meio de uma parceria entre o Governo do Estado do Amazonas e o Banco Bradesco, que através do programa já beneficiou cerca de 35 mil pessoas em 15 unidades de conservação de usos sustentável do Estado do Amazonas.

No geral, a produção madeireira é mais modesta, se comparado aos outros estados da Amazônia Legal, sendo que a maior parte da atividade madeireira se concentra nas florestas de terra firme. A exploração em terra firme no Amazonas, embora exista pouca estrutura viária, é possível graças à quantidade significativa de estoques de espécies comerciais nestas áreas. Além disso, a tipologia florestal permite a mecanização, imprescindível para os moldes de produção industrial.

As categorias implantadas de manejo florestal que estão em operação são: maior e impacto de colheita, que permite a utilização de máquinas de arraste e transporte florestal; menor impacto de colheita; pequena escala; manejo florestal comunitário e manejo florestal de várzea.

Madeira de supressão licenciada representa menos de 10% do volume total produzido (63 mil metros cúbicos no ano de 2010), uma vez que boa parte é aproveitada para fins energéticos (lenha) (VIANNA, 2013) e concentram boa parte de áreas de desmate para atividades agropastoris e piscicultura na região metropolitana de Manaus. A produção de lenha é em média de pouco mais de 6 mil toneladas ao ano (SEPLAN, 2013).

É consenso entre pesquisadores da área florestal (LIMA et al., 2005; CLEMENT; HIGUCHI, 2006; FEARNSSIDE, 2013; VIANNA, 2013) que o potencial florestal no Amazonas poderia render mais volume de madeira legalizada no mercado, com o melhor aproveitamento da madeira e dos resíduos gerados no processo produtivo. Porém, os empresários do setor madeireiro criticam a grande da burocracia e as dificuldades para o licenciamento ambiental das atividades de base florestal.

1.2.1 Indústrias madeireiras

Até dezembro de 2014 estavam em plena operação e licenciadas 413 indústrias madeireiras, sendo a maioria de pequeno (125) e micro porte (237), como mostra a figura 02.

Em relação às atividades desenvolvidas, 100 realizam desdobro primário, 78 são indústrias de desdobro secundário, 145 indústrias do mobiliário e 90 são

depósitos de madeiras para comércio varejista e atacadista. As 100 indústrias de desdobro primário têm como um todo a capacidade de produção anual de 530 mil metros cúbico de madeira beneficiada e capacidade de consumo estimada em 1, 2 milhões de m³ de madeira em tora por ano.

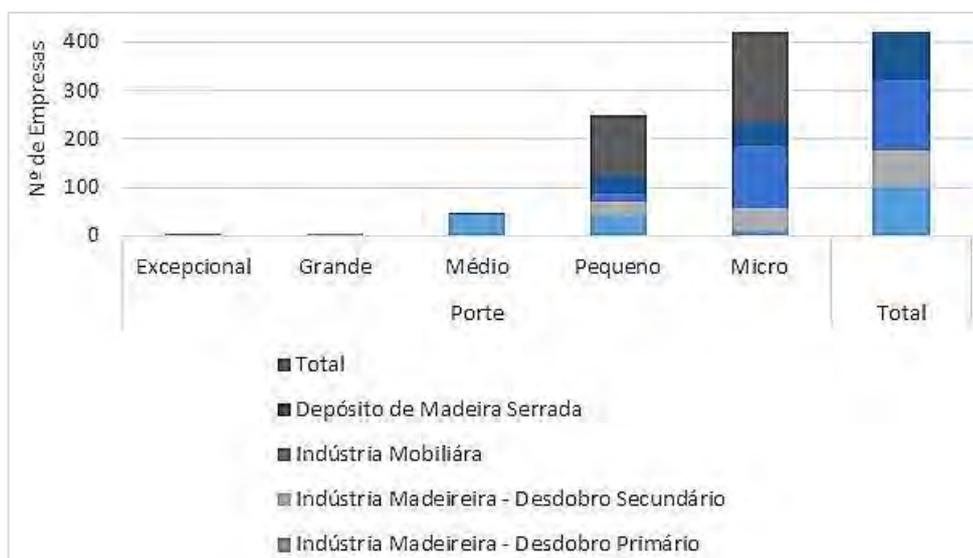


Figura 02. Indústrias madeireiras licenciadas no Amazonas no ano de 2014.
Fonte: IPAAM, 2015.

Atualmente, a maioria das indústrias processadoras de matéria-prima florestal de desdobro primário está situada na região sudeste do estado (59%), especificamente concentradas ao longo das rodovias: Transamazônica (BR 230) e BR 319 (Manaus-Porto Velho) (Figura 03). As empresas do setor de madeira-móveis estão distribuídas em várias regiões do estado, merecendo destaque a concentração de pequenos polos no Baixo Amazonas, que representam 23% do total de movelarias licenciadas no estado.

Em relação às empresas de comércio e distribuição de madeiras beneficiadas, estas se concentram próximos ao mercado consumidor, sendo a maior proporção na cidade de Manaus (71%).

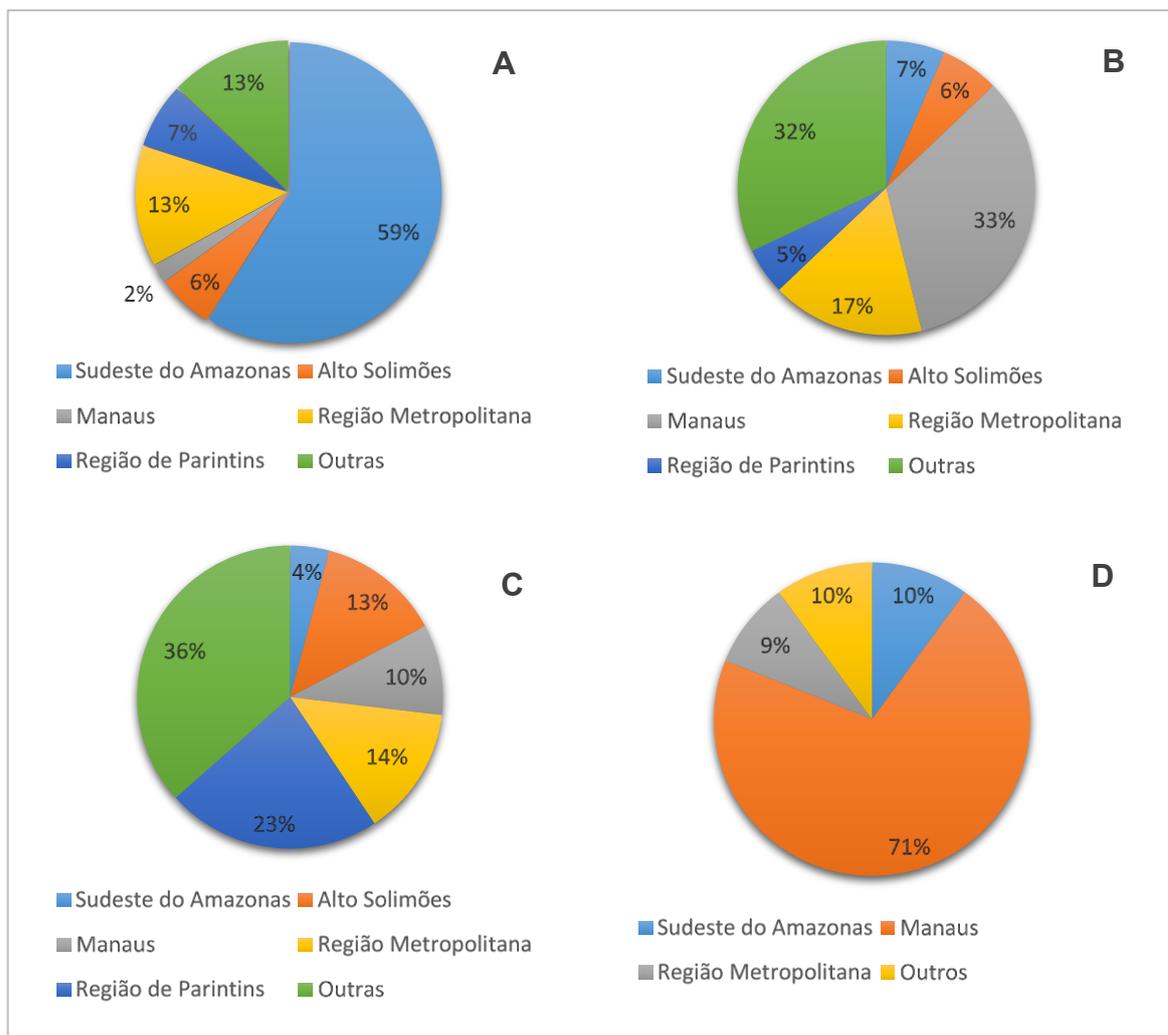


Figura 03. Distribuição percentual em relação ao tipo de atividades madeireiras desenvolvidas no Amazonas: (A) indústrias de desdobro primários à esquerda; (B) indústrias de desdobro secundário à direita; (C) movelaria; (D) empresas de venda e distribuição de madeira beneficiada. Fonte: IPAAM, 2015.

1.2.2 Licenciamento do Manejo Florestal

A partir de 2006, através da lei de gestão de florestas públicas (Lei Federal nº 11.284/2006), a transferência da atribuição de licenciamento das atividades de supressão e uso dos recursos florestais aos órgãos estaduais conferiu novas responsabilidades ao IPAAM, reafirmando a política de descentralização da gestão florestal.

O Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) é o órgão executor da política ambiental do Estado, responsável pelo licenciamento, fiscalização e monitoramento ambiental. No IPAAM, o setor responsável pelo licenciamento da atividade de exploração florestal em áreas inferiores a 50 mil hectares é a Gerência de Controle Florestal (GECF).

O licenciamento da atividade de exploração de florestas nativas em escala empresarial na Amazônia é burocrático. E como todo processo de licenciamento ambiental, possui etapas que por vezes esbarram na morosidade. E por conseguinte, cada etapa é de responsabilidade de um determinado setor dentro do órgão licenciador.

A primeira etapa é exigida a autorização prévia para análise técnica de planos de manejo florestal (APAT), que foi instituída por meio da Instrução Normativa MMA Nº 004/2006.

A APAT deve ser solicitada no momento de formalização do processo de licenciamento ambiental. Consiste na análise documental e fundiária, além da análise espacial por meio de imagens de satélite para comprovação de cobertura florestal, dos quais possam indicar a viabilidade ambiental e jurídica para a prática do manejo florestal (MMA, 2006). No IPAAM cabe a Diretoria Jurídica a análise documental e fundiária, e a Gerência de Geoprocessamento a análise espacial e inserção na base de dados em sistema de informação geográfica (SIG).

Uma vez concedida a APAT, o empreendedor estará apto a elaborar as peças técnicas como o plano de manejo florestal e o plano operacional de exploração. A APAT permite uma segurança ao investidor do manejo florestal, pois o mesmo terá ciência quanto a regularidade de sua documentação fundiária para realizar o inventário florestal e elaborar do plano de manejo florestal.

Após a protocolização do plano de manejo florestal e do plano operacional de operação é realizada a análise técnica propriamente dita na Gerência de Controle Florestal, com base nas normas e diretrizes técnicas estabelecidas. É nesta etapa que é realizada a vistoria prévia na área de manejo florestal, sendo que no Estado do Amazonas, é obrigatório para projetos com apenas uma unidade de produção florestal (UPF), ou seja, quando toda, ou quase toda a propriedade será explorada

de uma só vez durante um ciclo de corte, excluindo as áreas de preservação permanente e a área representativa do ecossistema (uma área testemunha que não poderá sofrer nenhuma intervenção humana) (CEMAAM, 2013).

A maior parcela dos projetos de manejo florestal de maior impacto (empresariais) protocolados no IPAAM é de áreas de até 200 hectares, o que faz com que preferencialmente seja solicitada exploração da área total de uma única vez.

Não havendo inconformidade na área inventariada e pendência no projeto apresentado, é concedida a Licença de Operação (LO), que normalmente possui validade de 24 meses, podendo ser renovada por igual período, de acordo com a legislação vigente (Figura 04).

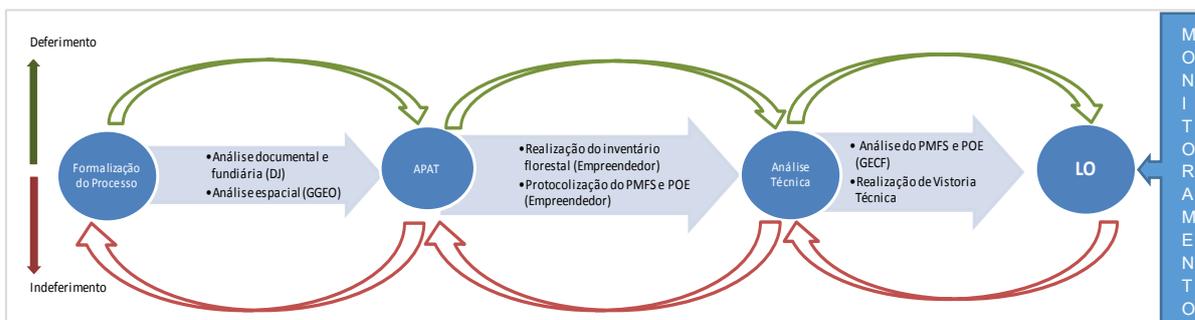


Figura 04. Fluxograma simplificado do licenciamento do manejo florestal no IPAAM.

As diretrizes técnicas para a execução do manejo florestal, estabelecidas nos regulamentos estaduais e federais, se baseiam principalmente no controle da intensidade de colheita e do diâmetro mínimo de corte para exploração legal. No geral as normas regulamentares contemplam apenas a etapa de execução da colheita florestal, deixam lacunas em relação à adoção de práticas silviculturais pós-exploratórias (Figura 05).

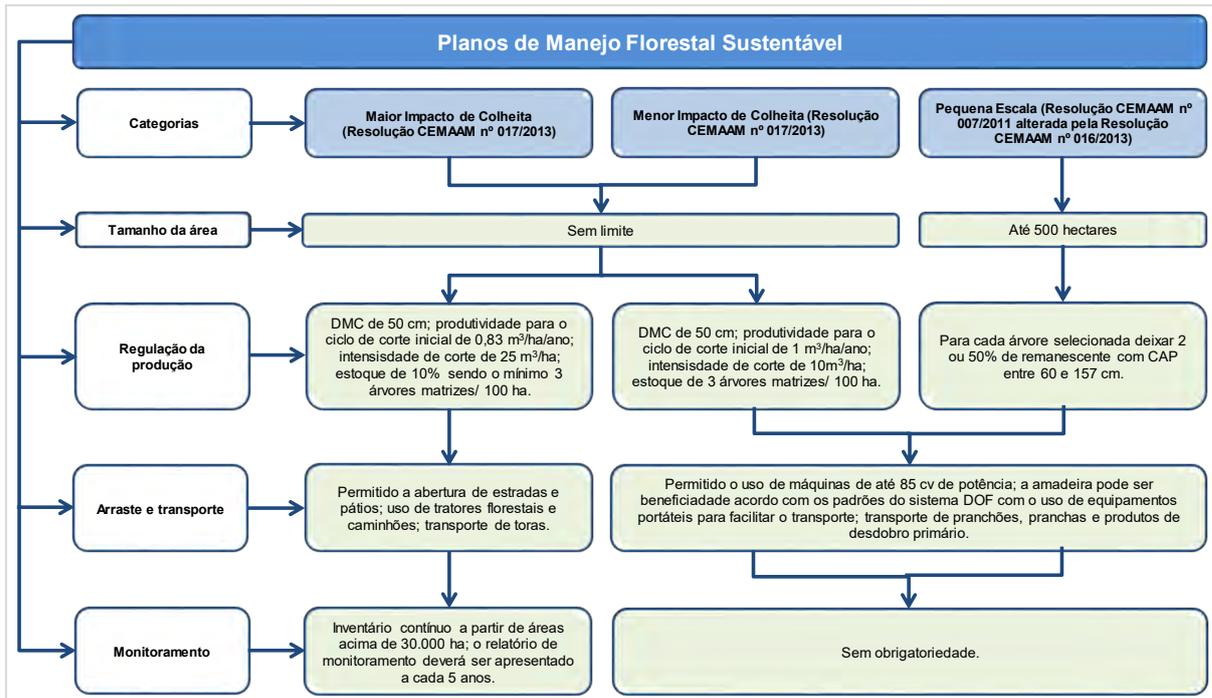


Figura 05. Parâmetros técnicos para elaboração e licenciamento de projetos das principais categorias de manejo florestais.

Desde 2008, o IPAAM formalizou 2 mil processos de licenciamento em todo território estadual (Figura 06). Destes, 940 foram licenciados. No IPAAM é autorizada em média a colheita de 413 mil m³ de madeira em tora por ano proveniente de planos de manejo florestal, volume muito inferior em comparação aos outros estados produtores de madeira, como Pará (6 milhões/m³/ano) e Mato Grosso (4 milhões/m³/ano) (SFB; AMAZON, 2010).

O IPAAM licenciou 868 planos de manejo florestal no período de 2008 a 2014, que somam no total o volume de 2.893.200 m³ de madeira. A categoria de Maior Impacto de Colheita (empresarial) representa uma fatia de 50% do volume total licenciado, com 397 projetos.

A região sul do Amazonas é onde concentra o maior número de projetos de manejo florestal empresarial licenciado, com 243 no total. Foi licenciado entre 2008 a 2014 o volume de 1,5 milhões de metros cúbicos, 56% do volume total licenciado para a categoria. Grande parte da volumetria licenciada abastece as indústrias madeireiras instaladas na região.

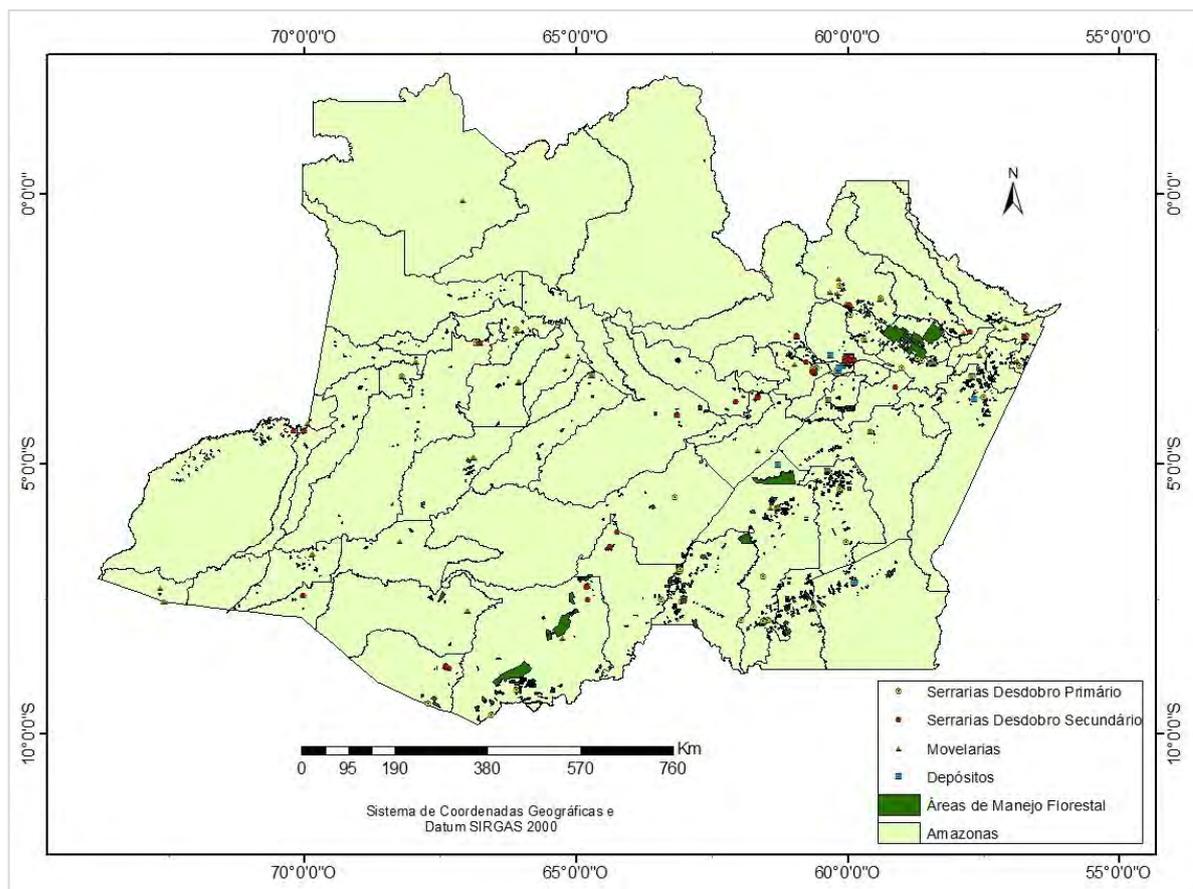


Figura 06. Localização das propriedades com planos de manejo florestal e indústrias madeireiras no Amazonas.

No ano de 2014 foi licenciado o volume total de 749.694 m³ de madeira, proveniente de 145 planos de manejo florestal, maior volume já licenciado pelo Estado. Os municípios que mais produziram madeira em 2014 foram Novo Aripuanã (264.118 m³), em seguida Lábrea (119.260 m³), Manicoré (83.467 m³), Humaitá (56.270 m³), Itacoatiara (41.216 m³), Nova Olinda do Norte (28.365 m³), Maués (26.281 m³), Apuí (22.453 m³), Barreirinha (21.362 m³) e Rio Preto da Eva (14.787 m³) (Figura 07).

A quantidade de projetos e de volume licenciados varia muito entre os anos (Figura 08). Em síntese, pode ser explicada pela influência econômica e política do momento, especialmente em se tratando de regularização fundiária tão necessária para viabilizar projetos empresariais.

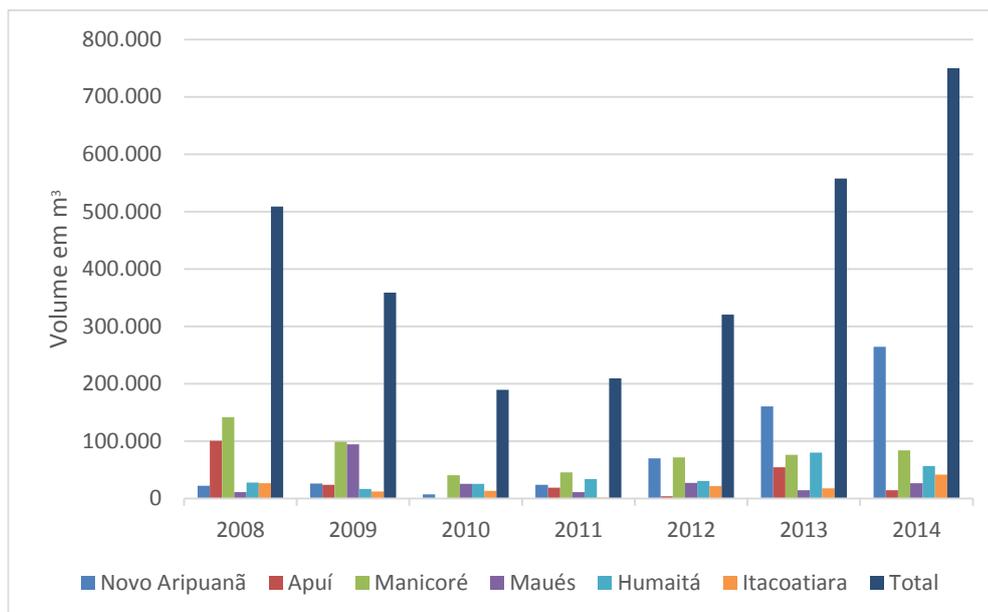


Figura 07. Volume de manejo florestal licenciado nos anos de 2008 a 2014.

	Pequena Escala		Maior Impacto		Comunitário	
	Vol. (m³)	Qtd.	Vol. (m³)	Qtd.	Vol. (m³)	Qtd.
2008	25.799,72	127	478.123,65	72	4.761,78	4
2009	2.747,11	18	306.011,66	51	1.166,86	7
2010	14.774,24	86	133.625,14	21	0,00	0
2011	6.530,24	29	194.948,76	33	0,00	0
2012	5.575,67	25	262.763,21	63	764,88	3
2013	25.450,81	113	483.870,26	66	2.082,48	4
2014	11.173,77	51	590.738,39	53	3.961,22	6
Total	92.051,57	449	2.450.081,07	359	12.737,22	24

Figura 08. Volume e quantidade de planos de manejo florestal por categoria licenciados entre 2008 a 2014.

Podem-se destacar as principais espécies mais licenciadas: angelim vermelho (*Dinizia excelsa*), angelim rajado (*Zygia racemosa*), cedrinho (*Erismia uncinatum*), copaíba jacaré (*Eperua oleifera*), cumaru (*Dipteryx odorata*), cupiuba (*Goupia glabra*), guariuba (*Clarisia racemosa*), itaúba (*Mezilaurus itauba*), ipê (*Tabebuia serratifolia*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), louro (*Ocotea spp.*), maçaranduba (*Manilkara huberi*), marupá (*Simarouba amara*), pequiá (*Caryocar villosum*), sucupira

amarela (*Bowdichia nitida*), tanibuca (*Buchenavia* sp.), tauari carvão (*Cariniana micrantha*) e roxinho (*Peltogyne catingae*).

1.2.3 Planos de Manejo Florestal em Pequena Escala (PMFSPE)

Com a implantação do Programa Zona Franca Verde pelo Governo do Estado do Amazonas foram desenvolvidos diversos projetos para o fomento e estruturação da cadeia produtiva de móveis no interior do Amazonas. A partir do Projeto Floresta Viva, foi estruturada a cadeia produtiva em três polos considerados por sua representatividade: o polo do Alto Solimões (municípios de Tabatinga, Benjamin Constant e Atalaia do Norte), o polo de Carauari, e o polo do baixo Amazonas (Boa Vista do Ramos e Maués) (SILVA; KIBLER, 2008).

Para o fornecimento de madeira de origem legal aos empreendimentos florestais de micro e pequeno porte, uma nova categoria de manejo florestal voltada a pequenos produtores rurais foi introduzida, em áreas de até 500 hectares. O manejo florestal de pequena escala consiste em uma extração anual de madeira em pequenas parcelas/talhões (área de efetiva exploração) da propriedade (Figura 09), que não pode extrapolar a intensidade de corte de $0,86 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ em relação à área de efetivo manejo.

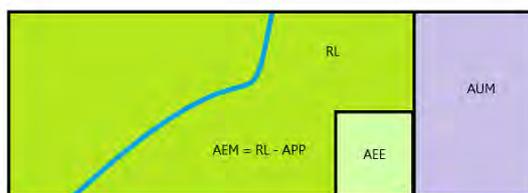


Figura 09. Exemplo de divisão da propriedade rural para o manejo florestal de pequena escala. Onde: RL = Reserva Legal; AEE = Área de Efetiva Exploração; AUM = Área de Uso Múltiplo; APP = Área de Preservação Permanente. Fonte: IPAAM, 2015.

De 2003 até 2013 foram elaborados 1.289 planos de manejo florestal de pequena escala com a assistência técnica do Estado em 39 municípios amazonenses, sendo licenciado o volume de 70.346 m^3 de madeira (ANDRADE, 2014).

Contabilizando os anos de 2008 a 2014, foram licenciados 449 planos de manejo florestal na categoria Pequena Escala pelo Estado do Amazonas, somando uma volumetria total de 92.051 m³ de madeira.

Conforme a Lei Federal Nº 12.651/2012, prevê-se procedimentos simplificados para o licenciamento do manejo florestal para pequenos agricultores familiares. O PMFSPE é uma categoria de manejo florestal que proporcionou alternativas de renda a pequenos produtores e comunidades rurais com a possibilidade de extração madeireira legal e sustentável (ANDRADE, 2014).

De acordo com a Resolução CEMAAM Nº 007/2011, não é necessário possuir título fundiário para licenciar a atividade, bastando o pequeno produtor, na situação de posseiro, apresentar uma comprovação que solicitou ao órgão fundiário o pedido de regularização fundiária (CEMAAM, 2011). No entanto, o licenciamento da atividade é considerado precário, uma vez que a licença ambiental fica condicionada a apresentação de um título expedido pelo órgão fundiário num prazo de 5 anos após o recebimento da LO pelo ocupante de terras públicas.

Para planos de manejo de até quatro módulos fiscais em terras públicas dentro de unidades de conservação não é exigido o documento fundiário, ficando o órgão gestor responsável pela manifestação quanto ao solicitante do manejo florestal ser morador ou usuário da UC (CEMAAM, 2013).

1.2.4 Manejo Florestal Comunitário

No final dos anos 90, duas experiências de manejo florestal comunitário (MFC) foram pioneiras no Amazonas. Com apoio de projetos de custos elevados, financiados por doações estrangeiras e executados por ONGs, foi possível o envolvimento de populações ribeirinhas na atividade de manejo florestal na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá e em terras públicas do município de Boa Vista do Ramos (MEDINA; POKORNY, 2008).

Na Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá, foi desenvolvida uma forma singular de o manejo florestal comunitário, especialmente por ter sido em ambientes de várzea e por ser a primeira iniciativa em unidade de conservação no

Amazonas. O projeto comunitário, que conta com uma área de 264.000 hectares destinados ao manejo florestal, foi iniciado através de um trabalho de extensão florestal realizado por técnicos do Instituto Mamirauá junto às comunidades, que passou por contínuas capacitações sobre manejo florestal e organização social (IDSMS, 2012).

Inicialmente eram cinco comunidades envolvidas no projeto piloto, que ao passar dos anos envolveu 30 comunidades. Hoje a participação foi reduzida a 10 comunidades, devido especialmente às dificuldades de licenciamento da atividade frente às mudanças nas normas ambientais (ANDRADE, 2014). De 2000 a 2004 foram licenciados 17.329 m³ de madeira (IDSMS, 2014).

Os estudos desenvolvidos sobre o manejo florestal em Mamirauá tiveram uma importante contribuição. A experiência proveu subsídios para a elaboração da Instrução Normativa SDS Nº 009/2010 para manejo florestal sustentável em área de várzea, onde foi definido o diâmetro mínimo de corte (DMC) para algumas espécies de várzea: *Hura crepitans* (Assacu) – DMC 100 cm; *Ceiba pentandra* (Sumaúma) – DMC 100 cm; *Piranhea trifoliata* (Piranheira) – DMC 70 cm; *Macarobium acacifolium* (Arapari) – DMC 60 cm; *Luehea cymulosa* (Mulamba/Icezeiro) – DMC 60 cm. Estes critérios do manejo foram adotados baseados em pesquisas do INPA e Sociedade Max-Planck (Alemanha) (SCHÖNGART, 2008).

Em 1998 no município de Boa Vista dos Ramos, o Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (IMAFLOA) iniciava os primeiros diagnósticos e reuniões com o objetivo de promover manejo florestal comunitário (WALDHOFF; VIDAL, 2015).

No ano seguinte, foi criada a Associação Comunitária Agrícola e de Extração de Produtos da Floresta (ACAF). Com o apoio financeiro do Programa de Proteção às Florestas Tropicais Brasileiras (PPG7) do ProManejo e apoio técnico do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), vários cursos de capacitação e intercâmbios de experiências foram realizados, fortalecendo o capital humano local. No entanto a Associação enfrentou sérios problemas de ordem fundiária, uma vez que a área destinada ao MFC não possuía titulação (WALDHOFF; VIDAL, 2015).

Foi em Boa Vista do Ramos que teve o primeiro MFC certificado no Amazonas em 2005, passando a ser reconhecido como referência regional. Porém, com as dificuldades operacionais dos PMFS, em 2008 a ACAF perdeu sua certificação.

No período de 2008 a 2014 foram licenciados 24 planos de manejo florestal desta categoria, sendo grande parte deles dentro da RDS Mamirauá.

1.2.5 Manejo Florestal de Várzea

O manejo florestal em ambientes que sofrem inundações periódicas no Amazonas é regido pela Instrução Normativa SDS N° 009/2010. Além da determinação do diâmetro mínimo de corte para algumas espécies florestais de várzea, é estabelecido ciclos de corte diferenciado para espécies de madeira branca (12 anos) e madeira dura (24 anos).

Nos anos de 2008 a 2014 o IPAAM licenciou o volume de 4,5 mil metros cúbicos de madeira, além dos projetos comunitários licenciados na RDS de Mamirauá.

1.3 Áreas protegidas e manejo florestal

O Amazonas, maior unidade federada do país em dimensão, possui 1.559.159 km² de extensão territorial, cobertos em sua grande maioria por florestas conservadas.

O bioma Amazônia predomina a paisagem, com 56% do seu território transformado em áreas protegidas, com 79 unidades de conservação criadas (federais, estaduais e municipais) e 143 terras indígenas homologadas e/ou declaradas, representando pouco mais de 88,4 milhões de hectares de áreas protegidas (ISA, 2015). Aproximadamente 10,6% do território amazonense são unidades de conservação da categoria proteção integral e 16,7% de uso sustentável (Figura 10).

A principal modalidade de manejo florestal de baixo impacto é executada em unidades de conservação de uso sustentável no Amazonas é a Pequena Escala (Figura 10). Até 2013, foram elaborados 84 planos de manejo em 11 UCs das categorias RDS, RESEX, FLOE e APA (ANDRADE, 2014).

Existem 9 florestas nacionais (FLONAs) e 8 florestas (FLOEs) estaduais que juntas somam 10.374.146 hectares, sendo que boa parte pode ser concedida à iniciativa privada e às associações de comunidades locais para a exploração sustentável de porções florestais em terras públicas. Porém ainda não há uma política estadual para viabilizar a concessão florestal no estado, e a maioria das FLONAs não atendem os requisitos necessários aos protocolos da concessão florestal via Serviço Florestal Brasileiro (SFB), como por exemplo, ter um plano de manejo (para gestão da UC).

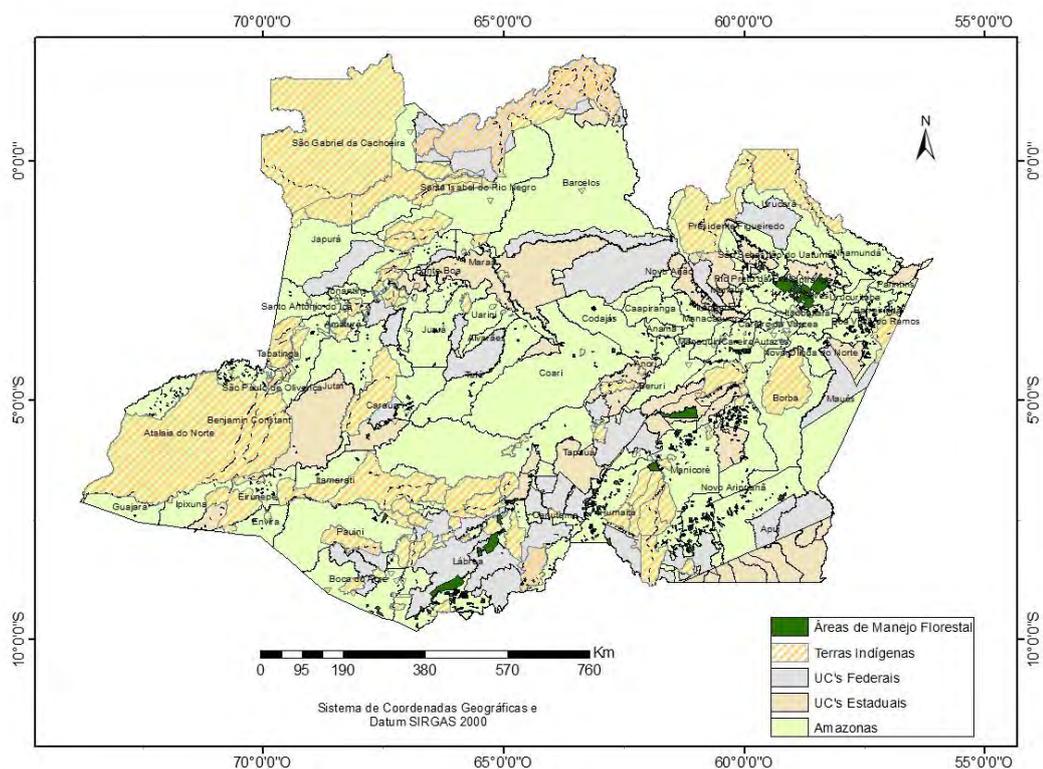


Figura 10. Mapa do Estado do Amazonas representando as áreas de manejo florestal e as áreas protegidas.

1.4 As deficiências do setor

Como pode ser observada, a capacidade de consumo anual das indústrias de desdobro primário é superior à oferta de matéria-prima licenciada. Essa demanda faz com que circule no mercado interno muita madeira sem origem comprovada. Não é raro no mercado de Manaus ser encontrada madeira beneficiada com o Documento de Origem Florestal (DOF) do estado de Roraima. Então aparecem os planos de manejo florestais que servem para “acobertar” a madeira ilegal provenientes de outras áreas que não as do licenciamento original (NELLEMANN, 2012).

Muitas vezes os planos de manejo florestal não são seguidos, mas usados meramente para satisfazer requerimentos legais (FEARNSIDE, 2013). Além disso, a maioria dos planos de manejo executados é extremamente seletiva e não segue nenhuma técnica de tratamento silvicultural. Esse tipo de extração, embora considerada "legal" é danosa, pois emprega baixa tecnologia no processamento, acarretando enormes danos e desperdício (ASNER et. al., 2009).

A situação é pior para as pequenas movelarias e serrarias. A maioria possui dificuldade de obter matéria prima legal (madeira), devido à indisponibilidade de oferta de madeira manejada em alguns municípios, como é o caso do município de São Gabriel da Cachoeira, e o elevado custo de comprar em outras regiões. Em vista disto, a produção de produtos florestais torna-se mais onerosa, levando o empresário a procurar por este insumo de maneira ilegal.

O baixo grau tecnológico empregado nas empresas madeireiras gera um problema grave: os resíduos. Apenas 40% do volume total de uma árvore abatida são aproveitados (MADY, 2000; ROCHA, 2012). O resultado disso é muito resíduo sendo queimado a céu aberto, que após fiscalizações, geram multas e embargos nos empreendimentos florestais. Estudos tecnológicos de alternativas de uso e aproveitamento de resíduos florestais, assim como o desenvolvimento de tecnologias para o beneficiamento e uso de produtos florestais da Amazônia são de extrema importância para o setor florestal.

Outro levantamento realizado apontou a dificuldade em cumprir a legislação específica e a concorrência com madeireiros ilegais e desmatamentos, além da

assistência técnica insuficiente, falta de apoio financeiro e baixa infraestrutura viária e distribuição de energia deficiente que dificultam o desenvolvimento do setor no estado (BNDES, 2009).

Toni (2006) destacou que os principais gargalos da produção florestal na Amazônia é a falta de regularização fundiária além da baixa tecnologia empregada no processo produtivo.

Os principais entraves no licenciamento ambiental são a ausência de comprovação de domínio de imóvel (documentação fundiária precária); inventário florestal fora da propriedade; sobreposição com áreas protegidas ou outros empreendimentos; documentos técnicos (planos de manejo) de baixa qualidade; e reprovação de inventários florestais em vistorias técnicas prévias, principalmente por erros de identificação botânica.

Vianna (2013) aponta a baixa demanda de licenciar as atividades de base florestal devido à ausência de escritórios do órgão licenciador no interior do Estado. Torna-se mais crítico quanto ao licenciamento de supressão florestal para implantação de atividades agropecuárias. Proprietários e possuidores de imóveis rurais podem desmatar até 20% do total da propriedade fora da reserva legal conforme a lei florestal (BRASIL, 2012). Mas para tal deve atender todas as prerrogativas estabelecidas na legislação ambiental.

O desmate ilegal dificulta o poder público de fazer cumprir a reposição florestal. Quem suprime a floresta nativa para a instalação de alguma atividade produtiva ou consome matéria-prima oriunda de supressão vegetal é obrigada a fazer a reposição florestal por meio de plantios de reflorestamento ou pagamentos de créditos como compensação do volume de matéria prima extraída da floresta nativa (AMAZONAS, 2012).

O estado do Amazonas está amparado por um conjunto de leis e normas ambientais para comando e controle dos recursos naturais e ambientais. No entanto, a própria legislação vigente fragiliza e dificulta o cumprimento da mesma, pois foi pensada somente para grandes empreendimentos florestais certificados na

Amazônia, com áreas próprias de manejo florestal e suficientes para manejar durante todo o ciclo de corte².

Há um doloroso e longo caminho que separa o discurso da prática, especialmente a fragilidade do Estado em executar tais mecanismos. O excesso de burocracia, a desarticulação política e administrativa na esfera governamental contribui para a morosidade dos trâmites do licenciamento.

Além disso, a falta de priorização para a área ambiental torna o Estado incapaz de fazer a gestão territorial, sem contar com recursos financeiros e humanos demasiadamente escassos para monitorar e fiscalizar todo o território.

As tomadas de decisões equivocadas nas etapas de implementação de programas de governo não levam em consideração o dinamismo político e econômico regional e nacional.

Um estudo realizado por Silva et al. (2012) sugeriu que alguns ajustes são necessários para a eficiência da gestão florestal pela administração pública, como a reorganização institucional e funcional, tanto do órgão licenciador, o IPAAM, como os órgãos de apoio a cadeia florestal, como o IDAM, especialmente pela sobreposição de papéis executados por instituições diferentes.

1.5 Perspectivas futuras

O setor de base florestal assume importante papel no contexto socioeconômico dos municípios do interior, mas a baixa capacidade empreendedora das indústrias instaladas, somada a defasagem da infraestrutura produtiva e a baixa qualidade da mão-de-obra são empecilhos que precisam e devem ser melhoradas.

Legislação e governança frágil no setor florestal continua a ser um grande obstáculo à efetiva implementação das normas regulamentares de adesão ao manejo florestal por parte da iniciativa privada. Igualmente, a capacidade de execução de operações de fiscalização se tornam menores devido às dificuldades

² O ciclo de corte é o período de tempo, em anos, entre sucessivas colheitas de produtos florestais madeireiros ou não-madeireiros numa mesma área de manejo florestal. Na Amazônia o ciclo de corte inicial foi estabelecido entre o mínimo 25 anos e no máximo 35 anos (Resolução CONAMA N° 406/2009).

de logística de acesso as áreas de manejo florestal. No Amazonas há poucas estradas construídas e muitos cursos d'água dependem da sazonalidade de navegação, diretamente influenciado por fatores climáticos.

A maior característica para a exploração dos produtos de origem florestal se deve ao seu caráter seletivo. Diferente dos outros estados, a produção no Amazonas ainda pode seguir nos preceitos da legalidade e do baixo impacto, pois há grandes estoques madeireiros nas florestas ainda conservadas.

Além disso, há dezessete UCs de categoria florestas estaduais e nacionais que somam mais de 10 milhões de hectares que podem ser destinadas à concessão florestal, podendo abastecer as indústrias madeireiras da região e gerar receitas ao Estado.

É crucial a implementação de políticas públicas que viabilizem a estruturação da cadeia produtiva da madeira, visando o manejo florestal em pequena escala, e comunitário, bem como a certificação socioambiental. Além de fortalecimento dos órgãos públicos de execução da política ambiental.

Um novo olhar para as florestas faz-se urgente, especialmente na valorização dos serviços ecossistêmicos e serviços ambientais que a floresta produz. Diante da aprovação da lei de serviços ambientais no Amazonas, o poder público tem potencial para reverter o cenário desfavorável da gestão florestal no estado.

CARACTERIZAÇÃO E DETECÇÃO DA ATIVIDADE MADEIREIRA NA RDS DO JUMA E NA SUA ZONA DE AMORTECIMENTO

2.1 INTRODUÇÃO

Por meio de políticas conservacionistas, os espaços territoriais que tem seus recursos ambientais com características naturais relevantes, passam a ser legalmente protegidos pelo poder público como destino à experimentação de modelos de desenvolvimento sustentável. Neste sentido, as áreas protegidas são estabelecidas como instrumento essencial de gestão e conservação dos espaços naturais.

As Unidades de Conservação (UCs) têm como objetivos principais contribuir para a manutenção da biodiversidade, integrando as diferentes atividades de preservação da natureza, uso sustentável dos recursos naturais e restauração e recuperação dos ecossistemas (BRASIL, 2000).

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação –SNUC – Lei nº 9.985/2000, a atividade florestal só é permitida nas categorias de uso sustentável, com destaque às Florestas Nacionais, Estaduais e Municipais (BRASIL, 2000).

Por sua vez, a Lei nº. 11.284 de 2006 constitui o marco regulatório para a Gestão de Florestas Públicas, tendo como principais finalidades a regulação da exploração sustentável em florestas públicas, a destinação de florestas públicas às comunidades locais e a concessão florestal em uma unidade de manejo mediante licitação (BRASIL, 2006).

O Amazonas é um dos poucos estados brasileiros com maior cobertura de floresta tropical conservada. Do total, 50,9% do território são áreas protegidas (VERÍSSIMO et al., 2011). Pode-se destacar que 26,4 milhões de hectares dessas áreas protegidas são de categorias de uso sustentáveis, passíveis à atividade de manejo florestal.

A categoria de Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) tem como objetivo aliar a conservação da natureza com a utilização sustentável dos recursos naturais pelas populações locais. De acordo com o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC), a atividade de manejo florestal é permitida nesta categoria de Reserva, desde que em regime de manejo sustentável e sujeita ao zoneamento, às limitações legais e ao plano de gestão (AMAZONAS, 2007).

Conforme a Resolução CONAMA N° 428/2010, o licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental que afetem as unidades de conservação específicas ou suas zonas de amortecimento (ZA), fundamentado em Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), só poderá ser concedido após autorização do órgão responsável pela administração da UC.

Segundo a Lei complementar n° 53/2007, Art. 2, inciso IV, a zona de amortecimento se refere:

(...)

Ao entorno de uma unidade de conservação, com limites definidos quando de sua criação ou da elaboração do seu Plano de Gestão, de especial importância para a conservação *in situ*, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade (Amazonas, 2007).

As zonas de amortecimento, em síntese, funcionam como uma borda que protege e filtra os impactos negativos que possam afetar a unidade de conservação.

Não há consenso sobre a aplicabilidade da proteção das tais barreiras naturais, pois as áreas limítrofes à UC ficam expostas e, por consequência, se tornam mais frágeis a condições que influenciam negativamente os recursos naturais e ambientais ali dispostos.

Em ecossistemas florestais, por exemplo, o corte raso da vegetação em área contígua aos limites da UC, pode causar o efeito de borda na vegetação remanescente, contribuindo para a degradação florestal no interior da unidade a ser protegida, além de estarem mais propícios aos incêndios florestais.

Por sua vez, o manejo florestal, considerado uma atividade de baixo impacto ambiental, pode proporcionar fonte de renda para moradores da zona rural, além de

manter a integridade das florestas. Sua prática vem sendo amplamente discutida e difundida na Amazônia nos últimos 20 anos (SABOGAL, 2006; ROS-TONEN, 2007; BANERJEE et al., 2009; ZIMMERMAN; KORMOS, 2012).

Entretanto, muitos planos de manejo florestal não são seguidos e parte considerável da madeira que abastece o mercado nacional é proveniente de fontes ilegais (ADEODATO et al., 2011; FEARNSIDE, 2013). As práticas ilegais por vezes afetam as áreas protegidas, tais como as terras indígenas e unidades de conservação (FEARNSIDE, 2003; BARRETO et al., 2005; ARAÚJO; BARRETO, 2010; ADEODATO et al., 2011, GREENPEACE, 2014).

No caso do corte seletivo de madeira comercialmente valiosa, a atividade por ser considerada de menor impacto se comparado ao corte raso, por vezes esse impacto é subestimado (FEARNSIDE, 2005). Quando não há nenhum planejamento, o dano é ampliado, pois as árvores são abatidas sem nenhuma técnica para redução de impactos, gerando mais desperdícios e destruição.

Essa garimpagem de madeiras nobres abre inúmeros caminhos que tornam as florestas mais susceptíveis a outras perturbações (NEPSTAD et al., 1999; GERWING; VIDAL, 2002; SOUZA JR. et al., 2004; FEARNSIDE, 2013). Além disso, contribui para aumento da pobreza e conflitos rurais, pois retiram os produtos florestais importantes para a manutenção do modo de vida extrativista dos moradores locais (ADEODATO et al., 2011).

A extração ilegal deixa a floresta suscetível a outras práticas ilegais, já que o acesso está disponível (SOUZA JR. et al., 2005). Muitas vezes, as estradas são abertas em áreas onde concentram grandes volumes de espécies valiosas (NELLEMANN, 2012), pois a exploração destas madeiras torna a construção dessas estradas viáveis financeiramente.

Para o acesso às madeiras de valor comercial, os madeireiros ilegais abrem estradas, conhecidas como “carreadores”, que possuem largura suficiente para passar um trator ou caminhão, mas são de difícil detecção via satélite devido à remoção de pouca cobertura florestal.

Dentro deste contexto, as unidades de conservação se tornam alvo fácil, devido à precariedade na fiscalização e incapacidade de gestão territorial pelo Estado. No entanto, técnicas de sensoriamento remoto tem sido parte integrante de investigações e o monitoramento da dinâmica do desmatamento e degradação florestal na Amazônia, como é o caso do Programa de Monitoramento da Cobertura Florestal da Amazônia por Satélites do INPE, que utiliza os sistemas PRODES e DETER (Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real).

Vários trabalhos mostraram que é possível realizar análise de cobertura e mudança de uso da terra, assim como detecção de exploração seletiva de madeira utilizando várias técnicas de sensoriamento remoto em imagens de satélite, incluindo as de média resolução espacial como as da série Landsat.

Asner et al. (2005), por exemplo, utilizaram o Carnegie Landsat Analysis System (CLAS) para detectar e quantificar exploração seletiva em cinco estados produtores de madeira na Amazônia brasileira. Essa técnica baseou-se na análise multitemporal automática de imagens Landsat ETM+ entre os anos 1999 e 2002, que permitiu a detecção de aberturas no dossel florestal e solos expostos por distúrbios na floresta. Os autores encontraram um acréscimo anual de 12,075 a 19,823 km² de áreas de extração seletiva na região estudada, 60 a 123% maior que a área afetada pelo desmatamento no mesmo período (ASNER et al., 2005).

Graça et al. (2005) utilizaram a técnica de modelo linear de mistura espectral de imagens Landsat ETM+ para detectar e delimitar as áreas exploradas por extração seletiva, através de um classificador por crescimento de regiões supervisionado denominado "detectalog", o que contribuiu para uma acurácia de 81,5%.

Souza Jr. et al. (2005) realizaram uma análise multitemporal (20 anos) de imagens Landsat (TM/ETM+) para detectar e classificar áreas de florestas em Sinop (MT) que sofreram perturbações de copa utilizando o Índice Diferença de Fração Normalizada (NDFI) para as classes: intacta, exploração não mecanizada, exploração manejada, exploração convencional, explorada e queimada. Utilizou-se imagem fração vegetação verde (GV), imagem fração solo, imagem fração sombra, vegetação não fotossintética (NPV) derivada da análise de mistura espectral,

combinado com a imagem NDFI e Classificação Algorítmica Contextual (CCA) que resultou na exatidão global de 94% (SOUZA JR. et al., 2005).

Este capítulo tem como objetivo central a caracterização dos planos de manejo florestal licenciados no interior da RDS do Juma e no seu entorno correspondente à área de amortecimento.

Os objetivos específicos são:

- Detectar sinais de exploração nas áreas de manejo florestal através de técnicas de sensoriamento remoto;
- Avaliar as práticas de manejo florestal licenciadas na zona de amortecimento da UC.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Área de Estudo

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma (RDS do Juma) possui uma área de 589.611 hectares (ha) e está localizada no município de Novo Aripuanã situado na porção sudeste do Estado do Amazonas (Figura 11). Engloba 26 comunidades dentro dos limites territoriais da unidade e 17 na área do entorno que utilizam os recursos naturais da Reserva.

A região da Reserva encontra-se sob o clima denominado Af (Equatorial Úmido) segundo a classificação de *Köppen*, com variações de temperatura entre a mínima de 17°C e a máxima de 35,5°C. A precipitação anual é de cerca de 2.500 mm, sendo o período seco nos meses de junho a dezembro. A cobertura vegetal predomina a floresta ombrófila densa, com ambientes de terra firme (SDS, 2010).

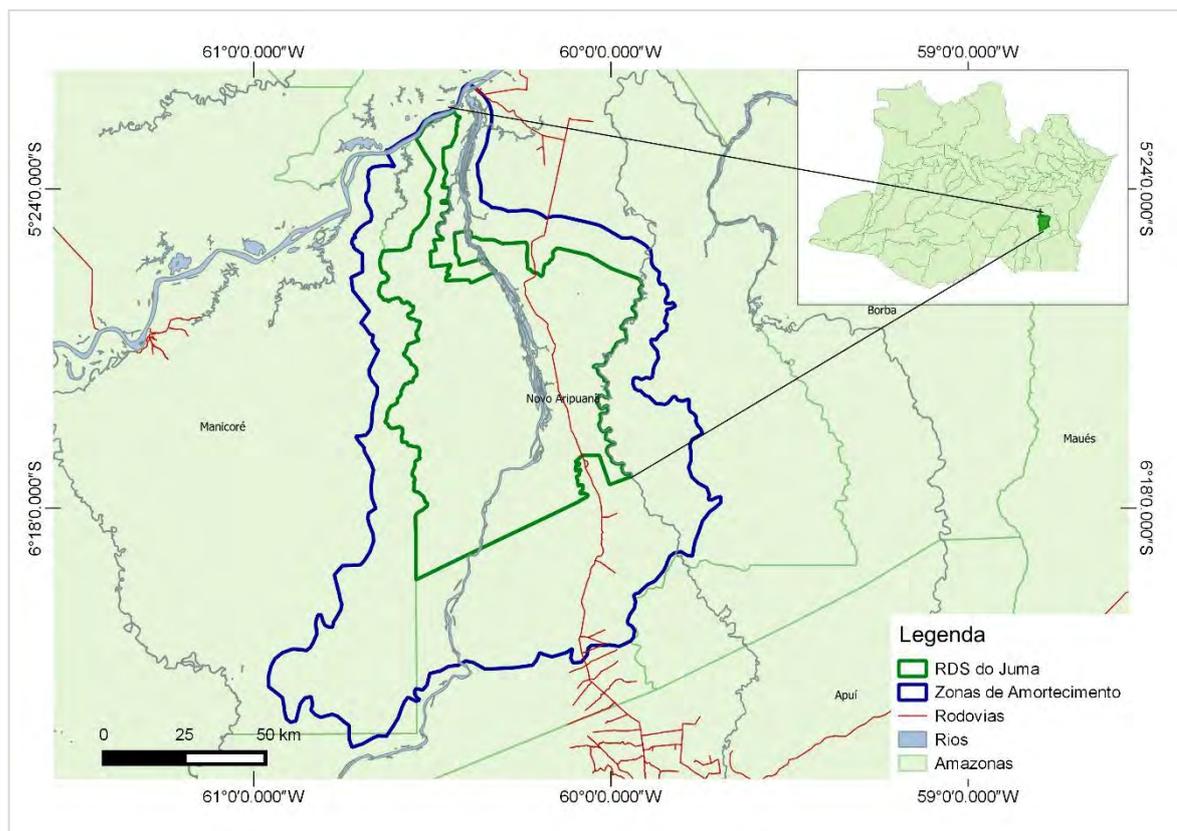


Figura 11. Área de estudo (RDS do Juma).

A zona de amortecimento da RDS do Juma tem uma área total de 921.476 ha, sendo 306.280 ha no município de Manicoré e 615.194 ha no município de Novo Aripuanã. Foram utilizadas bacias de drenagem como limites geográficos (Rio Acari na parte leste e Rio Mariepaua na parte oeste). Ao norte, manteve-se o raio de 10 quilômetros do limite da Reserva e ao sul todas as cabeceiras de rios localizadas até uma distância de 40 quilômetros do limite da UC.

A RDS do Juma também é cortada pela Rodovia AM-174, que atravessa a Reserva em sua porção leste no sentido norte-sul, ligando o município de Novo Aripuanã a Apuí, no sul do estado. Ademais, ao longo da rodovia concentra uma parcela significativa dos planos de manejo florestais licenciados ou em fase de licenciamento na região. Parte destes apresentaram problemas de execução, como descumprimento de condicionantes de LO.

2.2.2 Caracterização dos planos de manejo florestal

Para auxiliar a caracterização dos planos de manejo foi realizado um levantamento dos dados bibliográficos e documentais sobre o tema, assim como também foram utilizados os bancos de dados digitais referentes ao licenciamento das atividades florestais junto ao órgão licenciador, o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), e a Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), órgão gestor.

O IPAAM disponibilizou para este estudo arquivos vetoriais, tipo *shapefile*, das áreas de manejo florestal situadas na zona de amortecimento da RDS do Juma, constante na base de dados da Gerência de Geoprocessamento no ano de 2014. Também foram consultados alguns processos de licenciamento para auxiliar a caracterização das áreas de manejo florestal na área do estudo.

2.2.3 Seleção das cenas

Para a observação de sinais de exploração nos planos de manejo florestal na área de estudo por meio de técnicas de sensoriamento remoto, foram adquiridas cenas de satélite da série Landsat para os anos de 2008 a 2013 na área de estudo, que abrange as cenas (órbita/ponto) 230/64, 230/65, 231/64 e 231/65. Foram selecionadas preferencialmente as cenas com menor cobertura de nuvens.

As imagens de satélite série Landsat (TM e OLI) foram adquiridas gratuitamente pela internet, através da ferramenta Earth Explorer do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) no site <<http://www.usgs.gov/>>.

Adicionalmente foram adquiridas também 42 cenas do satélite RapidEye³ (nível de processamento 3A) para os anos de 2011 (ano de início da missão RapidEye), 2012 e 2013. A utilização das imagens RapidEye se deve a sua resolução espacial de 5 metros, e serviram como referência para as análises de sensoriamento remoto. As imagens RapidEye foram adquiridas através do banco de

³ Inclui material © 2014 Black Bridge AG.

dados do catálogo de imagens do Ministério do Meio Ambiente, no site <<http://geocatalogo.ibama.gov.br/>>.

Foi construído um banco de dados com as imagens de satélite e arquivos vetoriais em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

2.2.4 Pré-processamento dos dados

Após a escolha e aquisição das cenas, foi realizada a etapa de pré-processamento como georreferenciamento e correção atmosférica. Para esse fim, foi utilizado o software ENVI.

No georreferenciamento das imagens, foram utilizados pontos controles através da técnica *image-to-image*, sendo a imagem referência o mosaico de imagens Geocover 2000 da NASA <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>> para coordenadas geográficas e Datum WGS 84. O modelo matemático utilizado foi o polinômio de 1º grau, e a reamostragem dos pixels pelo vizinho mais próximo.

A correção atmosférica consiste em um processamento que visa atenuar os efeitos do espalhamento e absorção atmosféricos nas imagens geradas no momento da aquisição pelo sensor. Neste trabalho utilizou-se o módulo FLAASH, através do algoritmo *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hipercubes*.

Para aplicar no módulo FLAASH e converter os valores em reflectância, foram transformados, em cada imagem TM/Landsat-5, os números digitais para valores em radiância, através da seguinte equação (Chander et al., 2009):

$$L\lambda = (LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}/Q_{calmax} - Q_{calmin}) \times (Qcal - Qcalmin) + LMIN_{\lambda}$$

Onde: $L\lambda$ = radiância espectral aparente, medida em $W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})$; $Qcal$ = número digital a ser convertido; $Qcalmin$ = número digital mínimo calibrado e quantificado $Qcalmax$ = número digital máximo calibrado e quantificado; $LMIN_{\lambda}$ = radiância espectral mínima, medida em $W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})$; $LMAX_{\lambda}$ = radiância espectral máxima, medida em $W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})$.

Para as imagens OLI/Landsat-8, foi utilizado o módulo QUAC (*Quick Atmospheric Correction*) do Envi para a correção atmosférica, devido à falta de

dados de referência para a entrada no modelo de transferência radiativa, na versão do software utilizado.

2.2.5 Processamento dos dados

Os sensores medem a radiância espectral refletida ou emitida por objetos presentes na superfície terrestre. A radiância registrada pelo sensor depende das características específicas do próprio sensor, das propriedades físico-químicas dos objetos contidos dentro do pixel e da interferência atmosférica (PONZONI, 2012). Neste estudo foi utilizado somente registros da radiância refletida.

O modelo linear de mistura espectral (MLME) visa estimar a proporção dos diferentes componentes de uma imagem (solo, vegetação e sombra), para cada pixel, a partir da resposta espectral nas diversas bandas do sensor, gerando as imagens-fração solo, vegetação e sombra (Figura 12). O modelo de mistura espectral pode ser escrito como:

$$r_i = \sum_{j=1}^n (a_{ij} x_j) + e_i$$

Onde: r_i é a reflectância espectral média para a i -ésima banda espectral; a_{ij} é a reflectância espectral média da j -ésima componente no pixel para i -ésima banda espectral; x_j é o valor da proporção da j -ésima componente no pixel; e_i é o erro para a i -ésima banda espectral; $j = 1, 2, \dots, n$ (número de componentes assumidos para o problema); $i = 1, 2, \dots, m$ (número de bandas espectrais para o sistema sensor).

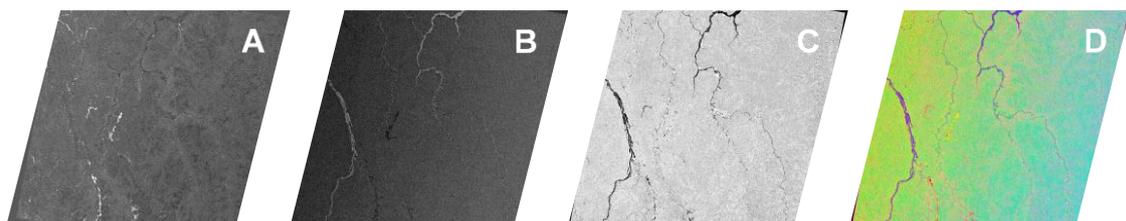


Figura 12. Imagens-fração resultantes do modelo linear de mistura espectral da cena Landsat 230/64 de 2011: (A) imagem-fração solo; (B) imagem-fração sombra; (C) imagem-fração vegetação; (D) composição colorida R(solo) G(vegetação) e B(sombra).

Foram utilizadas as imagens das 6 bandas ópticas do sensor TM/Landsat-5, 6 bandas ópticas para as imagens OLI/Landsat-8 e todas as 5 bandas espectrais para as imagens RapidEye como imagens de entrada para derivar as imagens fração no MLME.

Para gerar as imagens fração, derivados do algoritmo do modelo linear, foram selecionados os pixels puros (*endmembers*), correspondentes a cada componente modelada (solo, sombra e vegetação), diretamente das imagens, selecionados de acordo com as assinaturas espectrais e com o auxílio do algoritmo *pixel purity index* (PPI), implementado no ENVI. Para a análise e identificação dos padrões de exploração (clareiras de pátios e ramais) utilizou-se a técnica de interpretação visual a partir da imagem fração-solo.

2.2.6 Validação do mapeamento da exploração madeireira

Com o objetivo de validação dos resultados das áreas de exploração madeireira, foram realizadas duas visitas de campo entre os meses de julho de 2014 a março de 2015 em áreas de manejo florestal localizadas na área do estudo, além de terem sido identificadas *in loco* quatro áreas de exploração madeireira ilegal, das quais duas localizadas dentro da RDS do Juma.

Coletaram-se as coordenadas de tocos de árvores abatidas, entradas de ramais, rampas de embarques, pátios de estocagem e de árvores em pé, com o auxílio de aparelho de GPS de navegação. Foram realizados também registros fotográficos para a caracterização das áreas de exploração seletiva.

Sete áreas de exploração florestal foram identificadas em campo no período de julho de 2014 a março de 2015. Destas, três áreas de manejo florestal ainda em fase de licenciamento ambiental e duas áreas de exploração ilegal, localizadas na zona de amortecimento da RDS do Juma.

Também foram detectadas duas áreas na RDS do Juma, porém não foram identificadas nas imagens de 2013 e não puderam ser comprovadas pelas imagens RapidEye devido a não disponibilidade das cenas para o ano de 2014 com livre cobertura de nuvens.

Para avaliar a concordância dos resultados foi construída a matriz de erro ou confusão, a partir de pontos de amostragem coletados em campo. Este tipo de análise é amplamente empregado nas avaliações de mapeamentos temáticos por técnicas de sensoriamento remoto (ANTUNES; LINGNAU, 1997).

No total foram utilizados como referência 151 pontos coletados em campo. Os dados foram divididos em duas classes, floresta intacta e área de exploração florestal, e posteriormente analisados na matriz de confusão. Com base nesta matriz foram calculados os erros de inclusão, erros de omissão, a exatidão global e o Índice Kappa.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Caracterização dos PMFS

Foram identificados 22 (vinte e dois) planos de manejo licenciados no período de 2008 a 2013 localizados na zona de amortecimento e 3 (três) planos de manejo florestal na categoria pequena escala dentro na RDS do Juma (Figura 13).

Todos os planos de manejo licenciados na zona de amortecimento da UC pertenciam à categoria de maior impacto de colheita, com área de manejo florestal média de 151,50 hectares.

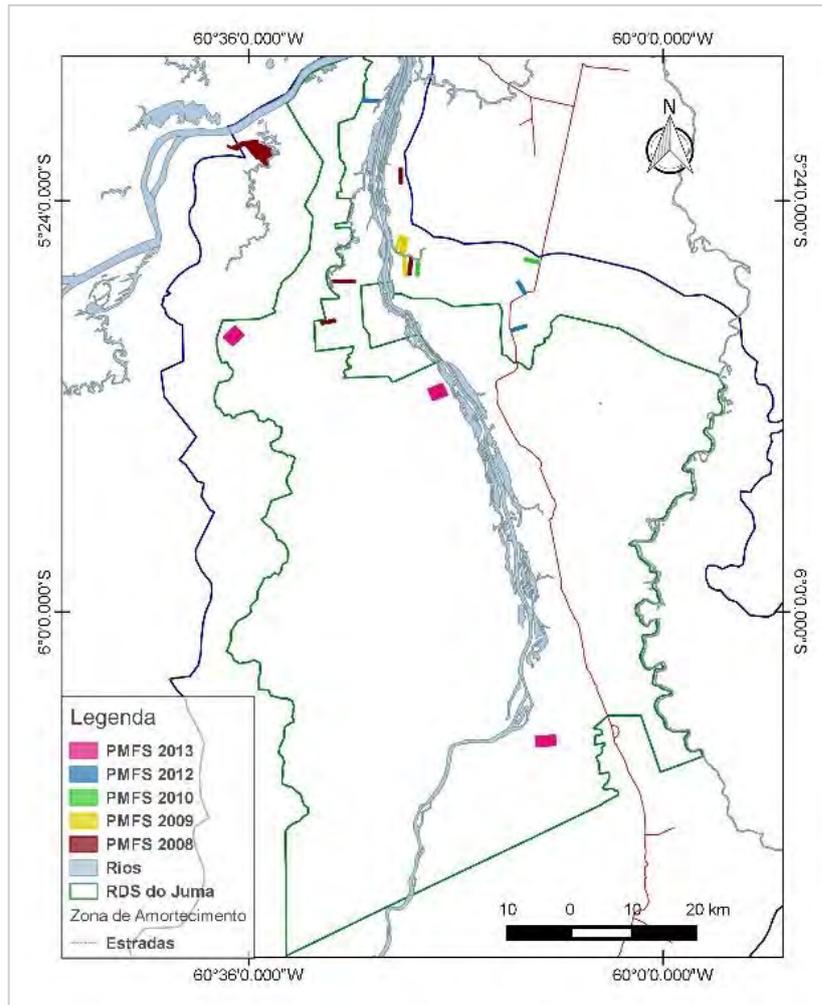


Figura 13. Localização das áreas de manejo florestal licenciadas na RDS do Juma e Zona de Amortecimento.

Quanto ao domínio fundiário das propriedades dos planos de manejo florestal, a maioria é composta por propriedades tituladas ou em processo de regularização, conforme a figura 14. No entanto, boa parte dos manejos florestais é financiada por terceiros (nem proprietários e às vezes nem donos de serrarias) cujos proprietários dão uma procuração pública com a promessa de ganhar o título da terra e arrendar a madeira a ser manejada por preços irrisórios.



Figura 14. Classificação dos PMFS quanto a regularização fundiária.

Do total, 17 projetos licenciados foram planejados para explorar de uma única vez. Nos projetos de manejo florestal previam em média o corte de 2.621 m³ de madeira em tora numa intensidade de corte média de 24,36 m³/ha.

Sobre o planejamento de infraestrutura florestal (estradas e pátios de estocagem de madeira) foram previstas em média a abertura de 1,8 ha de estradas e 0,96 ha de pátio, sendo que a dimensão deste variava de 20x25m a 20x30m.

Em relação às espécies florestais, em média cada plano selecionou 15 espécies, sendo as mais citadas nas Licenças de Operação (LO): angelim vermelho (*Dinizia excelsa*), ipê (*Tabebuia* sp.), maçaranduba (*Manilkara huberi*), cupiuba, (*Goupia glabra*), muiracatiara (*Astronium lecointei*) e sucupira amarela (*Bowdichia nitida*) (Figura 15).

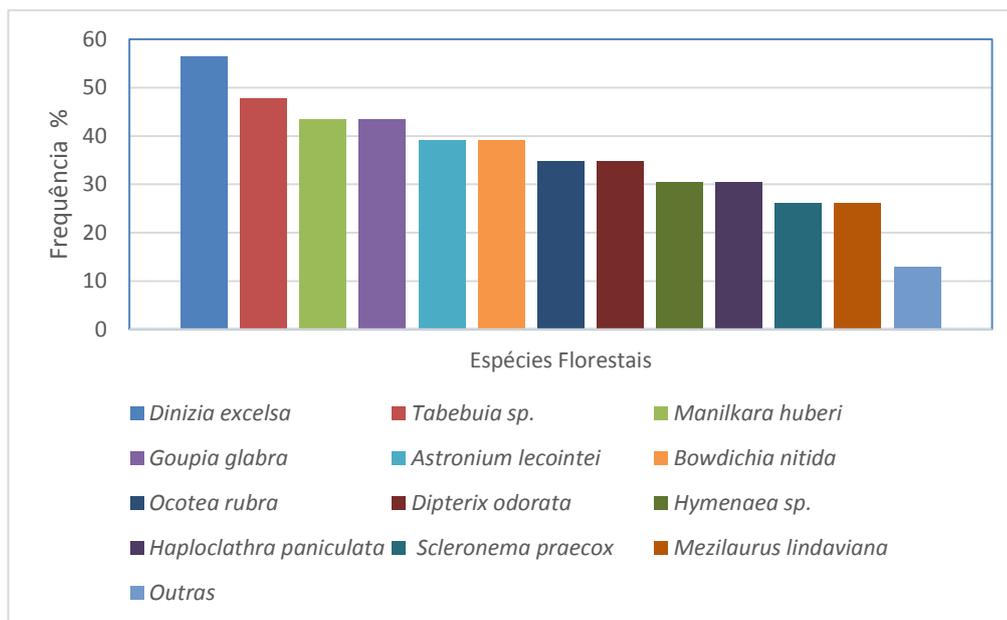


Figura 15. Espécies florestais mais listadas nas LO dos PMFS da área de estudo.

O volume de madeira licenciado na ZA da RDS do Juma foi mais expressivo nos anos de 2008 (67,1%), 2009 (58,6%) e 2010 (77,4%), quando comparado ao volume total anual licenciado no município de Novo Aripuanã (Figura 16).

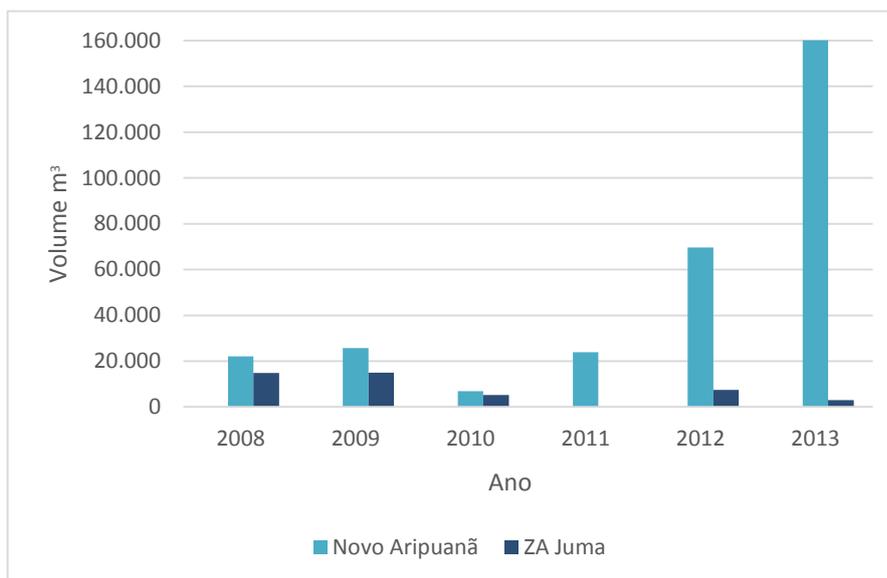


Figura 16. Comparação entre os volumes licenciados na ZA da RDS do Juma e o município de Novo Aripuanã.

Em relação à execução dos PMFS licenciados, foram avaliados vinte processos, dos quais oito sofreram penalidades administrativas (Autos de Infração) por descumprimento de restrição de licença e por operações indevidas no sistema de controle oficial (conversão indevida de tora para madeira serrada, guia de créditos virtuais do volume total em um período curto de tempo, inclusive para outros estados). O valor das multas variou entre R\$ 2.000,00 a R\$1.600.000,00.

Os projetos aprovados entre 2008 a 2010, não passaram por vistorias pré e pós-exploratórias pelo órgão licenciador. Foi identificado, também, que três projetos licenciados estavam com sobreposição de poligonal com outras áreas de manejo florestal em licenciamento e outros três tiveram problemas com identificação de espécies florestais.

Os principais destinos da madeira em tora de origem dos planos de manejo florestal da ZA da RDS do Juma foram serrarias localizadas nos municípios de Novo Aripuanã, Manaus, Humaitá, Apuí, Manicoré sede e Distrito de Santo Antônio do Matupi (Figura 17). Em Alguns casos os créditos de madeira foram guiados para serrarias em Parintins e até o Estado do Pará.

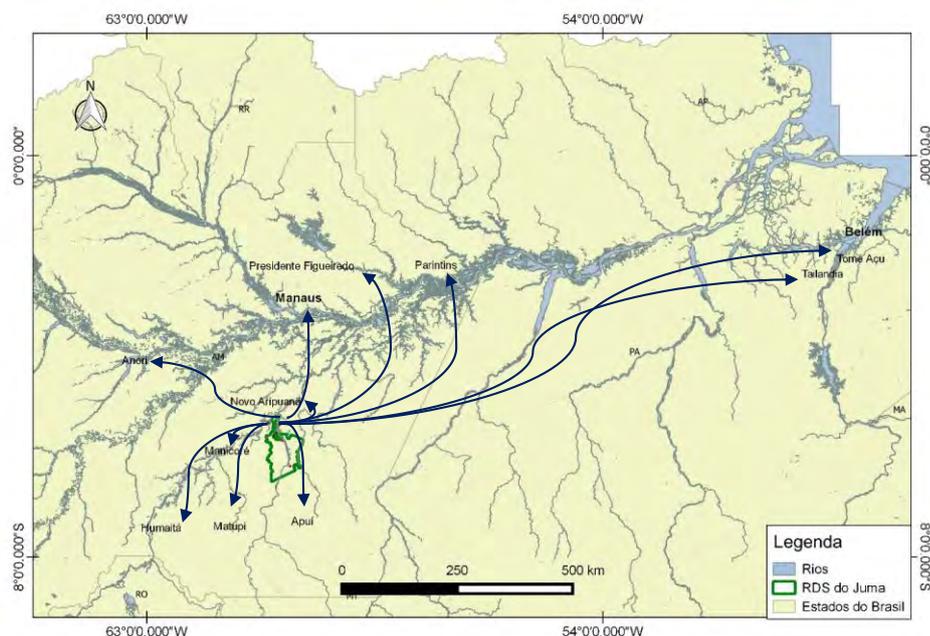


Figura 17. Rota da madeira em tora licenciada nos planos de manejo florestal na área de estudo.

2.3.2 Detecção de exploração florestal por sensoriamento remoto

As imagens resultantes do modelo linear de mistura espectral da série Landsat, não apresentaram resultados satisfatórios quanto à identificação de padrão espectro-espacial de exploração florestal, por isso foram descartadas para esta análise. Isso pode ser explicado pelo padrão de exploração sem pátios sistematizados, o que dificultou a visualização de perturbações na paisagem florestal.

A cobertura de nuvens nas imagens fração-solo derivadas do modelo de mistura espectral do satélite RapidEye, contribuíram para o não destacamento das áreas sob exploração madeireira (Figura 18), que muitas vezes se confundiam com as nuvens.

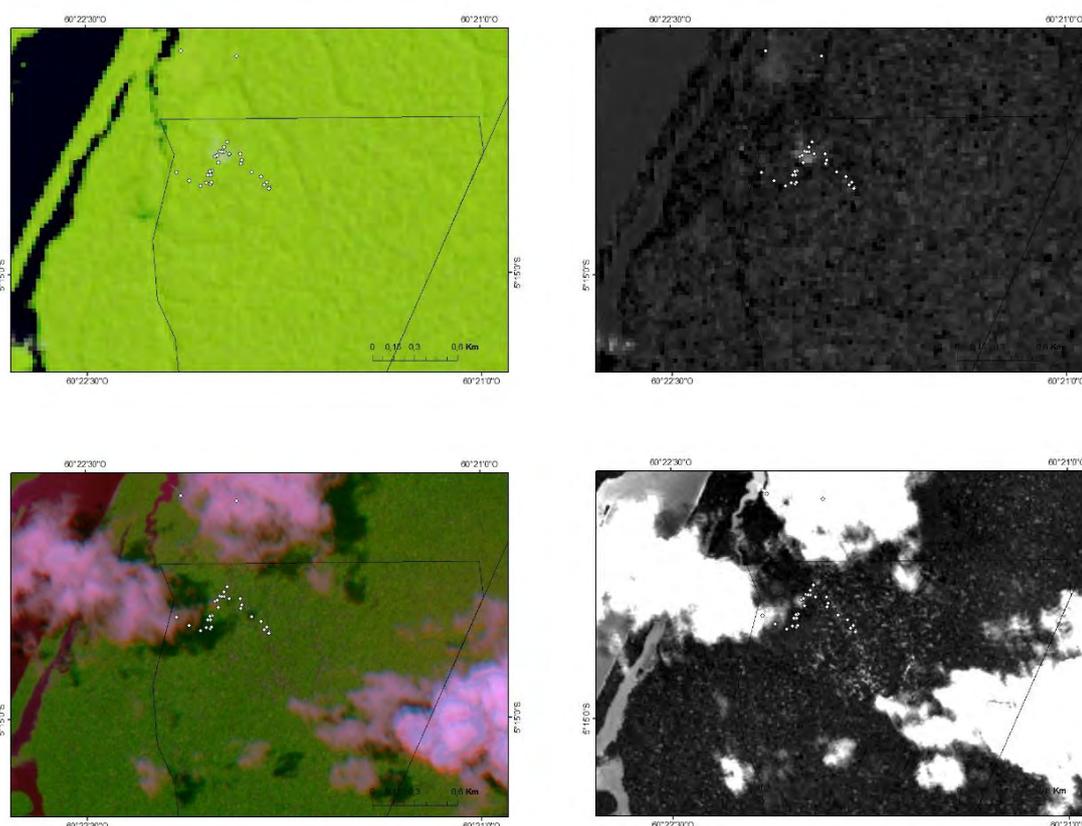


Figura 18. Comparação da coleta de campo: acima imagens OLI/Landsat 8 de 2013 para a cena 231/64 sendo em composição colorida R6G5B4 (à esquerda) e imagem fração-solo (à direita); abaixo as imagens RapidEye 2013 cena 2036627, sendo em composição colorida R2G5B3 (à esquerda) e imagem fração-solo (à direita).

No entanto, a composição falsa cor R(2)G(5)B(3) com ampliação de contraste (*stretching*) das imagens geradas pelo RapidEye foi suficiente para a identificação das áreas exploradas por interpretação visual das imagens na tela.

Devido a indisponibilidade de imagens RapidEye para os anos de 2008 a 2010, a análise temporal dos planos de manejo florestal, licenciados entre 2008 e 2009 na área de estudo, não pôde ser realizada.

A partir da interpretação visual das imagens RapidEye, no período de 2011 e 2013 foram identificados e delineados 437 ha de áreas com sinais de exploração madeireira dentro da RDS do Juma, sendo 180,4 hectares no ano de 2011 e 256,6 ha no ano de 2013 (Figura 19). Não foram detectadas áreas exploradas nas imagens do ano de 2012.

A zona de amortecimento apresentou 3.260 ha de áreas com exploração madeireira, sendo 2.423,8 ha em 2011 e 836,2 ha em 2013. Do total de áreas exploradas na ZA, 26,2% estão numa distância inferior a 3 km da unidade de conservação.

Quatro áreas exploradas que totalizaram 315,5 ha estavam em áreas de manejo florestais licenciadas e 1.740,6 ha em áreas de manejo não licenciadas (ilegais). Destas, 1.559,157 ha foram identificados em imagens RapidEye para o ano de 2011.

Constatou-se a exploração seletiva de madeira ilegal em duas áreas de planos de manejo com projetos protocolados no órgão licenciador em processo de licenciamento ambiental. Essas áreas foram identificadas em campo e estavam localizadas na zona de amortecimento da RDS do Juma, conforme a figura 20.

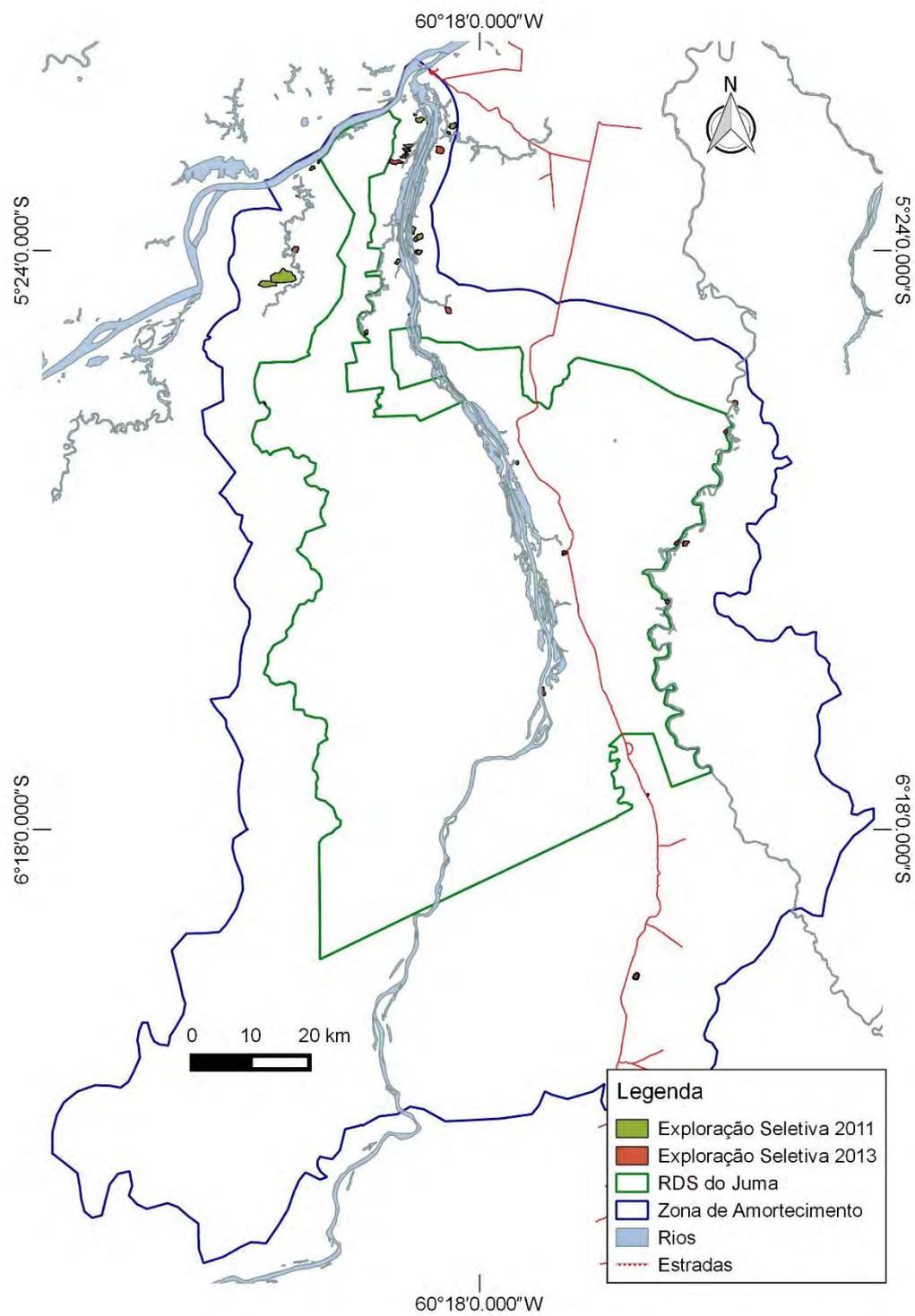


Figura 19. Mapa das áreas identificadas de exploração seletiva de madeira nos anos de 2011 e 2013.

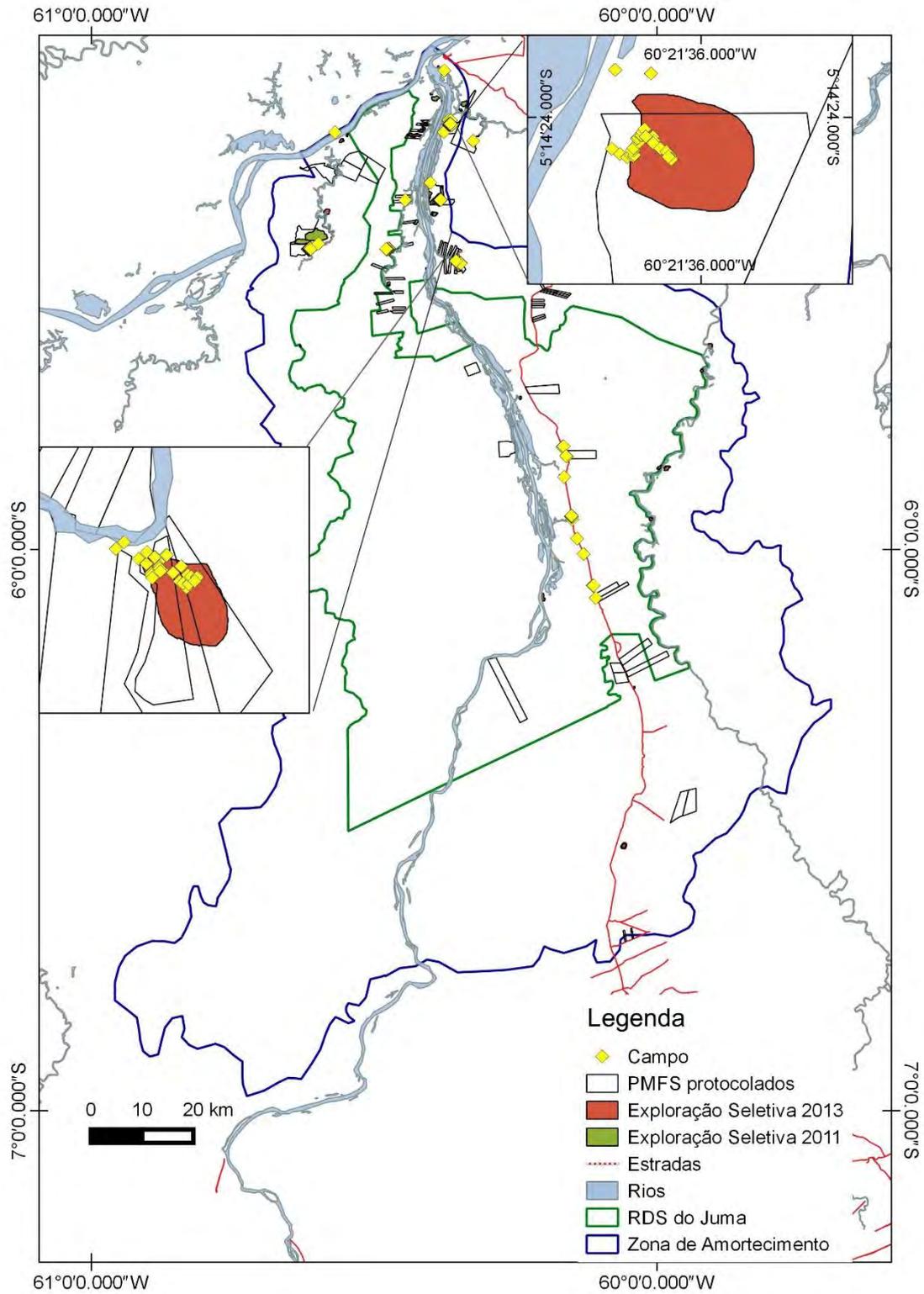


Figura 20. Comparação entre campo (icone amarelo) e análise por imagens de satélite (ícones em cores vermelho e verde) das áreas exploradas (em zoom).

Em relação às estradas de extração madeireira, foram visualizados 12,47 km de estradas e trilhas de arrastes de áreas de exploração florestal no entorno da UC. Como pode ser observado na figura 21, em áreas de manejo florestal licenciadas, o planejamento de abertura das estradas não tem sido executado adequadamente na prática, durante a atividade de exploração.

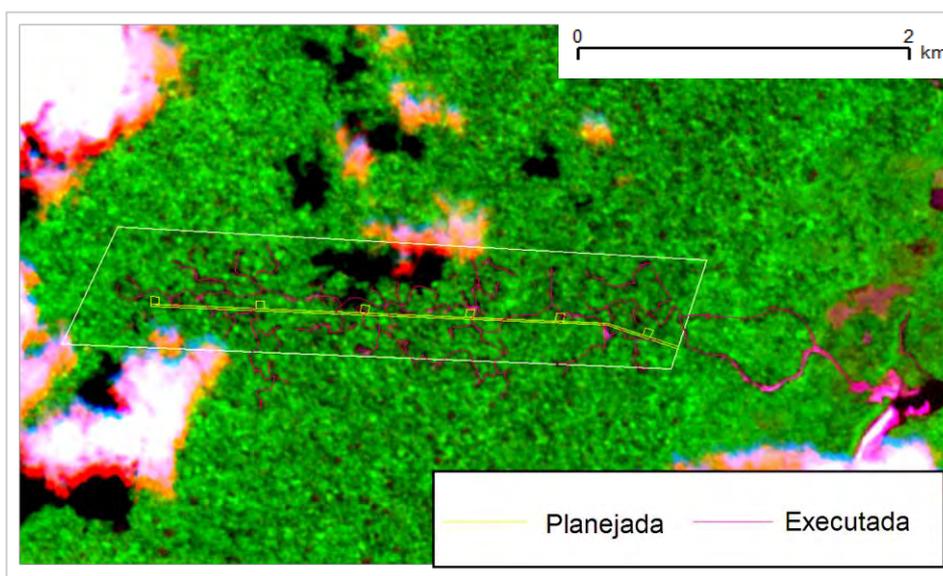


Figura 21. Diferenças entre estradas planejadas (em amarelo) e executada (em rosa) dentro de uma área de manejo florestal (retângulo branco) na ZA da RDS do Juma (Imagem RapidEye composição colorida R2G5B3 da cena 2036626/2013).

Quanto à validação do mapeamento de exploração seletiva de madeira, foi encontrado o desempenho médio (exatidão global) de 92,05% e uma concordância de 0,79 pelo índice Kappa (Figura 22), indicando uma concordância muito boa de acordo com o estabelecido por Landis e Koch (1977).

Mapeamento	Classe	Campo			Erro Omissão %
		Floresta Intacta	Exploração Florestal	Sub-Total	
	Floresta Intacta	106	12	118	10,20
	Exploração Florestal	0	33	33	
	Sub-Total	106	45	139	
	Total			151	
	Erro de Inclusão (%)	26,7			
	Desempenho médio	92,05			
	Confusão média	7,95			
	Kappa:	0,79			

Figura 22. Matriz de Confusão e resultado da avaliação do mapeamento da exploração seletiva de madeira na área de estudo.

2.4 DISCUSSÃO

A identificação de áreas de exploração seletiva de madeira na RDS do Juma por técnicas de sensoriamento remoto foi possível com a interpretação visual das imagens RapidEye com a técnica de realce. Os sinais de exploração foram evidenciados pelas cicatrizes na cobertura florestal, cuja resposta espectral é mais acentuada para o solo exposto.

Embora o modelo linear de mistura espectral seja bastante empregado na identificação de solo exposto nas imagens de satélite, a utilização das imagens resultantes deste método não apresentou bom desempenho na identificação dos sinais de exploração florestal em áreas com pouca ou nenhuma infraestrutura florestal (estradas e pátios) instalada.

Antunes et al. (2014) apontaram que as imagens RapidEye são uma excelente opção para o monitoramento ambiental e de áreas de atividades agrossilvopastoris e de florestas, devido a sua combinação de resolução espacial de 5 metros e resolução radiométrica de 12 bits e boa resolução temporal.

Diferentes técnicas de processamento digital para as imagens Rapideye foram testadas por Pinagé (2013), que sugeriu que as técnicas baseadas em índices de vegetação apresentaram resultados mais satisfatórios para delinear áreas com infraestruturas florestais.

Embora a técnica de interpretação visual não seja precisa quanto à definição dos limites da área afetada pela exploração seletiva, esta possibilitou o mapeamento com base no entorno das cicatrizes detectadas nas cenas analisadas, e posteriormente vetorizadas manualmente.

As observações da textura nas cenas e a comparação temporal de imagens da mesma cena foram determinantes para a constatação de exploração madeireira por imagens de satélite.

Alguns pontos observados em campo das áreas de exploração seletiva de madeira ilegal dentro da RDS do Juma, não puderam ser avaliados pelas imagens de satélite devido à cobertura de nuvens. Entretanto, considerou-se que o resultado do mapeamento foi satisfatório.

A utilização de imagens de alta resolução é tecnicamente viável, porém, é difícil de visualizar claramente a diferença entre clareiras de árvores exploradas e clareias de queda natural, como também relataram Wasseige e Defeourny (2004). Matricard et al. (2007) sugerem a combinação de métodos de interpretação visual e semi-automático para melhor acurácia de detecção de exploração seletiva na Amazônia.

As áreas de exploração seletiva na zona de amortecimento estão localizadas na maior proporção ao longo dos rios Aripuanã e seus afluentes na porção nordeste, que também é a área onde se concentra maior número de propriedades com planos de manejo florestal protocolados para o licenciamento ambiental na área de estudo. E, em menor proporção, no Rio Mariepauá, Rio Acari e rodovia AM 174.

Percebeu-se que uma característica das áreas de exploração ilegal mecanizada é a sua forma assimétrica, com leve danos no dossel e sutil aparência de solo exposto, devido à pouca abertura para a passagem de maquinário, como o trator florestal (skidder) ou similar mais rústico (Figura 23), em torno de 2 a 3 metros no máximo.

Geralmente não há abertura de pátios, uma vez que a madeira é retirada e transportada para o destino pouco depois da exploração, para descaracterizar o crime ambiental. Em áreas localizadas ao longo de rios são construídos pátios de embarque para facilitar o transporte da madeira por balsas, sendo possível observar a abertura das rampas de embarque nas margens dos rios (Figura 23).



Figura 23. Características de exploração seletiva ilegal: à esquerda um trator de arraste rústico; à direita uma rampa de embarque de toras.

Outra característica das práticas florestais na região de Novo Aripuanã é a instalação de infraestrutura mínima, poucos pátios são realmente executados e muitas vezes não há a construção de uma estrada primária com largura de 5 a 6 metros, recomendados em manuais de manejo florestal (Figura 24).

As feições das estradas e trilhas resultantes da atividade madeireira na área de estudo se assemelham com o padrão espacial de exploração convencional descrita por Johns et al. (1996), onde uma rede de trilhas e curvas se interligam para a colheita das árvores de interesse comercial.



Figura 24. Ramais florestais na área de estudo: à esquerda em área de manejo florestal; à direita em área de extração ilegal.

Estas características contribuem para a reduzida eficácia de detecção de exploração por imagem de média resolução, como as imagens TM ou OLI/Landsat. Embora vários autores já tenham testado o monitoramento de áreas de exploração madeireira empresarial na Amazônia, com a utilização de imagens Landsat (ASNER et al., 2005; SOUZA JR. et al, 2005; GRAÇA et. al., 2005; MATRICARDI et al., 2007; MONTEIRO; SOUZA JR., 2012), o mesmo só é possível com a presença de estruturas discriminadamente marcantes nas cenas como as estradas principais e pátios.

Pinagé (2013) relatou que as estradas principais (que possuem abertura de 10% no dossel em relação a áreas não exploradas) são construídas em áreas de concessão florestal com a largura de 6 metros e mais o leito de 2 metros de cada

lado para permitir maior trafegabilidade, sendo possível a detecção das mesmas em imagens de média resolução.

No caso da extração seletiva que não utiliza maquinário para arraste e transporte, não é possível a detecção pelas imagens RapidEye, corroborando com outros estudos (MATRICARDI et al., 2007). Portanto, não há dúvidas quanto as áreas de corte seletivo detectadas dentro da UC serem explorações ilegais.

Pinagé (2013) relatou que as imagens RapidEye obtiveram melhor vantagem no reconhecimento de infraestrutura florestal em relação às imagens Landsat. No entanto, mesmo com a utilização destas imagens não é possível obter maior acurácia na identificação de todos os impactos causados pela exploração florestal devido ao complexo mosaico de elementos distintos presentes na cena de uma área de exploração madeireira.

Acredita-se que a área afetada pela exploração seletiva na RDS do Juma seja muito maior que as delimitadas por este estudo. Apesar do bom desempenho do mapeamento realizado, as imagens não permitiram detectar áreas de exploração florestal sem a estrutura do arranjo pátio/trilhas.

Fearnside (2003) diz que as baixas estimativas de áreas afetadas pela exploração seletiva, devem-se a incapacidade da técnica de interpretação das imagens de satélite de distinguir a perturbação resultante da exploração madeireira, que não sejam os pátios de estocagem.

Por sua vez, Monteiro e Souza Jr (2012) afirmam que a caracterização dos impactos da exploração madeireira no campo é essencial para determinar os distúrbios na floresta em diferentes graus.

Conforme o Plano de Gestão da UC, a atividade florestal dentro da RDS do Juma, só é permitida se for realizada pelas comunidades tradicionais (SDS, 2010). No total foram protocolados 13 projetos de manejo florestal dentro da UC incluindo manejo empresarial em propriedades privadas, tendo sido somente aprovados três de pequena escala.

Os planos de manejo empresariais licenciados em propriedades privadas localizadas na zona de amortecimento da Reserva não executaram conforme o planejamento apresentado nos projetos licenciados no IPAAM.

Há pequenas e médias serrarias na cidade de Novo Aripuanã, que acabam recebendo madeira ilegal, muitas vezes de origem da RDS do Juma. A maior parte das toras que é recebida nas serrarias é comprada por terceiros, e não retiradas diretamente por meio de planos de manejo da própria serraria.

Geralmente o processamento é primário, que transforma as toras em pranchões, pranchas, tábuas, caibros e vigas. Somente madeiras mais nobres, tal como o ipê, são transformadas em produtos acabados como decks, tacos e pisos.

Nem sempre o proprietário da terra é o responsável pelas operações fraudulentas. O principal responsável costuma ser o intermediário que negocia com o proprietário rural um valor pela madeira, que é inferior ao praticado no mercado, e este último “empresta seu nome e documentos pessoais” para aprovar e explorar o plano de manejo. No entanto, o intermediador não aparece nos documentos oficiais do órgão licenciador/fiscalizador.

As atividades antrópicas desenvolvidas na zona de amortecimento da RDS do Juma, que representa ameaças (alto grau de impacto) para os seus ecossistemas devem ser licenciadas pelo IPAAM, que, poderá conceder a licença ambiental mediante anuência do órgão gestor. Pode-se dizer que as práticas ilegais não têm uma relação direta com os planos de manejo. Contudo, o estudo mostrou que houve mais exploração ilegal no ano de 2011, ano em que não houve planos de manejo florestal licenciados para a zona de amortecimento da RDS do Juma.

2.5 CONCLUSÃO

No geral, a prática florestal não segue um planejamento das operações de exploração na zona de amortecimento, mesmo as áreas com planos de manejo aprovados no órgão licenciador.

Constatou-se a existência de extração seletiva de madeira ilegal na RDS do Juma e na zona de amortecimento próxima às principais vias de acesso, rio Aripuanã e seus afluentes, e também na rodovia AM 174. Os manejos florestais licenciados no entorno da UC precisam ser mais bem monitorados.

As imagens RapidEye são adequadas para a identificação e o mapeamento das áreas de extração seletiva de madeira mecanizada no Amazonas, devido a sua resolução espacial de 5 m que possibilita identificar perturbações menores na paisagem florestal constante nas cenas.

Somente a aplicação do modelo linear de mistura espectral nas imagens TM e OLI da série Landsat não foi suficiente para a detecção de sinais de exploração seletiva de madeira na área do estudo, devido especialmente, a ausência das infraestruturas de exploração florestal, tais como pátios e estradas com mais de 4 m de largura.

Contudo, recomenda-se testar outras técnicas de processamento destas imagens ou combinações de técnicas, como por exemplo, uso de LiDAR (leitura por sensor de varredura a laser aerotransportado), para aumentar as chances de detecção de corte seletivo em áreas com baixa perturbação no dossel florestal.

Este estudo sugere que as áreas de exploração madeireira no sul do Amazonas sejam mais difíceis de detecção por imagens de satélite do que em outras regiões amazônicas que utilizam técnicas de exploração tradicionais em escala empresarial, devido principalmente às características das práticas de exploração com a instalação de pouca infraestrutura florestal.

DETECÇÃO DE ESTRADAS ENDÓGENAS NA RDS DO JUMA

3.1 INTRODUÇÃO

A ampliação de rede viária, a partir da construção de rodovias e estradas vicinais, impulsionou a ocupação desordenada na Amazônia e conseqüentemente, gerou impactos sociais e ambientais adversos (SERRA; FERNANDEZ, 2004; FEARNSSIDE, 2005). As estradas próximas às áreas de florestas e rios navegáveis são vias de propagação de todo tipo de atividade ilegal, como extração de madeira, garimpo, caça, biopirataria, grilagem de terras e desmatamento (SOUZA JR. et al., 2004; VERÍSSIMO et al. 2011).

Novas ocupações em áreas devolutas são encorajadas pela abertura de estradas endógenas (não oficiais). A pressão dessa atividade ilegal em áreas protegidas da Amazônia é retratada em alguns estudos (ADEODATO, 2011; VERÍSSIMO et al., 2011; GREENPEACE, 2014). As áreas protegidas são cortadas em média por 15,82 km de estradas/1.000 km², sendo maior nas áreas de entorno (VERÍSSIMO et al., 2011).

A região sudeste do Amazonas concentra a segunda maior malha de estradas vicinais do estado, especialmente, por ser a principal fronteira de expansão de atividades agropecuárias derivadas dos assentamentos de reforma agrária (MACIEL, 2008).

Localizada no coração do principal eixo viário do sul do Estado, entre as rodovias BR-319 e BR-230, a RDS do Juma é cortada pela rodovia AM-174 que liga os municípios de Novo Aripuanã e Apuí.

Na RDS do Juma foi implementado um projeto de REDD (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação), pioneiro na região, que tem como objetivo conter o desmatamento e suas respectivas emissões de gases de efeito estufa em uma área sujeita à grande pressão de uso da terra no Estado do Amazonas (FAS, 2015).

Iniciou-se a execução do projeto em 2008 pela Fundação Amazonas Sustentável (FAS) em parceria com a rede de hotéis Marriott, que tem a perspectiva de efetivação de um mecanismo financeiro para geração créditos de carbono através de pagamento por hospedagem como compensação de emissão de carbono. Esses créditos podem ser utilizados na implementação de programas de melhorias socioambientais das comunidades residentes da RDS do Juma, que tem como base os inventários dos estoques de carbono e monitoramento do desmatamento na região (IDESAM, 2009).

Neste contexto, o presente capítulo tem como objetivo de detectar e mapear estradas endógenas por meio da utilização de imagem fração solo derivada do modelo linear de mistura espectral em imagens orbitais.

A pesquisa contou com as etapas de formação de banco de dados e processamento dos dados. Levantamentos de campo foram realizados para validar as áreas mapeadas (estradas utilizadas para exploração florestal) por sensoriamento remoto.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Seleção das cenas

Para a realização do presente trabalho foram adquiridas imagens de satélite do sensor OLI/Landsat 8 para a área de estudo, adquiridas nos meses de maio, junho e setembro de 2014, abrangendo as cenas (órbita/ponto) 230/64, 230/65, 231/64 e 231/65. Foram selecionadas preferencialmente as cenas com menor cobertura de nuvens.

As imagens geradas pelo sensor OLI Landsat 8, foram obtidas gratuitamente a partir da plataforma Glovis e Earth Explorer do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Foram utilizadas neste estudo as faixas espectrais correspondentes às bandas: B2 (azul), B3 (verde), B4 (vermelho), B5 (infravermelho próximo), B6 (infravermelho médio 1) e B7 (infravermelho médio 2). As imagens do OLI possuem

resolução espacial de 30m e radiométrica de 12 bits (16 bits quando processadas para dados de produtos em nível-1).

Para auxiliar a análise foram utilizadas 12 cenas do satélite RapidEye nível 3 A para os anos de 2012 e 2013, que abrangem as áreas próximas aos rios Aripuanã e rodovia AM 174.

O RapidEye é um sistema de constelação de cinco satélites em mesma órbita. A faixa da abrangência de coleta de imagens é de 77 km de largura e 1500 km de extensão. As imagens RapidEye são disponibilizadas em arquivos de 16 bits. Estas imagens são fornecidas com a calibração do sensor aplicada e representam a radiância ao nível de satélite em unidades de $W/m^2/sr/\mu m$ multiplicados por 100 (BLACK BRIDGE, 2013).

As imagens RapidEye foram adquiridas através do banco de dados do catálogo de imagens do Ministério do Meio Ambiente.

3.2.2 Pré-processamento dos dados

Após a escolha e obtenção das cenas do OLI/Landsat 8, foi realizada a etapa de pré-processamento dedicada à correção atmosférica. Para esse fim, neste trabalho foi utilizado o software ENVI. A etapa de pré-processamento das imagens foi descrita no capítulo anterior.

3.2.3 Processamento dos dados

Para a detecção e posterior vetorização das estradas endógenas, foi utilizada a técnica de interpretação visual das imagens fração-solo derivado do modelo linear de mistura espectral (MLME), a partir das imagens OLI/Landsat 8 para melhor observação do alvo (solos expostos em estruturas lineares) nas cenas (GRAÇA; VASCONCELOS, 2011). Posterior à identificação, as feições lineares detectadas foram vetorizadas para a realização do mapeamento.

Segundo o MLME, a resposta espectral em cada pixel, em qualquer banda de um sensor, pode ser imaginada como uma combinação linear das respostas

espectrais de cada componente presente na mistura (pixel) (PONZONI, 2012). O MLME tem sido uma técnica bastante empregada por pesquisadores para o mapeamento e monitoramento de mudanças no ambiente (GRAÇA; VASCONCELOS, 2011).

As imagens fração-solo proporcionam um grande contraste entre áreas de vegetação e áreas de solo exposto. Portanto, permitindo auxiliar na identificação da presença de estradas e pátios, que apresentam um maior valor nas imagens fração-solo do que a floresta.

Para a elaboração do mapa detecção foi utilizada a projeção plana SIRGAS Zona 20 s e Datum SIRGAS 2000. Adicionalmente, foram utilizadas as imagens TM/Landsat 5 para o ano de 2008 como referência temporal, para posterior comparação.

3.2.4 Validação das imagens-detecção

Com o objetivo de validar os resultados das imagens detecção de estradas ilegais, percorreu-se a rodovia Estadual AM-174 desde a sede do município de Novo Aripuanã até o km 180, na extremidade da RDS do Juma. Coletaram-se as coordenadas geográficas, por meio de um aparelho GPS de navegação, de estradas e ramais ao longo da rodovia no perímetro da UC. Essa atividade de campo foi realizada em julho de 2014.

3.3 RESULTADOS

Foram identificados 29,82 km de estradas não oficiais dentro da RDS do Juma e 40,18 km na zona de amortecimento através das imagens OLI/Landsat 8 para o ano de 2014. As estradas endógenas se concentram ao longo da Rodovia AM-174. Observou-se que a maior quantidade de estradas na porção mais ao sul da UC, em grande parte, está associada às fazendas de pecuária ao longo da rodovia (Figura 25).

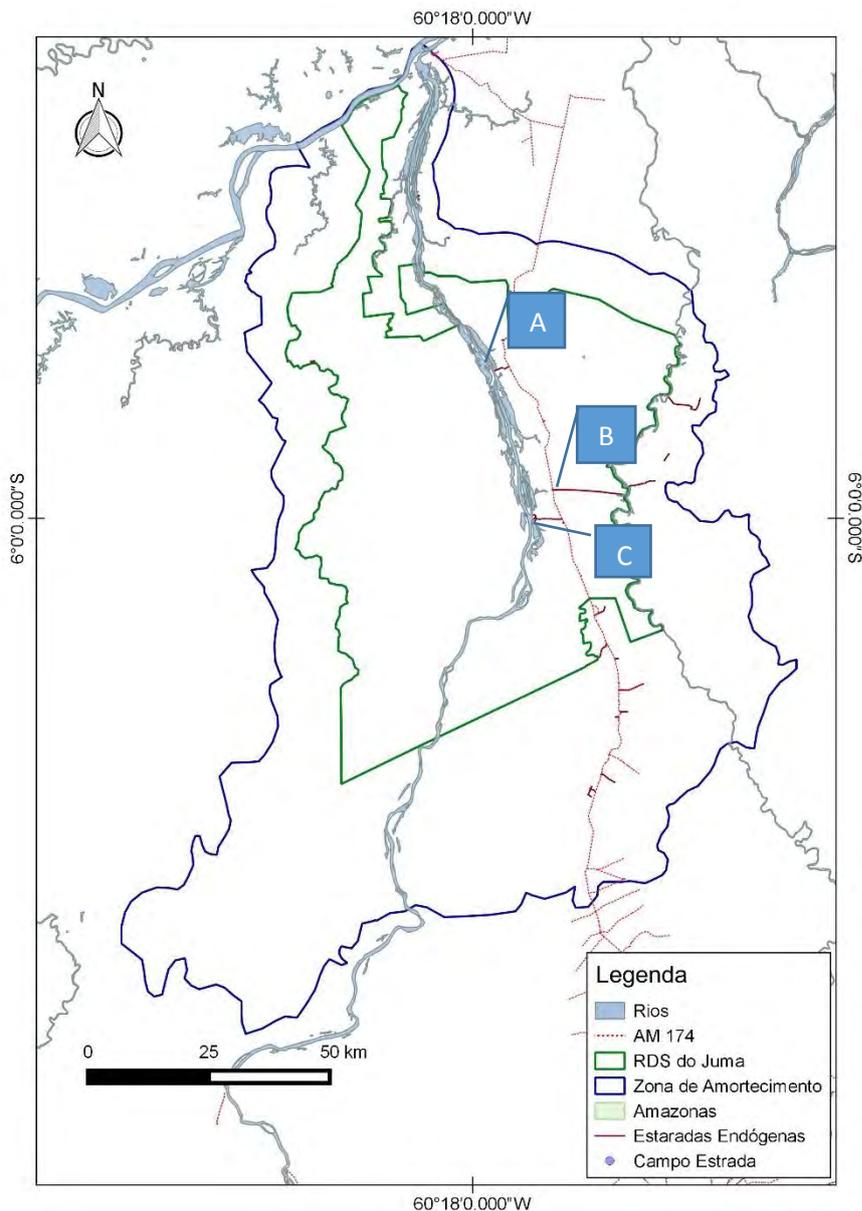


Figura 25. Mapa das estradas endógenas identificadas a partir de imagens Landsat 8 para o ano de 2014: A – Ramal do Prainha; B – Ramal do “Gilmarzinho”; C – Ramal da “Boca do Juma”.

A partir da interpretação das imagens fração-solo do satélite RapidEye para o ano de 2013, foi possível identificar mais feições lineares, resultando em 34,91 km de estradas não oficiais dentro da RDS do Juma e 166,17 km de estradas na ZA (Figura 26). Desses, 128,6 km estão concentradas mais ao sul da rodovia AM-174.

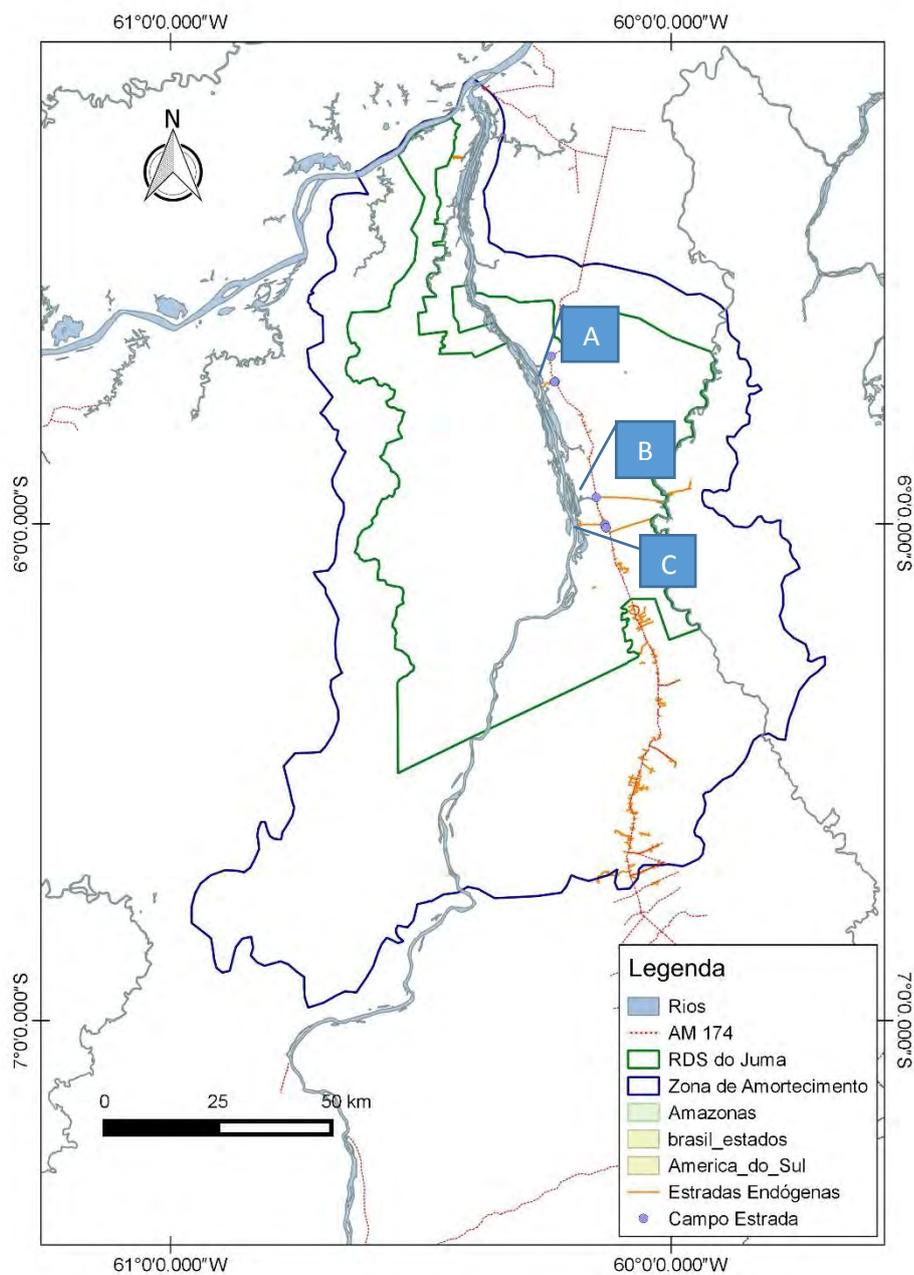


Figura 26. Mapa das estradas endógenas identificadas a partir de imagens RapidEye para o ano de 2013: A – Ramal do Prainha; B – Ramal do “Gilmarzinho”; C – Ramal da “Boca do Juma”.

Os três maiores segmentos de estradas endógenas encontradas dentro da UC são ramais conhecidos por moradores locais, utilizados como via de acesso de moradores de comunidades ao Rio Aripuanã, vias de acesso às propriedades particulares e também como vias de escoamento de produtos da fauna e flora retirados ilegalmente da Reserva.

Comparando as imagens Landsat fração-solo derivadas do MLME entre os anos de 2008 e 2014, verificou-se que o ramal do “Gilmarzinho” foi construído após a criação da RDS do Juma. Este ramal, de 13,20 km de extensão, conecta uma propriedade localizada às margens do Rio Acari até a rodovia AM-174 (Figura 27).

No geral, o avanço de estradas endógenas na RDS do Juma apresentou um acréscimo de 2,2 km/1000 km² ao longo de seis anos.

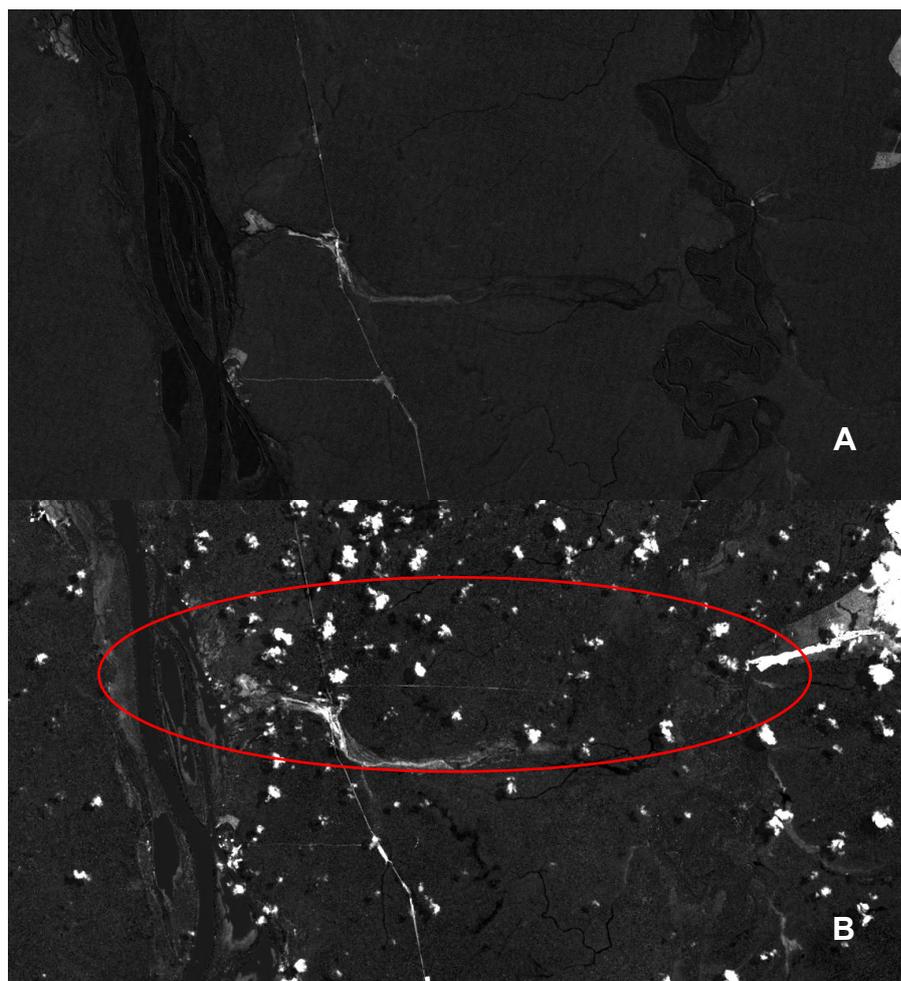


Figura 27. Imagens fração-solo derivados do MLME do satélite Landsat do ramal do “Gilmarzinho” em destaque pelo círculo vermelho: A – ano de 2008 (antes da construção); B – ano de 2014 (após a construção).

3.4 DISCUSSÃO

As imagens fração-solo derivadas do modelo linear de mistura espectral mostraram ser adequadas para a detecção de solo exposto em feições lineares, como as estradas. Embora as imagens de média resolução tenham apresentado resultado satisfatório na detecção de estradas endógenas, não foi possível observar as estradas ou trilhas de arraste de madeira resultantes de exploração seletiva de madeira para realizar o delineamento das mesmas.

Foram encontradas diferenças marcantes entre a quantidade de estradas detectadas por meio das imagens OLI/Landsat 8 em relação às imagens RapidEye. Este resultado é explicado pela resolução espacial (5 m) do RapidEye que possibilita um maior nível de detalhamento na visualização de alvos terrestres do que sensores de média resolução (30 m). Há de considerar também que as imagens RapidEye são de 2013, um ano antes das imagens Landsat de 2014.

Algumas feições podem não ser observadas após um ano devido à rápida regeneração do sub-bosque da floresta, ou fechamento do dossel pelas copas das árvores remanescentes, principalmente se forem estruturas provisórias como trilhas de exploração seletiva.

É mais factível o reconhecimento de algumas estradas mais estreitas por imagens de alta resolução, como abordou Read et al. (2003), que utilizaram imagens do satélite Ikonos (1-4 m de resolução espacial) em uma área de manejo florestal de impacto reduzido no município de Itacoatiara (AM).

As maiores diferenças foram encontradas entre as estradas situadas mais ao sul da ZA, quando comparadas as imagens RapidEye e OLI/Landsat 8. Essas estradas são principalmente utilizadas como vias de acesso a propriedades rurais, muitas como principal característica, a presença de área desmatada para uso de pastagens e criação de gado. Nota-se, também, que há uma frente de expansão, sobretudo de pastagens, no sentido Apuí-Novo Aripuanã (Figura 28).

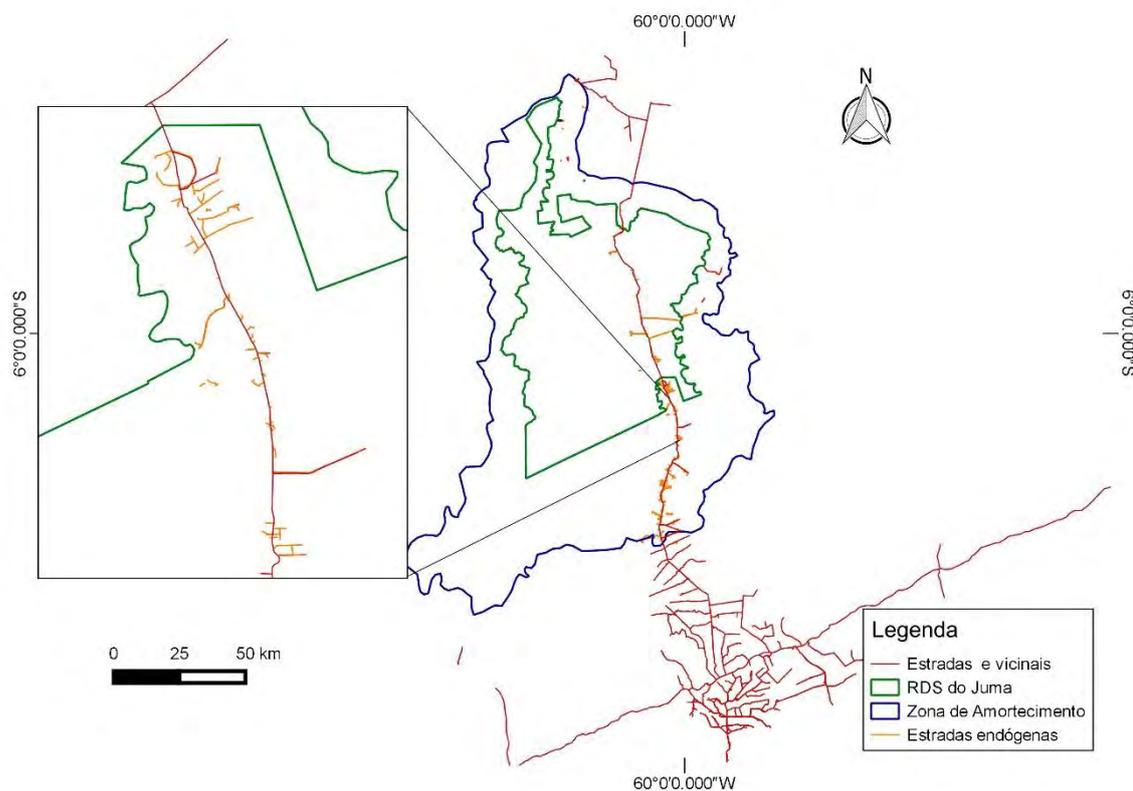


Figura 28. Expansão das estradas endógenas no sentido Apuí-Novo Aripuanã (zoom).

Diante deste cenário, foi observada grande vulnerabilidade da RDS do Juma ao desmatamento, devido ao aumento da malha de ramais de acesso mais ao sul da RDS do Juma. É perceptível o avanço das estradas na área do projeto de REDD, como mostram as figuras anteriores, o que pode comprometer perdas em arrecadações financeiras com as emissões de carbonos da abertura de estradas e outras intervenções consequentes.

Um estudo realizado na Amazônia demonstrou que grande parte do incremento do desmatamento estão concentradas em 92% numa faixa de 5 km em relação às estradas oficiais e não-oficiais (Brandão Jr. et al., 2007).

Yanai et al. (2012) simularam o avanço do desmatamento com projeção para 2050 na RDS do Juma, no qual averiguaram que o incremento médio anual de desmatamento de 4,5% no cenário linha de base e cenário com vazamento, e 4,4% considerando a criação da Reserva com vazamento reduzido. O mesmo estudo

concluiu que embora haja avanços de desmatamento, o mesmo não irá atingir as florestas da Reserva em sua totalidade.

No entanto, é preciso mais atenção por parte do poder público estadual em priorizar a efetiva gestão desta UC e promover o monitoramento e fiscalização na região. Assim como concluíram Pinho et al. (2015), o mapeamento das estradas endógenas é uma boa estratégia de controle e avaliação de pressão antrópica sobre a floresta ainda intacta.

3.5 CONCLUSÃO

O MLME se mostrou eficiente na identificação e mapeamento das estradas endógenas, tanto na utilização das imagens OLI/Landsat 8, assim como aquelas utilizadas do RapidEye. No entanto, as imagens de alta resolução como as do RapidEye permitem uma melhoria da interpretação visual das imagens, possibilitando identificar melhor os alvos terrestres, tais como as estradas e ramais de exploração de madeira.

O mapeamento e monitoramento de estradas não oficiais (endógenas) são ferramentas cruciais no auxílio da gestão ambiental, como por exemplo, avaliação da integridade florestal em projetos de REDD, identificando áreas de forte pressão de ocupação e desmatamento, para um planejamento de ações de fiscalização mais adequado à capacidade de execução.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Amazonas é o estado que possui a maior cobertura de florestas conservadas no país. Porém, ainda é necessário um grande esforço para que sejam inseridas as boas práticas de sustentabilidade socioambiental em atividades de base florestal.

A execução na administração dos empreendimentos de forma inadequada, e a exploração madeireira sem planejamento e sem comprometimento ambiental é rotineira, em especial na região sul do estado.

Enquanto o manejo de impacto reduzido fica somente no projeto de manejo florestal aprovado no órgão licenciador, as florestas seguem no ritmo de degradação incessante.

Madeiras e áreas de manejo florestal localizados no sul do estado do Amazonas merecem maior atenção por parte dos órgãos fiscalizadores, devido especialmente por não seguirem os projetos aprovados na fase de licenciamento. Os impactos gerados por exploração florestal malconduzida são visíveis em curto prazo, mas o que preocupa é a escassez de algumas espécies madeiras comerciais num médio e longo prazo pela exploração em demasia do recurso madeireiro.

É inadiável o diálogo com o setor florestal sobre as novas formas de olhar a questão do manejo florestal, para que o discurso e a prática não fiquem só no lado econômico da moeda, mas que a boa execução e a preocupação em minimizar os impactos causados sejam prioridades. Especialmente porque tão importantes quanto os produtos que a floresta possui, os serviços ambientais e ecossistêmicos que são gerados são os que permitem vida e sustento às populações humanas.

Este estudo mostrou que é possível e recomendável o uso de sensoriamento remoto para o monitoramento da atividade de exploração florestal (legal e ilegal) no Amazonas. Um banco de dados de imagens de satélites é imprescindível para o controle e proteção ambiental das áreas de florestas no Estado, principalmente para as tomadas de decisão e programação de ações de fiscalização no campo.

As imagens RapidEye foram confiáveis em detectar sinais de exploração seletiva visualmente, sem exigir grandes habilidades de técnicas de sensoriamento remoto por parte do analista intérprete. Em outra mão, a aquisição de imagens de alta resolução pode se tornar onerosa para o monitoramento de grandes áreas.

Monitorar a execução do manejo florestal por meio de análise de danos na cobertura florestal em imagens de satélite, aliado a análise de movimentação de créditos virtuais de madeira em sistema DOF é factível. Assim, pode-se otimizar tempo e recursos para as operações em áreas de difícil acesso, agindo focalmente nas áreas críticas, por exemplo.

No entanto, a utilização de imagens da série Landsat continua a ser um desafio para este propósito no setor florestal, devido à complexidade amplamente relatada em diferenciar os diversos alvos que compõem uma cena em imagens de resolução média (20 a 30 m). Mais ainda, a instalação de pouca infraestrutura de exploração torna mais difícil a detecção de sinais de exploração ao utilizar imagens de média resolução espacial.

Novos estudos com a utilização de outras técnicas e métodos de detecção e monitoramento da exploração ilegal de madeira na região amazônica, como por exemplo, uso de LiDAR e imagens de resolução espacial menor que 1 m, são imprescindíveis. Estes estudos possibilitarão averiguar as dinâmicas de exploração dos recursos florestais e assim, subsidiará o poder público para definição de novas políticas públicas voltadas para gestão e conservação ambiental.

Algumas recomendações são importantes para a um maior empenho por parte do poder público estadual em priorizar a efetiva gestão da RDS do Juma:

- Promover o monitoramento contínuo sobre as pressões de extração madeireira e desmatamento dentro e no entorno da UC, com o uso de técnicas de sensoriamento remoto, por exemplo;
- Realizar ações de fiscalização anuais dentro da RDS e zona de amortecimento, especialmente em projetos licenciados no entorno imediato da UC;

- Elaborar e implantar o plano de proteção da UC, com foco em programas de participação comunitária, como o programa Agente Ambiental Voluntário;
- Manter atualizado dados socioeconômicos, tanto de moradores da Reserva, quanto os que estão no entorno;
- Acompanhar, na medida do possível, o andamento dos processos de regularização fundiária junto ao órgão estadual de terras, em especial das áreas situadas na zona de amortecimento da UC, uma vez que boa parcela dos planos de manejo foi licenciada em áreas de título provisório.

Este fato merece atenção, especialmente porque a demanda não atendida pela política fundiária implementada no estado, em termos de regularização, torna o cumprimento do código florestal algo difícil de ser alcançado. Uma vez que, a maioria das áreas de manejo com título provisório é explorada em uma única licença (única unidade de produção florestal), favorecendo, com isso, o abandono destas áreas logo após a extração madeireira. Estas áreas de manejo florestal abandonadas são atrativos potenciais para outros interesses que nem sempre estão em consonância com a manutenção da floresta em pé.

Recomenda-se, por fim, não conceder licença ambiental para planos de manejo florestal de maior impacto no interior da Unidade de Conservação RDS do Juma, uma vez que a atividade de manejo florestal empresarial não é compatível com a categoria Reserva de Desenvolvimento Sustentável. Além de que na prática, o entorno da UC vem sofrendo pressão em função de uma atividade de exploração florestal que, geralmente, não atende aos parâmetros técnicos e legais voltados para conservação desses ambientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEODATO, S.; MONZONI, M.; BETIOL, L.S.; VILLELA, M. **Madeira de ponta a ponta: o caminho desde a florestal até o consumo**. São Paulo, SP: FGV ERA, 1ª Ed. 2011. 128 p.

ALENCAR, A.; NEPSTAD, N.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D. C. V. E FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica**. Manaus, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), 2004. 89 p.

AMAZONAS (Estado). Lei Complementar Nº 53, de 05 de junho de 2007. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação e dá outras providências. Manaus, 2007. 2. Ed, 32 p.

AMAZONAS (Estado). Lei Nº 3.789, de 27 de julho de 2012. Dispõe sobre a reposição florestal no Estado do Amazonas e dá outras providências. (D.O.E. 27 jul. 2012).

AMAZONAS. Governo do Estado do Amazonas. Disponível em:

<<http://www.amazonas.am.gov.br/o-amazonas/economia/>>. Acesso em: 17fev.2015.

ANDRADE, R. S. 2014. Planos de manejo florestal em pequena escala nas unidades de conservação do Amazonas: situação atual e perspectivas. Dissertação de Mestrado. INPA: Manaus. 90 p.

ANTUNES, M. A. H.; DEBIASI, P.; SIQUEIRA, J. C. S. Avaliação espectral e geométrica das imagens rapideye e seu potencial para o mapeamento e monitoramento agrícola e ambiental. **Revista Brasileira de Cartografia** Nº 66/1, 2014. p. 105-113.

ANTUNES, A. F. B.; LINGNAU, C. 1997. Avaliação da acurácia de mapas temáticos oriundos da classificação digital. In: IV Simpósio de Geoprocessamento, 1997, São Paulo, SP. **Anais**..., v. 1. Disponível em:

<<http://www.geomatica.ufpr.br/docentes/felippe/pessoal/acuraccy.pdf>>. Acesso em: 12jun.2015.

ARAÚJO, E.; BARRETO, P. Ameaças formais contra as Áreas Protegidas na Amazônia. **O Estado da Amazônia**, 16, 6. Belém: Imazon. 2010. Disponível em: <<http://www.imazon.org.br/publicacoes/o-estado-da-amazonia/ameacas-formais-contra-as-areas-protegidas-na-amazonia>>. Acesso em: 31 jan.2014.

ASNER, G. P.; KNAPP, D. E.; BROADBENT, E. N.; OLIVEIRA, P. J. C.; KELLER, M.; AND SILVA; J. N. M. Selective logging in the Brazilian Amazon, **Science**, 310, 480-482. 2005.

ASNER, G. P., KELLER, M., LENTINI, M., MERRY, F., SOUZA JR., C. Selective Logging and its Relation to Deforestation. Amazonia and Global Change. M. K. John Gash, Mercedes Bustamante, and Pedro Silva Dias. Washington, **American Geophysical Union**. 1: 25-42. 2009. Versão traduzida. Disponível em: <http://daac.ornl.gov/LBA/lbaconferencia/amazonia_global_change> Acesso em: 17jan.2014.

BARNEJEE, O.; MACPHERSON, A.J. ALAVALAPATI, J. Toward a policy of sustainable forest management in Brazil: A historical analysis. **The Journal of Environment & Development**. V. 18 (2), 130-153. 2009.

BARRETO, P.; SOUZA JR.; C., ANDERSON, A.; SALOMÃO, R.; WILES, J. Pressão humana no bioma Amazônia. **O Estado da Amazônia** nº 3. Belém: Imazon, 2005. 6p.

BARROS, A.C.; UHL, C.1997. Padrões, Problemas e Potencial da Extração Madeireira ao longo do rio Amazonas e do seu Estuário. **Série Amazônia** Nº 04. Belém: IMAZON, 42 p.

BECKER, B. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, 19 (53) 2005. p. 71-86.

BLACK BRIDGE. 2013. Satellite Imagery Product Specifications. 47 p. Disponível em: <http://www.blackbridge.com/rapideye/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf> Acesso em: 21set. 2014.

BNDES. Caracterização, análise e sugestões para adensamento das políticas de apoio a APLs implementadas nos estados: Amazonas. Nota Técnica 5. Relatório do Projeto Análise do Mapeamento e das Políticas para Arranjos Produtivos Locais no Norte, Nordeste. 2009. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/Caracterizacao_AM.pdf>. Acesso em: 18fev.2015.

BRANDÃO JR., A. O.; SOUZA JR., C. M. Avaliação das imagens Landsat para identificação e extração de estradas madeireiras. **Anais...** IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, GO, Brasil, 16 a 21 de abril. 2005. INPE. p. 3503-3509.

BRANDÃO JR., A. O.; SOUZA JR., C. M. RIBEIRO, J. G. F.; SALES, M. H. R. Desmatamento e estradas não-oficiais da Amazônia. **Anais...** XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, SC, Brasil, 21 a 26 de abril. 2007. INPE. p. 2357-2364.

BRASIL. Lei Nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (D.O.U. de 19 jul. 2000).

BRASIL. Lei Nº 11.284 de 2 de março de 2006. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para produção sustentável [...]; e dá outras providências. (D.O.U. de 3 mar. 2006).

BRASIL. Lei Complementar Nº 140 de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, [...] para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas [...] e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. (D.O.U. de 9 dez. 2011).

BRASIL. Lei Nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...] e da outras providências (D.O.U. de 28 de maio de 2012).

BURSZTYN, M. A.; BURSZTYN, M; ASSUNÇÃO, F. N. A. Aspectos legais e institucionais da gestão ambiental na Amazônia. In: Sayago, D.; Tourran, J. F.; Bursztyn, M. (Orgs.). **Amazônia: cenas e cenários**. Brasília: Universidade de Brasília, 2004. p. 263-293.

CHANDER, G., MARKHAM, B. L., & HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote sensing of environment**, 113(5), 893-903. 2009.

CLEMENT, CHARLES R.; NIRO HIGUCHI. A floresta amazônica e o futuro do Brasil. **Ciência e Cultura** 58.3 (2006): 44-49.

CLÉMENT, J. O extrativismo na história agrária do Estado do Amazonas. Projeto Floresta Viva. 2008. Disponível em:
<http://www.gret.org/static/cdrom/floresta_viva_amazonas/Files/1.1.3_13_0810_historia_extrativismo_amazonas_clement_jaubertie.pdf>. Acesso em: 20fev.2015

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA Nº 428 de 17 de dezembro de 2010. Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC) e dá outras providências (D.O.U. de 20 de dez. 2010).

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (Amazonas). Resolução CEMAAM Nº 007 de 21 de junho de 2011. (D.O.E. 22 jun. 2011).

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (Amazonas). Resolução CEMAAM Nº 016 de 16 de julho de 2013. (D.O.E. 10 set. 2013).

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (Amazonas). Resolução CEMAAM Nº 017 de 20 de agosto de 2013. (D.O.E. 05 fev. 2014).

FAS. Fundação Amazonas Sustentável. Disponível em: <<http://fas-amazonas.org/>> Acesso em: 20 mai. 2015.

EMBRAPA; INPE. Terra Class: Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia 2010. 2013, Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/sumario_terraclass_2010.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2015.

FEARNSIDE, P.M. Causes of Deforestation in the Brazilian Amazon. pp. 37-61 In: R.F. Dickinson (ed.) **The Geophysiology of Amazonia: Vegetation and Climate Interactions**. John Wiley & Sons, New York. 1987. 526 pp.

FEARNSIDE, P.M. Frenesi de Desmatamento no Brasil: A Floresta Amazônica Irá Sobreviver pp. 45-57 In: G. Kohlhepp and A. Schrader (eds.) **Homem e Natureza na Amazônia**. Tübinger Geographische Studien 95 (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerika - Forschung 3). Geographisches Institut, Universität Tübingen, Tübingen, Germany. 1987. 507 pp.

FEARNSIDE, P. M. **A floresta Amazônia nas mudanças globais**. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 2003. 134 p.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e conseqüências. **Megadiversidade** 1(4): 113-123. 2005.

FEARNSIDE, P.M., P.M.L.A. GRAÇA, E.W.H. KEIZER, F.D. Maldonado, R.I. BARBOSA; E.M. NOGUEIRA. Modelagem de desmatamento e emissões de gases de efeito estufa na região sob influência da Rodovia Manaus-Porto Velho (BR-319). **Revista Brasileira de Meteorologia** 24(2): 208-233. 2009.

FEARNSIDE, P. M. A exploração de áreas sob floresta amazônica e a ruptura do equilíbrio do ambiente. pp. 91-100. In: PLESE, L.P.M. et al. (Eds.) **Áreas Degradadas da Amazônia: Perspectivas Sustentáveis para Exploração Econômica**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre (IFAC), Rio Branco, Acre. 2013. 100 pp.

GARRIDO FILHA, I. Manejo florestal: questões econômico-financeiras e ambientais. **Estudos Avançados**: USP, São Paulo, V.16, n. 45, 2002. p. 91-106.

GERWING, J.; VIDAL, E. Degradação de Florestas pela Exploração Madeireira e Fogo na Amazônia / Jeffrey Gerwing & Edson Vidal. **Série Amazônia** N° 20 - Belém: Imazon. 2002. 26 p.

GRAÇA, P.M.L.A.; SANTOS, J.R.; SOARES, J.V.; SOUZA, P.E.U. 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, Brasil, 16-21 abril. 2005. INPE. p. 1555-1562.

GRAÇA, P. M. L. A.; VASCONCELOS, S.S. Mapeamento de áreas afetadas pela exploração madeireira seletiva por imagens de satélite no Distrito Florestal Sustentável BR-319. **Anais...** XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE. 2011. p. 2952-2958.

IDESAM. Projeto de Redução de Emissões de GEE Provenientes do Desmatamento na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma Amazonas, Brasil. 2009. Versão 5.1. 197 p.

IDSM. Manejo Florestal Comunitário Madeireiro: Baseado na experiência da RDS Mamirauá. Série: Protocolos de Manejo dos Recursos Naturais. Tefé: 2012, 54p.

IDSM. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Disponível em: <<http://www.mamiraua.org.br>>. Acesso em: 04 dez.2014.

ISA. Instituto Socioambiental. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org>>. Acesso em: 16 mai.2015.

JOHNS, J.S.; BARRETO, P.; UHL, C. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**. 1996. 89, 59-77.

LAMEIRA, W. J. M.; ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G. Síntese de ocupação em estradas não-oficiais na Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Cartografia** N° 62 Edição Especial 01. 2010.

LANDIS, J.; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data, Washington, **USA. Biometrics**, v. 33, n. 1, 1977. p. 159-174.

LIMA, J.R.A.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Situação das indústrias madeireiras do Estado do Amazonas em 2000. **Acta Amazonica**. Vol. 35 (2) 2005: 125-132.

MACIEL, J. S. C. Estudo de viabilidade ambiental das estradas vicinais no Amazonas. Tese (Doutorado), Rio de Janeiro: UFRJ. 2008. 170 p.

MADY, F.T.M. **Conhecendo a madeira: Informações sobre 90 espécies comerciais**. Programa de Desenvolvimento Tecnológico. Manaus: SEBRAE. 2000. 212 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Instrução Normativa Nº 004 de 11 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a Autorização Prévia à Análise Técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável –APAT, e dá outras providências. (D.O.U. 13 dez. 2006).

MONTEIRO, A.L.S.; SOUZA JR., C.M.; 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, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE, p.5615-5623.

MONTEIRO, A. SOUZA JR., C. Remote Monitoring for Forest Management in the Brazilian Amazon. In: **Sustainable Forest Management – Current Research**, Dr. Julio J. Diez (Ed.). P. 67-86. 2012.

NELLEMANN, C. **Green Carbon, Black Trade: Illegal Logging, Tax Fraud and Laundering in the Worlds Tropical Forests**. Apid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID- Arendal. INTERPOL Environmental Crime Programme (eds). 2012. Disponível em: <http://www.unep.org/pdf/RRALogging_english_scr.pdf>. Acesso em: 30 mar.2014.

NEPSTAD, D. C., et al. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire, **Nature**, 398, 505-508. 1999.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia 2010**. Belém-PA: Imazon, 2013. 124p.

PINAGÉ, R. E. Estudo dos impactos da exploração madeireira em áreas de concessão florestal utilizando imagens orbitais. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 2013. 103 p. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/14860/1/2013_EkenaRangelPinage.pdf> Acesso em: 18 mai. 2015.

PINHO, B. C. P.; BALIEIRO, C. P. P.; BARROS, L. S. GARCIA, E. O uso das imagens Spot e RapidEye na identificação de padrões de estradas endógenas da Amazônia no estado do Pará. **Anais...** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, PB, Brasil, 25 a 29 de abril, 2015. INPE.

PONZONI, F. J. **Sensoriamento remoto da vegetação** / Flávio Jorge Ponzoni, Yosio Edemir Shimabukuro, Tatiana Mora Kuplich. 2 ed. atualizada e ampliada. São Paulo: Oficina de Textos. 2012.

PUTZ, F.E.; SIST, P.; FREDERICKSEN, T.; DYKSTRA, D. Reduced-impact logging: Challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**. 2008. 256,1427–1433.

READ, J.; CLARCK, D. B.; VENTICINQUE, E. M.; MOREIRA, M.P. Application of merged 1-m and 4-m resolution satellite data to research and management in tropical forests. **Journal of Applied Ecology** 40, 592-600. 2003.

ROCHA, J. A. Madeira caída como oportunidade para o manejo florestal comunitário em unidades de conservação no Amazonas, Brasil. Dissertação de mestrado. INPA: Manaus. 2012. 93 p.

ROS-TONEN, M. Novas perspectivas para a gestão sustentável da floresta amazônica: explorando novos caminhos. **Ambiente e Sociedade**. Campinas v. X, n. 1, p. 11-25, jan.-jun. 2007.

SABOGAL, C. **Manejo florestal empresarial na Amazônia brasileira/** por César Sabogal et al. – Belém: CIFOR. 2006. 72 p.

SCHÖNGART, Jochen. Growth-Oriented Logging (GOL): a new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. **Forest Ecology and Management**, 2008. 256, p. 46-58.

SDS. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. (Amazonas). Plano de Gestão da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma. Vol. 1 e 2. 2010. 281 p.

SERRA, M.A.; FERNÁNDEZ, R.G. Perspectivas de Desenvolvimento da Amazônia: motivos para o otimismo e para o pessimismo. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 13, n. 2 (23), p. 107-131, jul./dez. 2004.

SFB/ IMAZON. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados** / Serviço Florestal Brasileiro, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – Belém, PA: Serviço Florestal Brasileiro (SFB); Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), 2010.

SEPLAN. Secretaria do Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (Amazonas). Atlas do setor primário do Amazonas 2013. 1ª Edição. 32 p.

SILVA, J. N. et al. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging, **Forest Ecology and Management** 1995. 71, 267-274.

SILVA, J. A.; BENAC, M. ROCHA, J. D. DE SÁ. A. Modelo e estruturas organizacionais de formulação e implementação de política e gestão florestal do Amazonas. (Estudo e proposições). Relatório técnico final consolidado. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas. 2012. 72 p.

SILVA, L. N.; KIBLER, J.F. 2008. Articulação regional e internacional no projeto Floresta Viva. In: **T&C Amazônia**, Ano VI, Número 15, Outubro de 2008. p.34-42.

SIST, P.; FERREIRA, F. N. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management** 2007. 243,199–209.

SOUZA JR., C.; BRANDÃO JR., A.; ANDERSON, A. & VERÍSSIMO, A. Avanço das estradas endógenas na Amazônia. **O Estado da Amazônia** n°1. Belém: Imazon. 2004. 2 p.

SOUZA JR., C; 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**. 2005. Vol. 98, pp. 329-343.

SOUZA JR. et al. Ten-Year Landsat Classification of Deforestation and Forest Degradation in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing**. 5, 2013. p. 5493-5513.

TONI, F. **Gestão florestal na Amazônia brasileira: avanços e obstáculos em um sistema federalista**. Plural Editores. 1ª Edição. Bolívia, 2006. 73 p.

VERÍSSIMO, A. [et al.] **Áreas Protegidas na Amazônia brasileira: avanços e desafios** [organizadores Adalberto Veríssimo...]. Belém: Imazon; São Paulo: Instituto Socioambiental, 2011.

VIANNA, A. L. M. **Diagnóstico Florestal do Estado do Amazonas**/ André Luiz Menezes Vianna, Carlos Gabriel Koury, André Nóbrega de Arruda et al. / Manaus. Amazonas, 2013.

VIANNA, A. L. M. **Lei de reposição florestal no Estado do Amazonas: Potencialidade para o setor florestal** / André Luiz Menezes Vianna et al. Manaus, Amazonas, 2013.

WALDHOFF, P.; VIDAL, E. E. Community loggers attempting to legalize traditional timber harvesting in the Brazilian Amazon: An endless path. **Forest Policy and Economics**. January, 2015. Pages 311–318.

WASSEIGE, C.; DEFURNY, P. Remote sensing of selective logging impact for a tropical forest management. **Forest Ecology and Management**. 2004.188, 161-173.

YANAI, A. M.; FEARNSIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. A.; NOGUEIRA, E. M. Avoided deforestation in the Brazilian Amazon: simulating the effect of the Juma Sustainable Development Reserve. **Forest Ecology and Management**. 2012. 282, 78-91.

ZIMMERMAN, B L.; KORMOS, C. F. Prospects for Sustainable Logging in Tropical Forests. **BioScience**. 62(5):479-487. 2012. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1525/bio.2012.62.5.9>>. Acesso em: 16 fev.2014.

APÊNDICE

Tabela 01. Imagens da série Landsat utilizadas neste estudo.

Satélite	Sensor	Órbita/ponto	Data da imagem
Landsat 5	TM	230/64	14/07/2008
Landsat 5	TM	230/65	14/07/2008
Landsat 5	TM	231/64	21/07/2008
Landsat 5	TM	231/65	05/07/2008
Landsat 5	TM	230/64	02/08/2009
Landsat 5	TM	230/65	02/08/2009
Landsat 5	TM	231/64	10/09/2009
Landsat 5	TM	231/65	10/09/2009
Landsat 5	TM	230/64	08/10/2010
Landsat 5	TM	230/65	20/07/2010
Landsat 5	TM	231/64	27/07/2010
Landsat 5	TM	231/65	27/07/2010
Landsat 5	TM	230/64	23/07/2011
Landsat 5	TM	230/65	23/07/2011
Landsat 5	TM	231/64	31/08/2011
Landsat 5	TM	231/65	16/09/2011
Landsat 8	OLI	230/64	12/07/2013
Landsat 8	OLI	230/65	12/07/2013
Landsat 8	OLI	231/64	19/07/2013
Landsat 8	OLI	231/65	19/07/2013
Landsat 8	OLI	230/64	01/09/2014
Landsat 8	OLI	230/65	01/09/2014
Landsat 8	OLI	231/64	06/07/2014
Landsat 8	OLI	231/65	19/05/2014

Tabela 02. Imagens da série RapidEye utilizadas neste estudo.

Satélite	Sensor	Cena	Data da imagem
RapidEye	RE2	2036726	24/03/2011; 21/01/2013
RapidEye	RE2	2036727	24/03/2011; 21/01/2014
RapidEye	RE2	2036625	09/08/2011; 22/10/2013
RapidEye	RE2	2036626	09/08/2011; 23/09/2013
RapidEye	RE2	2036627	09/08/2011; 04/10/2013
RapidEye	RE2	2036525	10/08/2012
RapidEye	RE2	2036526	08/08/11; 20/08/2014
RapidEye	RE2	2036527	09/08/2011; 10/08/2012
RapidEye	RE2	2036528	13/09/2012; 25/07/2013
RapidEye	RE2	2036501	13/09/2012
RapidEye	RE2	2036425	06/09/2011; 10/08/2012
RapidEye	RE2	2036426	06/09/2011; 26/08/2013
RapidEye	RE2	2036427	29/05/2011; 25/07/2013
RapidEye	RE2	2036428	29/05/2011; 25/07/2013
RapidEye	RE2	2036401	25/07/2013
RapidEye	RE2	2036325	11/07/2012; 26/08/2013
RapidEye	RE2	2036326	10/08/2012; 23/09/2013
RapidEye	RE2	2036327	10/08/2012; 25/07/2013
RapidEye	RE2	2036328	29/05/2011; 25/07/2013; 04/08/2014
RapidEye	RE2	2036301	29/05/2011; 25/07/2013
RapidEye	RE2	2036302	10/08/2012
RapidEye	RE2	2036225	10/08/2012
RapidEye	RE2	2036226	24/03/2011; 10/08/2012
RapidEye	RE2	2036227	24/05/2011; 25/07/2013
RapidEye	RE2	2036228	24/05/2011; 25/07/2013
RapidEye	RE2	2036201	17/06/2011
RapidEye	RE2	2036202	25/05/2011
RapidEye	RE2	2036125	10/08/2012
RapidEye	RE2	2036126	24/05/2011; 25/07/2013
RapidEye	RE2	2036127	24/05/2011; 25/07/2013
RapidEye	RE2	2036128	24/05/2011
RapidEye	RE2	2036101	25/08/2011; 13/09/2012
RapidEye	RE2	2036102	25/05/2011
RapidEye	RE2	2036025	11/09/2011
RapidEye	RE2	2036026	24/05/2011; 25/07/2013
RapidEye	RE2	2036027	24/05/2011; 25/07/2013
RapidEye	RE2	2036028	24/05/2011; 25/07/2011
RapidEye	RE2	2036001	13/09/2012
RapidEye	RE2	2035924	15/08/2011

RapidEye	RE2	2035925	12/09/2011; 26/07/2013
RapidEye	RE2	2035926	24/05/2011; 26/07/2013

Mapa de localização das atividades florestais madeireiras no Estado do Amazonas.

