

Mapeamento e análise do corte seletivo em uma cena LANDSAT 5 TM no Estado do Pará

Ekena Rangel Pinagé¹

¹ Serviço Florestal Brasileiro

SCEN – Av. L4 Norte, Trecho 2, Lote 4, Bloco G – 70818-900 - Brasília - DF, Brasil

ekena.pinage@florestal.gov.br

Abstract. Pará State, in Brazilian Amazon, holds a great amount of areas under selective logging, legal and illegal. Through visual interpretation of fraction images derived from linear spectral mixture model, this study aimed to map areas under timber extraction in an LANDSAT 5 TM image - path/row 225/062 – and analyze the harvest intensity in three specific areas. This area is located in northeast of Pará State, and is encompassed by two consolidated timber zones. Sixty three logging polygons with different intensities, sizes and planning appearance were mapped. The second analysis indicated that, under low intensity, the vegetation fraction image does not show visible alterations, while logged areas with medium and high intensity can be seen on this image. Another important conclusion is that the harvest intensity can be better determined by the canopy damage that distinguishes logged forests and the neighboring forests than by the log decks (patios) and logging roads density.

Palavras-chave: LANDSAT 5 TM, linear spectral mixture model, selective logging, harvest intensity, Pará State. LANDSAT 5 TM, modelo linear de mistura espectral, corte seletivo, intensidade de exploração, Estado do Pará.

1. Introdução

O mapeamento do corte seletivo em ambientes de floresta não é tarefa trivial como o mapeamento do corte raso, uma vez que esse tipo de uso deixa para trás um mosaico de florestas primárias com clareiras de quedas de árvores, estradas primárias e secundárias, pátios de estocagem de madeira e de maquinário, e árvores danificadas (Stone&Lefevbre, 1998). Ademais, vários fatores afetam o sucesso do mapeamento da exploração seletiva: o grau de umidade da estação (em secas prolongadas o dossel da floresta expõe maior quantidade de solo), o tempo decorrido desde a exploração, a intensidade de exploração, etc.

Vários trabalhos científicos já se propuseram a mapear o corte seletivo, com diferentes abordagens, a maioria delas com o uso dos sensores de média resolução espacial e variações da técnica da Mistura Espectral: Stone&Lefevbre (1998) num dos primeiros trabalhos com esse tipo de mapeamento, utilizaram a interpretação visual; Souza Jr et al, (2005), desenvolveram o Índice de Diferença Normalizada de Frações (NDFI) com o uso das frações sombra, solo, vegetação e vegetação não-fotossintética, e obtendo os *endmembers* a partir do Índice de Pureza do Pixel; Asner et al (2009) usaram as frações solo, vegetação e vegetação não-fotossintética, extraíndo os *endmembers* a partir de bibliotecas espectrais e as imagens frações através de técnicas automáticas de processamento; e Maldonado et al (2009) propõem a Rotação Radiométrica Controlada para gerar a componente solo sem depender da seleção de componentes puros da cena. Em todas as abordagens, o pátio de estocagem é o elemento indicador ou a assinatura espacial da presença do corte seletivo. A exploração madeireira não mecanizada, na qual não são abertos pátios, estradas e trilhas de arraste, não é mapeada com sucesso através dessas técnicas.

O objetivo deste artigo é analisar distintos padrões de extração seletiva encontrados em uma cena LANDSAT no Estado do Pará, através da interpretação visual de imagens fração processadas com a técnica do modelo linear de mistura espectral (Shimabukuro& Smith, 1991).

2. Material e Método

2.1. Área de estudo

A área de estudo dessa análise é uma cena LANDSAT 5 TM, órbita ponto 225/062, adquirida no dia 11 de julho de 2008, que abrange os municípios de Altamira, Anapu, Bagre, Portel, Porto de Moz, Pacajá, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, no leste do Estado do Pará. Duas zonas madeireiras - aglomerados de pólos madeireiros que possuem produção madeireira significativa para uma determinada região e/ou Estado - se encontram sobre a região da imagem: a do Estuário e a do Centro do Pará (SFB&Imazon, 2010).

A imagem foi adquirida gratuitamente no sítio do INPE e georreferenciada utilizando-se como base o mosaico Geocover da NASA, com RMS máximo aceito de 1 pixel. A figura 1 mostra a localização da cena no Estado do Pará e as zonas madeireiras mencionadas.

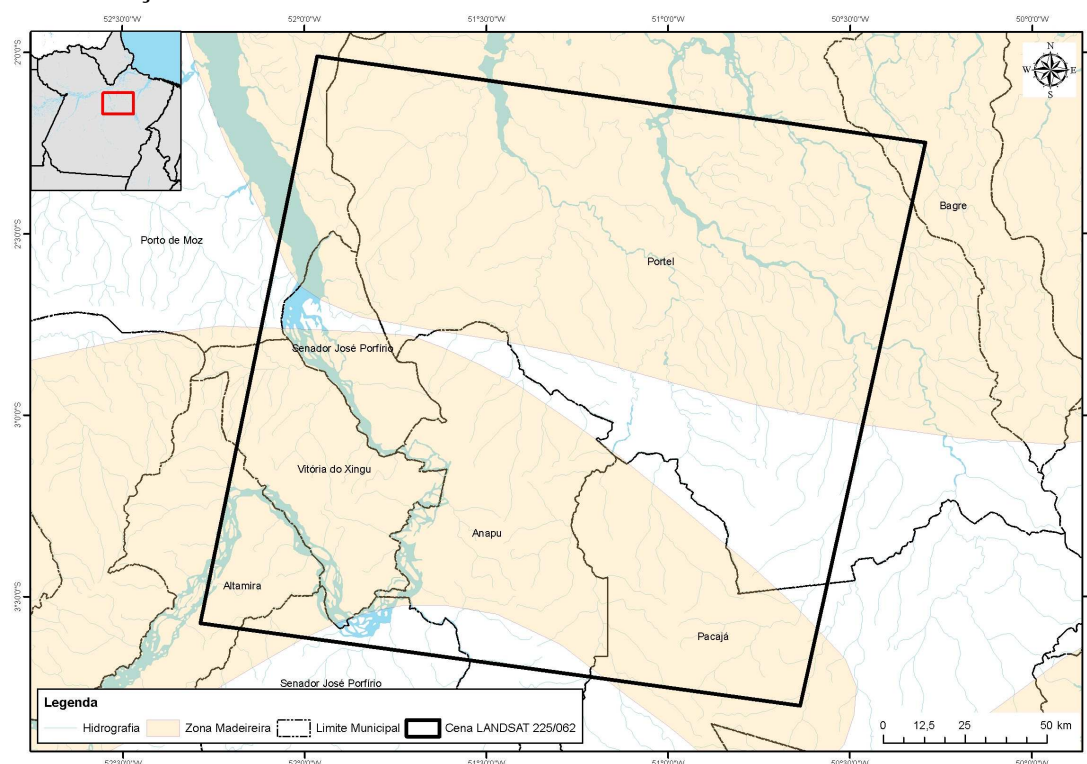


Figura 1 – Localização da área.

2.2 Método

Os parâmetros do modelo linear de mistura utilizadas para a detecção e o mapeamento do corte seletivo foram os empregados por Barbosa et al (2009) e sugeridas por Valeriano (2006), no âmbito do Projeto DETEX – Sistema de Detecção da Exploração Seletiva – do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Nessa abordagem são geradas as imagens fração do solo, vegetação e sombra, e é feita a razão da fração solo sobre a fração vegetação, com aplicação de ganho e *offset*, resultado que destaca principalmente as pequenas porções de solo exposto (indicativas de pátios) em meio à floresta, e secundariamente, dependendo da intensidade, as estradas de exploração e trilhas de arraste. Para essa análise, foi utilizada a rotina 'Modelo de Mistura' implementada no software SPRING versão 5.1.

A escolha dos pixels puros, melhores representantes do comportamento espectral dos alvos naquela combinação de bandas, se deu da seguinte forma: a) o pixel puro de solo exposto foi obtido em uma estrada não pavimentada ativa, de coloração rosa na composição colorida RGB543; b) o pixel de vegetação foi tomado em uma área de regeneração da floresta, que tem um brilho de verde mais forte do que a floresta primária na composição

colorida mencionada e; c) o pixel de sombra foi escolhido numa área de sombra de nuvem. As bandas utilizadas para o processamento foram a 3, 4 e 5.



Figura 2 – Localização dos pixels puros de a) solo, b) vegetação e, c) sombra.

Após essa etapa, as curvas espectrais dos pixels selecionados foram avaliadas, conforme mostra o gráfico da figura 3. A água tem resposta baixa nas três bandas, a vegetação tem um pico de reflexão na banda 4, enquanto que a resposta do solo exposto tem resposta baixa na banda 3 e moderada nas bandas 4 e 5.

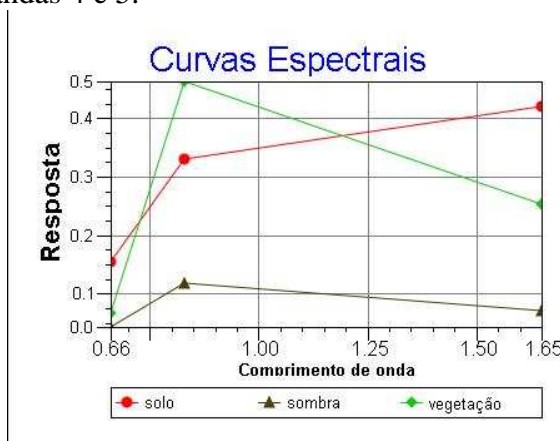


Figura 3 – Curvas espectrais dos pixels puros selecionados para solo, vegetação e sombra.

O modelo foi executado e as imagens fração de solo, vegetação e sombra foram obtidas, nas quais o nível de cinza do pixel corresponde à porcentagem do *endmember* naquele pixel. Em seguida, foi executada uma operação aritmética entre as imagens fração do solo e da vegetação, com aplicação do ganho de 90 e offset de 50, conforme aplicado por Barbosa et al (2009), para a geração de uma única imagem, na qual podem ser identificadas as feições características de exploração seletiva. A partir dessa imagem foi feito o mapeamento das áreas. A figura 4 mostra o fluxograma que resume todo o processo descrito anteriormente.



Fig.4 – Fluxograma do modelo linear de mistura espectral no SPRING.

Após a geração dessa imagem, foram identificadas visualmente as áreas com indícios de corte seletivo (clareiras de pátios, trilhas de arraste, ramais de estradas dentro e/ou chegando até a área). Com esses insumos, foi possível delimitar o limite aproximado da área sob exploração, definido pela área que apresentava alterações no dossel - indicadas pela maior proporção de solo exposto na imagem razão – e pátios no seu interior, além da análise do contexto da área, identificando vias de acesso, por exemplo. Visualmente foram escolhidas três áreas com diferentes intensidades de exploração, também diferenciadas pelo grau de alteração no dossel, as quais foram analisadas com maior detalhe.

Utilizou-se uma base fornecida pela Secretaria do Meio Ambiente do Pará – SEMA/PA das áreas de Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) licenciadas por essa secretaria em 2009. Apesar da possível desatualização dessa base, ela foi usada para averiguar a legalidade dessas áreas. Os dados do Projeto PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite – do INPE dessa cena foram utilizados para calcular a área desmatada em 2008.

3. Resultados e Discussão

3.1 Mapeamento do Corte Seletivo

Em toda a cena analisada, foram detectadas 63 áreas com indícios de corte seletivo, variando de 75 a 17.800 ha, somando um total de 90.112 ha, o que representa 2,75% da área de estudo. As duas zonas madeireiras parcialmente localizadas na região da imagem explicam essa grande quantidade de áreas sob exploração encontradas.

Segundo os dados do PRODES, 19,75% da área estão desmatados, o que significa que 3,42% da área não desmatada estão sob alguma intensidade de corte seletivo. Das 63 áreas, apenas 4 tem alguma sobreposição com área de Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) licenciados pela SEMA-PA, indicando que grande parte dessa exploração é de origem ilegal. A figura 5 mostra todas essas informações em forma de mapa.

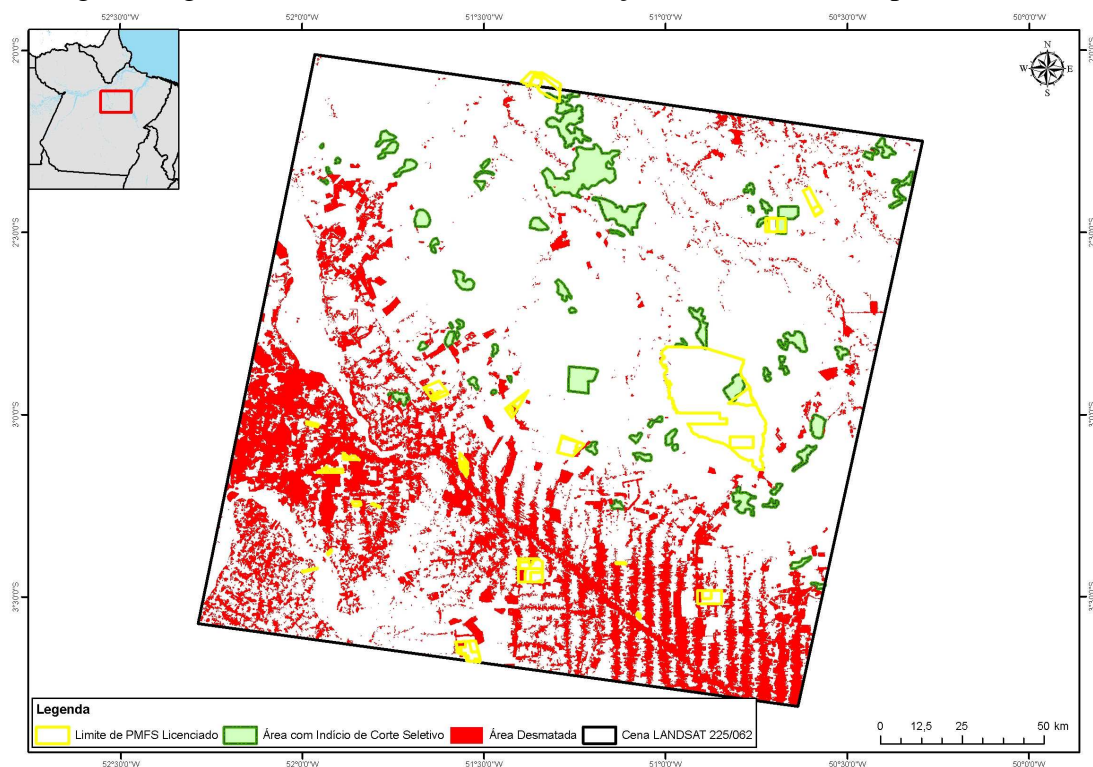


Fig. 5 – Cena LANDSAT 225/062, áreas de PMFS licenciados pela SEMA-PA, áreas com indícios de exploração madeireira e áreas desmatadas.

3.2 Análise da Intensidade de Exploração

A seguir serão apresentadas as análises mais detalhadas das três áreas com intensidades de exploração leve, média e alta, definidas de acordo com a interpretação visual.

Na área com intensidade leve, delimitada com 5.384 ha, existe uma grande quantidade de pátios, distribuídos homogeneamente pela área, indicando que existiu um planejamento prévio da exploração, e as estradas não são facilmente distinguíveis – somente aquela que chega a área do plano de manejo. Apesar da área explorada ser facilmente identificada na imagem razão, as diferenças entre a área explorada e seu entorno são imperceptíveis visualmente na imagem fração da vegetação, como mostra a figura 5.

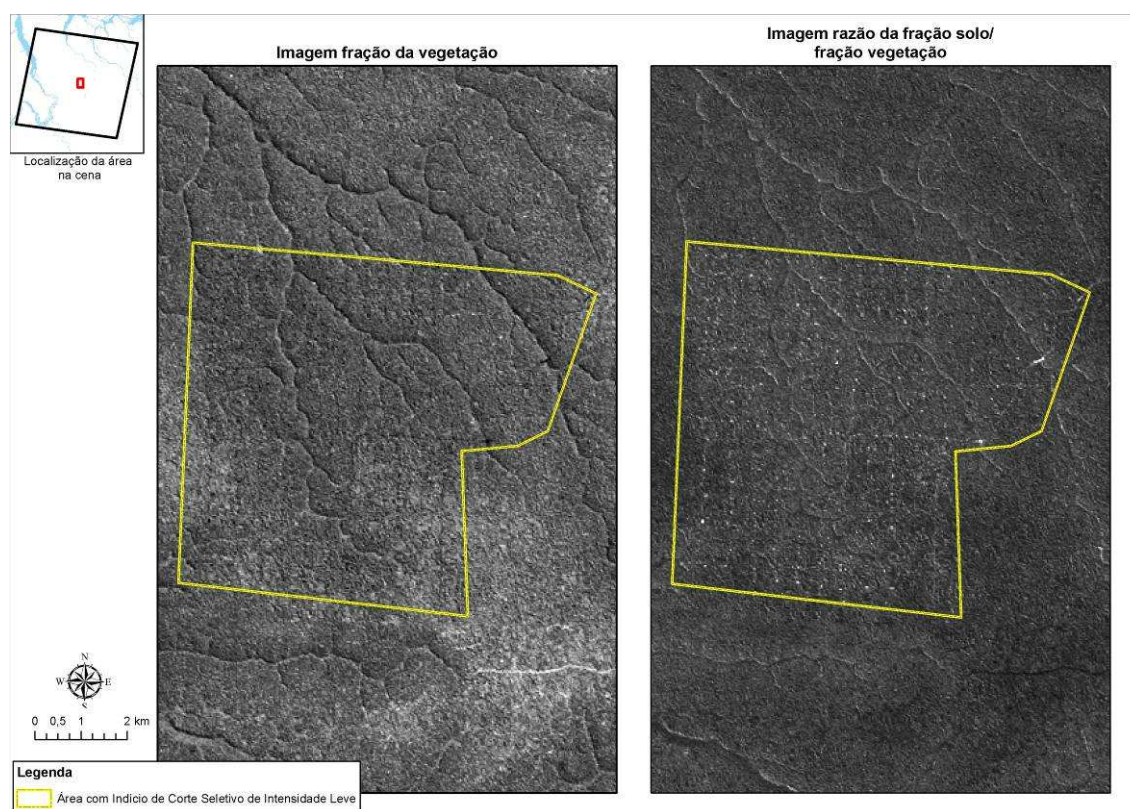


Figura 5 – Área explorada com intensidade leve mostrada na imagem fração da vegetação (à esquerda) e na imagem razão da fração solo sobre a razão vegetação (à direita).

A próxima área apresentada foi selecionada para representar uma exploração de intensidade moderada, e tem 2.684 ha. Além de pátios facilmente identificados, a alteração no dossel é maior, indicada por tons de cinza mais claros na imagem razão, e já se consegue distinguir claramente algumas estradas e ramais que cortam a área. Na imagem fração da vegetação se distingue vários pontos mais escuros, indicando menor porcentagem de vegetação nos pixels, e com isso, a área explorada também pode ser visualmente identificada na imagem da vegetação, como mostra a figura 6.

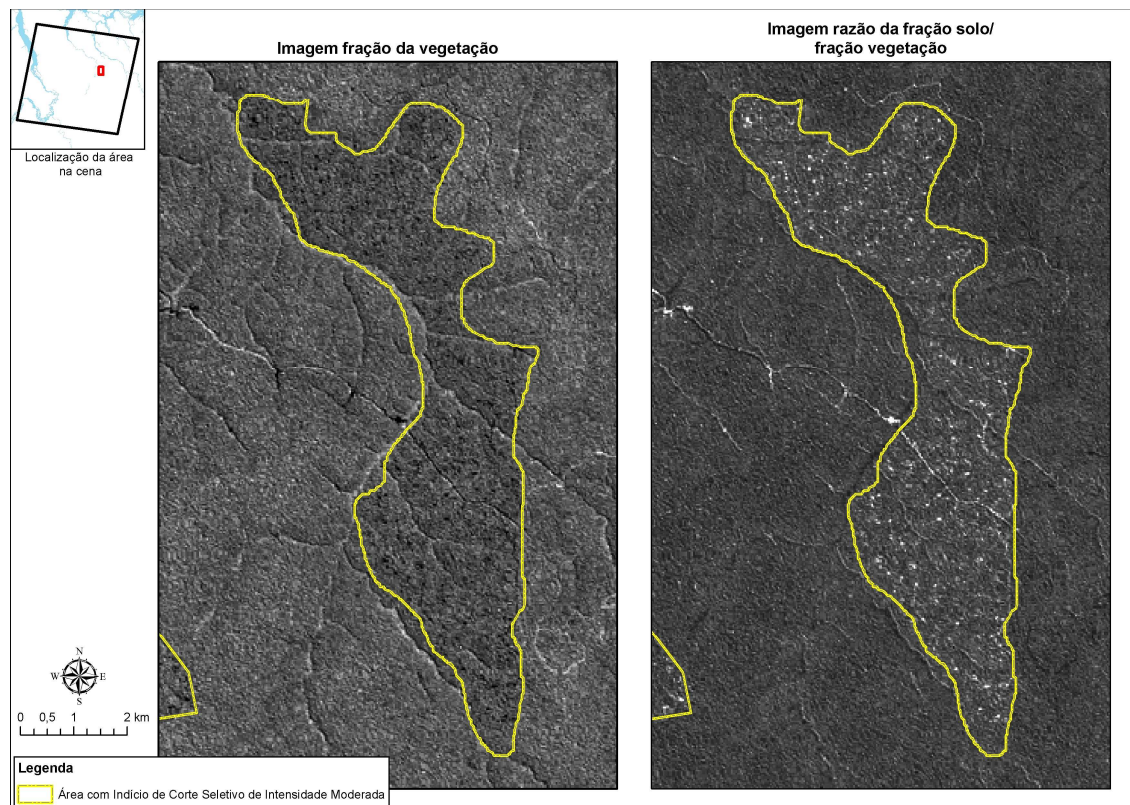


Figura 6 – Área explorada com intensidade moderada mostrada na imagem fração da vegetação (à esquerda) e na imagem razão da fração solo sobre a razão vegetação (à direita).

A área de intensidade alta abrange 6.499 ha. Esta área foi delimitada como um polígono só, pois é uma grande área contínua com sinais de exploração madeireira, mas ela apresenta um mosaico com diferentes intensidades de exploração e alguns fragmentos de florestas sem sinais de corte seletivo. Aqui já podem ser vistos pátios e ramais que se fundem em clareiras maiores, apresentando tonalidades distintas daquelas da floresta. A área mais explorada no sul do polígono apresenta densidade de pátios menor do que na área de intensidade leve, mas a configuração espacial não parece obedecer a nenhum planejamento prévio de infra-estrutura de exploração e a imagem razão solo/vegetação apresenta níveis de cinza bem mais claros. A fração vegetação também identifica bem a área, como se pode ver na figura a seguir.

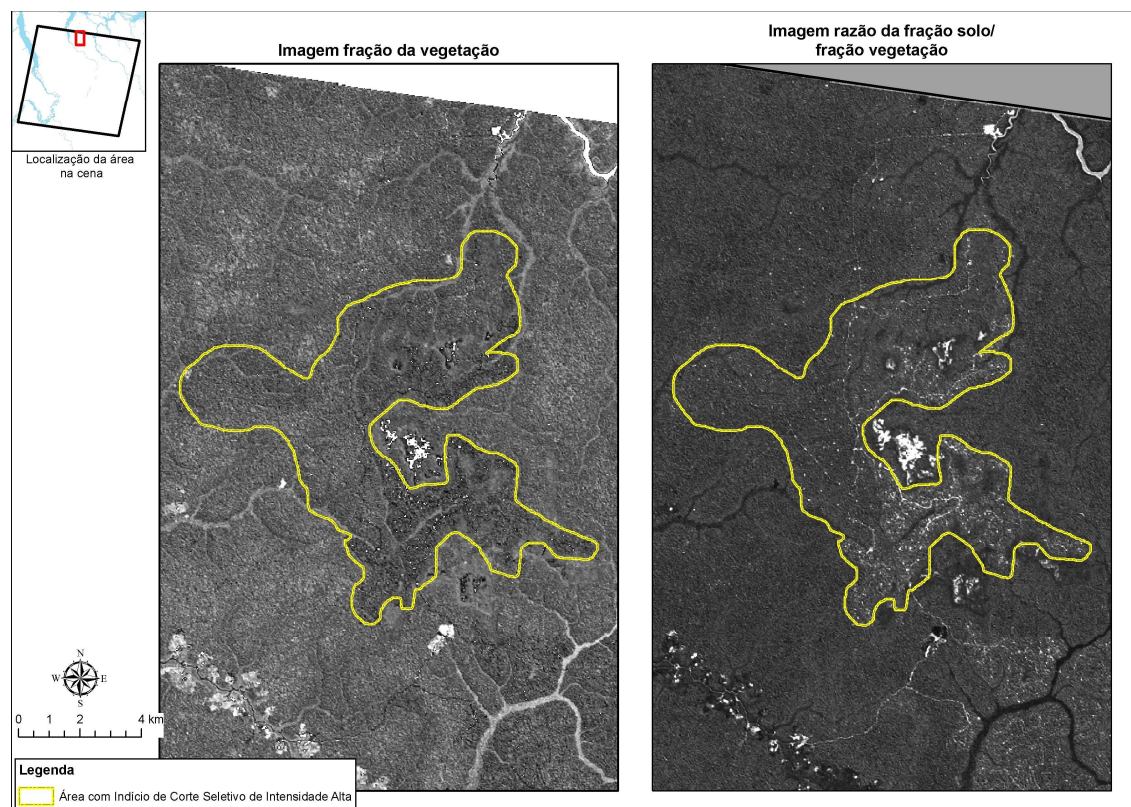


Figura 7 – Área explorada com intensidade alta mostrada na imagem fração da vegetação (à esquerda) e na imagem razão da fração solo sobre a razão vegetação (à direita).

4. Conclusões

Esta pesquisa foi apenas exploratória, sem nenhuma verdade de campo, a não ser pela base da Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Pará. Entretanto, cumpriu o objetivo de tentar, com aproximações baseadas em interpretação visual, compreender melhor como os diferentes aspectos relacionados ao corte seletivo aparecem nas imagens de satélites de média resolução.

A análise permitiu concluir que a intensidade de exploração pode ser diferenciada mais pelo grau de alteração no dossel, que distingue a floresta explorada das florestas vizinhas, do que pela densidade de carregadores e pátios na área explorada. Em alta e média intensidade, a área explorada pode ser facilmente vista nas componentes solo e vegetação.

Ainda não existe um método quantitativo que estime a intensidade da exploração a partir de imagens, mas como sugeriu Souza Jr (2009), a imagem fração da vegetação não-fotossintética poderia fornecer esse indicativo, necessitando de mais pesquisas para tal. A vegetação não-fotossintética responde estatisticamente à biomassa florestal perdida na exploração.

Este tipo de informação é fundamental para o monitoramento da execução dos planos de manejo florestal sustentável. Com isso, as concessões florestais podem ser usadas como laboratório para melhorar o atual entendimento dos impactos do manejo florestal, uma vez que se tem um controle muito maior dos aspectos envolvidos, seja o planejamento da infraestrutura de exploração, o controle da volumetria explorada ou o monitoramento da integridade das florestas manejadas.

Agradecimentos

Agradeço a Francisco Dario Maldonado e Ygor da Rocha Parreira pelas idéias e apoio a esta análise.

Referências Bibliográficas

- Asner, G.P.; Knapp, D.E.; Balaji, A.; Páez-Acosta, G. Automated mapping of tropical deforestation and forest degradation: CLASlite. **Journal of Applied Remote Sensing**, V. 3, p. 1-24, 2009.
- Barbosa, A.M.; Salum, M. R.; Almeida, C.A.; Valeriano, D.M. Identificação multitemporal da exploração seletiva de madeira na Floresta Nacional do Jamari – RO. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal-RN. **Anais**. p. 5625-5632. São José dos Campos: INPE, 2009.
- Maldonado, F.D.; Graça, P. M.L.; Santos, J.R. Aplicação da fração solo por rotação radiométrica para detecção do corte seletivo em domínio da floresta amazônica. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal-RN. **Anais**. p. 2823-2830. São José dos Campos: INPE, 2009.
- Serviço Florestal Brasileiro (SFB); Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON). Identificação dos pólos de processamento primário de madeira. Relatório técnico não publicado, Brasília, 2010.
- Shimabukuro, Y.E.; Smith, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, p. 16-20, 1991.
- Souza Junior, C. M.; Roberts, D. A.; Cochrane, M.A. Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires. **Remote Sensing of Environment**. V. 98, p. 329-343, 2005.
- Souza Junior, C. M. Avanços do sensoriamento remoto para o monitoramento da exploração madeireira na Amazônia. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis - SC. **Anais**. p. 6987-6994. São José dos Campos: INPE, 2007.
- Stone, T.A.; Lefebvre, P. Using multi-temporal satellite data to evaluate selective logging in Pará, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 13, p. 2517-2526, 1998.
- Valeriano, D.M. Metodologia para monitoramento do corte seletivo em florestas públicas. MMA: Brasília. **Workshop de avaliação de metodologia para o DETEX**. Censipam, Brasília, setembro de 2006.