

Determinação da prova material referente à retirada de madeira na Reserva Extrativista “Verde Para Sempre” utilizando índices de vegetação NDVI de imagens RapidEye

Cyro José Matavelli ¹
Gretta Paola Fava Pina ²

¹ Polícia Federal – Setor Técnico-Científico
Passagem Pires Franco, 93 - Souza - Belém - PA, Brasil
cjmatave@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC/MPPA
Campus Universitário, s/n, Sala 05, Departamento MIP - Córrego Grande
Florianópolis – SC, Brasil
grettapaola@gmail.com

Abstract. Geotechnology has been widespread in criminal environmental expertise, just because of its contribution to identify irregularities in the environment and detection of the conditions in which the vegetation is. Sensor systems have offered, for quite a while, numerous possibilities for conducting environmental expertise, concerning mapping and monitoring the surface of the forest ecosystems, especially the Amazonian one. Its advanced techniques may provide relevant information, such as helping diagnosis of illegal wood removal in Conservation Unities, as it occurs in Extractive Reserves that, even regulated by protective laws which aim to ensure the sustainable use of natural resources, are affected by human intervention in which lumbermen and farmers exploit the natural resources in a predatory way, affecting lives of the traditional extractive populations. This way, the article’s objective was to show the use of “Normalized Difference Vegetation Index”, from the process of “RapidEye” satellite bands, in environmental expertise field, in order to determinate changes in the forest cover after logging in a stretch of Extractive Reserve “Verde Para Sempre” (“Forever Green”). With this study, it was possible to identify the modification in anthropic forest vegetation, in which the vegetation index “NDVI” of “RapidEye” images showed as satisfactory to conclude the different targets of interest for expertise performance.

Palavras-chave: remote sensing, environmental expertise, deforestation, Amazon, sensoriamento remoto, perícia ambiental, desmatamento, Amazônia.

1. Introdução

Com a lei nº 7.804 de 1989, o Brasil institucionalizou o extrativismo sustentado como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente e, conseqüentemente, foi conferida às reservas extrativistas a qualificação de Unidades de Conservação Ambiental (Gomes e Felipe, 1994). Ressalta-se que as reservas extrativistas (Resex), além de serem integrantes do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, são consideradas integrantes da modalidade de Unidades de Uso Sustentável.

As principais motivações para a criação das Resex são os conflitos fundiários e o avanço do desmatamento em áreas ocupadas pelas comunidades (Martins et al., 2007). No caso da Amazônia, a maior parte das Unidades de Conservação foram criadas ao longo da fronteira de desmatamento da floresta, criando uma barreira que impede a expansão do desmatamento. Com isso, percebe-se a importância da sua instituição, pois no aspecto da localização, bem como da área total, as Unidades de Conservação, Federais e Estaduais, protegem até cerca de 20% da Amazônia (Mercadante, 2007).

Portanto, tem sido benéfico o avanço de um conjunto de diretrizes e parâmetros jurídicos dirigidos para a criação de áreas protegidas, principalmente pelo fato dessas normas assegurarem um direcionamento para os impasses que existem em torno das Unidades de Conservação, além de prevenir a alteração do uso da floresta nativa.

As Resex, por conceito legal, constituem-se em espaços territoriais que possuem como finalidade proteger os meios de vida e a cultura das populações tradicionais extrativistas, assegurando o uso sustentável dos recursos naturais. Esses espaços são destinados a populações cuja subsistência está baseada no extrativismo, agricultura de subsistência e criação de animais de pequeno porte (Brasil, 2000).

A atividade extrativista representa a forma predominante de exploração dos recursos biológicos, proporcionando a interação entre a sociedade humana e os ecossistemas nativos da Amazônia. Ela engloba as atividades artesanais de caça, pesca, coleta de frutos e sementes, inclusive atividades industrializadas como processamento de madeira, pesca profissional, exploração de peles e couros, entre outros (Mesquita, s.d).

A criação e a consolidação das Resex, portanto, desempenha uma função de grande relevância ecológica e, também, socioeconômica para as comunidades que vivem dos recursos florestais, valorizando o conhecimento tradicional e cultural da população. Além disso, a utilização e apropriação dos recursos naturais nas Resex são realizadas com base na sustentabilidade, equilíbrio e preservação ambiental, complementada com os planos de manejo, compatibilizando a relação entre homem e meio ambiente.

Atualmente, as reservas têm sido alvo de práticas predatórias pelas atividades humanas, na qual inclui a exploração madeireira. Essa situação tem gerado a destruição das florestas e, conseqüentemente, o desequilíbrio ecológico da paisagem e perda da biodiversidade.

Segundo Alvarenga Neto (2010), as Unidades de Conservação, muitas vezes, abrangem grandes extensões de terra, em locais de difícil acesso e distante dos centros populacionais, o que torna a fiscalização dessas áreas extremamente difícil. Para auxiliar o monitoramento dessas áreas, as técnicas de geotecnologia têm se mostrado um instrumento facilitador, através do uso das imagens de satélites.

As geotecnologias apresentam-se promissoras, principalmente, no âmbito da perícia ambiental em relação às demandas relacionadas com a investigação da ação antrópica em áreas protegidas. Nesse contexto, a perícia criminal ambiental possui um papel fundamental na busca pela prova material do crime ambiental. Contudo, um dos grandes desafios é a obtenção de técnicas apropriadas que permitam alta eficiência e eficácia, seja em relação à determinação das provas, seja quanto ao prazo razoável para a realização da perícia e entrega do Laudo Pericial.

Para Boteon (2016), é fundamental que se desenvolva tecnologias para auxiliar as atividades periciais a desempenhar suas funções, em virtude da importância e da grande complexidade de ilícitos contra o meio ambiente.

Com a difusão do uso de imagens de satélites no campo de atuação da perícia, dentre as novas plataformas orbitais, podemos destacar o sistema *RapidEye*. Segundo Mengatto Junior e Vila da Silva (2014), as características do componente espacial desse sistema produz maior eficiência quanto à repetitividade de coleta e a exatidão das informações geradas sobre a superfície da Terra. Nesta perspectiva Watrin e Oliveira (2009), coloca que o sensoriamento remoto e o geoprocessamento são fundamentais por integrar ações de investigação em ambientes tropicais, fornecendo informações valiosas sobre ecossistemas que vêm sofrendo rápidas mudanças.

O método que trata do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), também é considerado de grande importância para o estudo da vegetação, pois evidencia, a partir do uso de imagens de satélite, características da vegetação em uma área. Com isso, a utilização das geotecnologias pode ser direcionada para análise de monitoramento que visa determinar as alterações ocorridas na vegetação dos ambientes protegidos.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi demonstrar a aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada a partir das imagens *RapidEye*, no campo da perícia ambiental

afim de constatar as alterações na cobertura vegetal referente à retirada de madeira em um trecho da Resex “Verde Para Sempre”.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A perícia foi realizada no interior da Unidade de Conservação Federal denominada “Reserva Extrativista Verde Para Sempre”, localizada no município de Porto de Moz – PA, em um trecho de aproximadamente 15 km de ramais no interior da floresta (Figura 1). Ao longo desse trajeto, foram encontradas 280 toras de madeira extraídas ilegalmente, as quais foram autuadas e apreendidas pelo ICMBio, no mês de junho de 2013.

De acordo com Serejo e Cal (2016), o município Porto de Moz situa-se no Baixo Xingu, na mesorregião do Baixo Amazonas Paraense e está a 420 Km de Belém, sendo que 80% do território municipal corresponde à Resex.

A Resex “Verde Para Sempre” foi criada pelo decreto s/nº de 08 de novembro de 2004. Sua criação foi motivada para conter o avanço do desmatamento, a exploração predatória de madeira e incentivar a regularização fundiária e anseios partilhados dos povos da região (Watrin e Oliveira, 2009).

De acordo com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, as principais atividades desenvolvidas pela população local na Resex são a pesca, o extrativismo, a agricultura familiar e a criação de búfalos.

Em algumas comunidades da Resex “Verde Para Sempre” a extração irregular de madeira ainda é uma prática adotada, mesmo após a criação e delimitação da Unidade de Conservação.

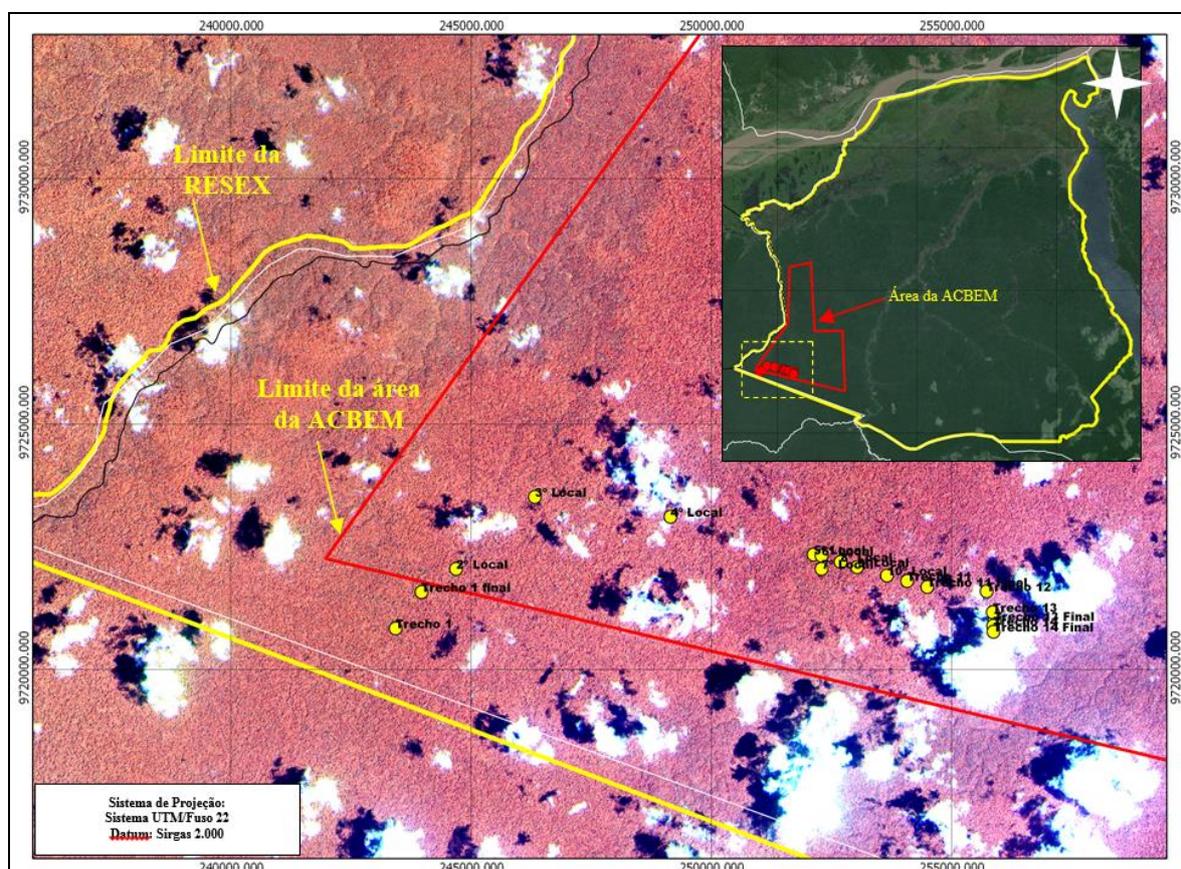


Figura 1. Contexto imediato de Porto de Moz/PA, da Resex e local da perícia.

2.2 Composição das bandas e índice de vegetação (NDVI)

Para a realização da perícia foram utilizadas imagens provenientes do satélite *RapidEye*, referentes ao mês de outubro de 2012.

O sensor desse satélite possui, dentre as especificações técnicas, resolução espacial de 5 m, compatível com a escala 1:25.000. Gomes e Maillard (2013) também acrescentam que o sensor apresenta resolução radiométrica de 16 bits e cinco bandas espectrais: azul (440 - 510 μm), verde (520 - 590 μm), vermelho (630 - 685 μm), red-edge (690 - 730 μm) e infravermelho próximo (760 - 850 μm).

As imagens do satélite *RapidEye* foram utilizadas com a finalidade de elaborar composições falsa-cor, que são imagens coloridas produzidas a partir de três bandas independentes em padrões de cinza, processadas no software QGIS.

A utilização das bandas vermelho (630 – 685 μm) e infravermelho próximo (760 – 850 μm) foram necessárias para a elaboração do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), também processadas no software livre QGIS, índice importante no estudo de vegetação, pois evidencia o vigor e a caracterização da vegetação da área de interesse.

O NDVI é um índice de vegetação que representa o contraste espectral entre a resposta das plantas verdes nas bandas do vermelho e infravermelho próximo. Para obtê-lo, deve-se usar a Equação 1:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

Onde:

NIR: é o valor da reflectância espectral da banda do sensor na faixa do infravermelho próximo.

R: significa a reflectância espectral da banda do sensor na faixa do vermelho. Essa equação gera um índice que poderá variar de -1 a 1 (Eduardo e Silva, 2013).

Esse índice de vegetação corresponde à ausência ou a presença da vegetação, Cardozo et al., (2016) aponta que o índice -1 representa ausência total de vegetação e o índice +1 representa a presença máxima detectada de vegetação.

3. Resultados e Discussão

Procurando identificar registros das atividades de intervenções antrópicas na vegetação florestal próximo ao trecho de aproximadamente 15 km de ramais, em que as toras estavam estocadas, promoveu-se uma análise do local a partir de imagens de satélite disponíveis.

A Figura 2 apresenta imagem de satélite *RapidEye*, composição RGB-542, contendo um trecho de vegetação sadia localizada no interior da Resex, sem atividade antrópica, apresentando tonalidade e textura homogêneas. Na imagem NDVI os tons em vermelho, próximos a 1, são bem mais presentes que os tons em azul, próximos à -1, evidenciando um maior vigor da vegetação. Quando da presença de tons azuis, os mesmos repetem um padrão de distribuição ao longo da vegetação em quantidades e dimensões reduzidas, evidenciando apenas a presença de clareiras naturais.

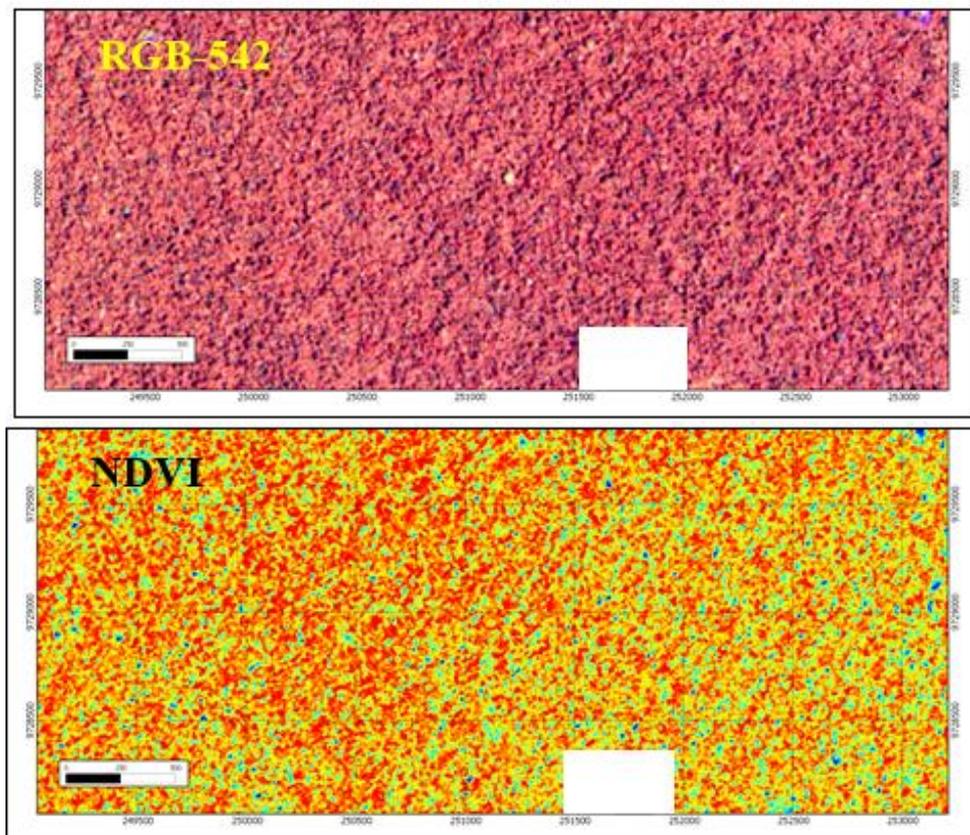


Figura 2. Imageamento através do sensor do satélite *RapidEye* em 21-10-2012 no interior da Resex, demonstrando vegetação sadia e sem atividade antrópica.

O mesmo não ocorre nos locais próximos ao trecho de aproximadamente 15 km de ramais em que as toras estavam estocadas. A sequência de imagens nas Figuras 3, 4 e 5, datadas de 21-10-2012, satélite *RapidEye*, composição RGB-542 (esquerda) e imagens NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) à direita, obtidas através da utilização das bandas vermelho (630 – 685 μm) e infravermelho próximo (760 – 850 μm), demonstram que nessa data já havia indícios de atividade antrópica.

Os locais apresentam tonalidade e textura heterogêneas. Na imagem NDVI (direita), os tons em azul não repetem um padrão de distribuição ao longo da vegetação, estão presentes em maiores quantidades, evidenciando atividade antrópica e supressão pontual de vegetação.

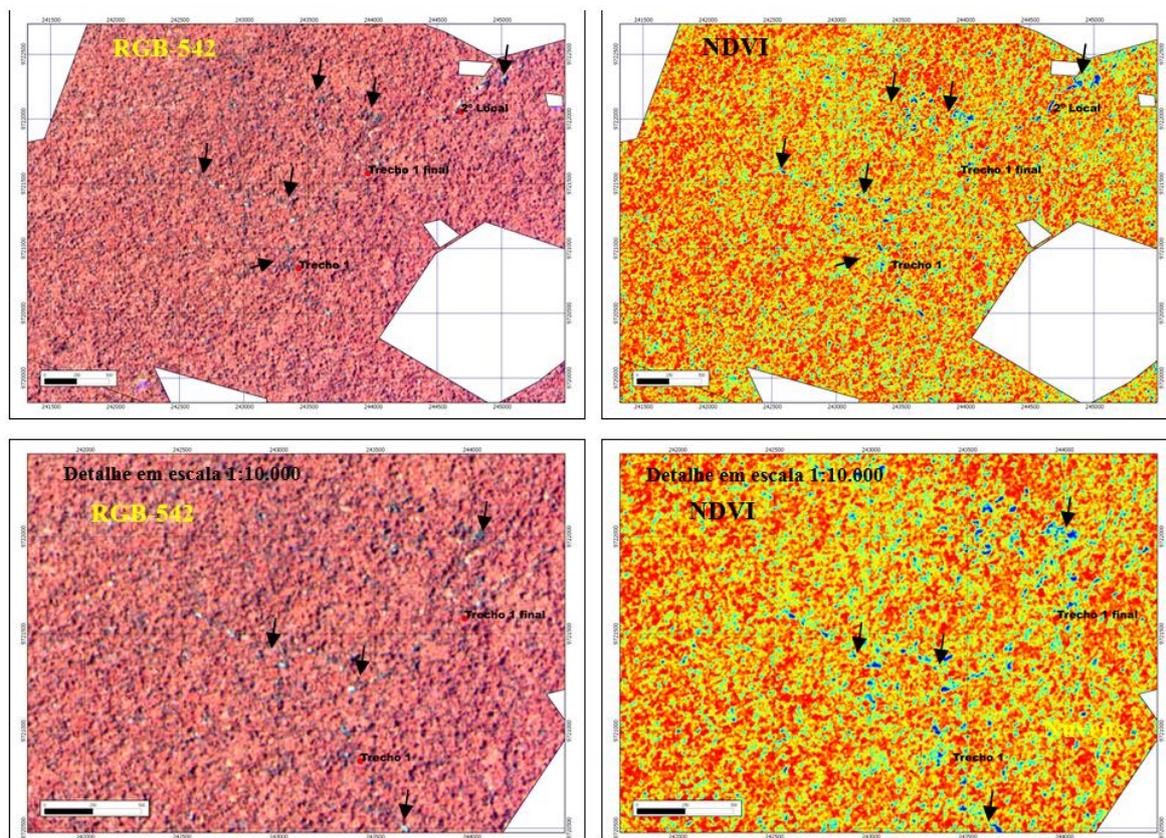


Figura 3. Imageamento através do sensor do satélite *RapidEye* em 21-10-2012 próximo ao trecho 1, demonstrando atividade antrópica na Resex.

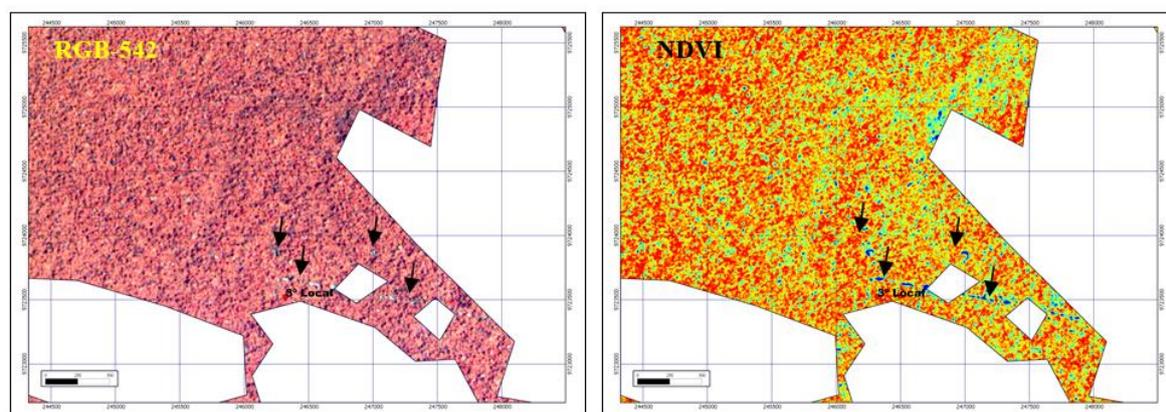


Figura 4. Imageamento através dos sensor do satélite *RapidEye* em 21-10-2012 próximo ao trecho 3, demonstrando atividade antrópica na Resex.

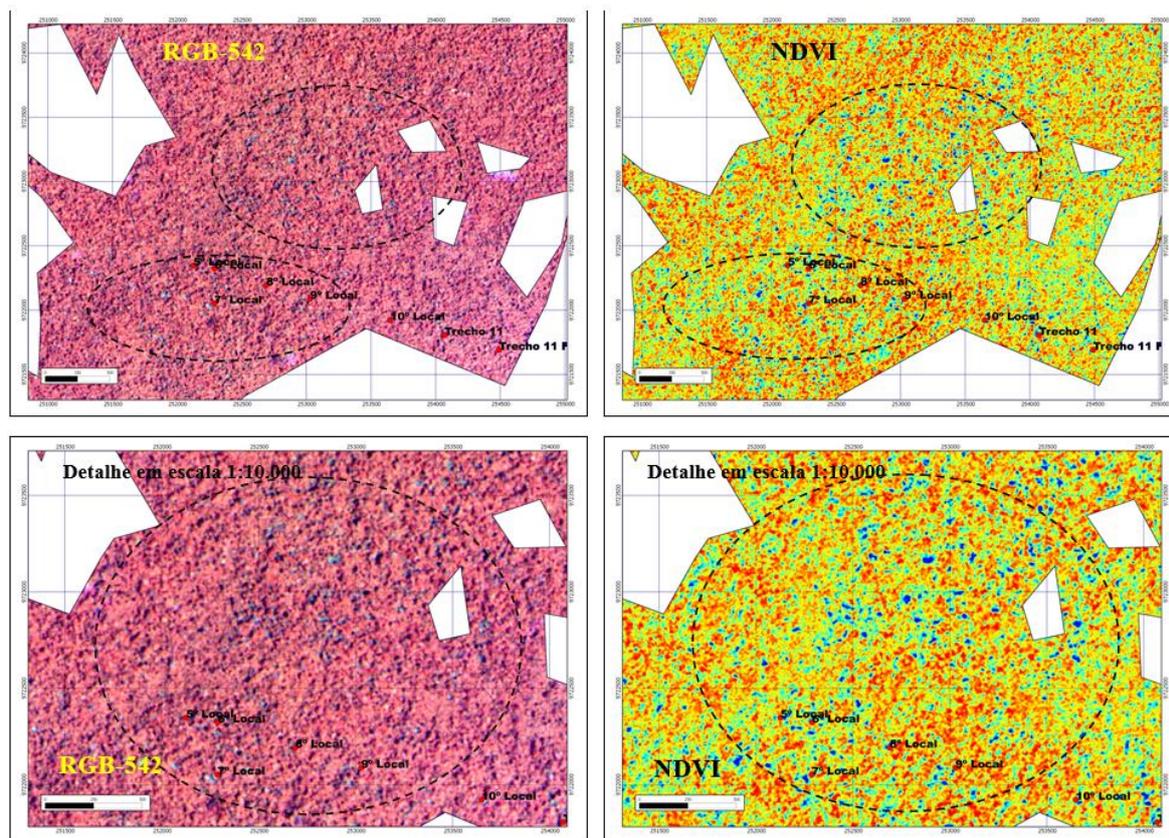


Figura 5. Imageamento através do sensor do satélite *RapidEye* em 21-10-2012 próximo aos trechos 5 a 10, demonstrando atividade antrópica na Resex.

4. Conclusões

Na área de influência dos ramais construídos no interior da floresta ocorreram inúmeras atividades antrópicas com supressões pontuais de vegetação, sendo totalmente possível que a madeira objeto de apreensão tenha sido retirada ao longo dos 15 km no interior da Resex, confirmando as informações do Auto de Infração do ICMBio.

O índice de vegetação NDVI de imagens *RapidEye* mostrou-se como bom discriminador dos diferentes alvos de interesse para a realização da perícia ambiental (vegetação florestal antropizada e vegetação florestal pouco antropizada).

Por meio dos resultados obtidos, constatamos a importância do uso de geotecnologias em perícias criminais ambientais de desmatamento, pois normalmente os locais de ocorrência desses crimes são de difícil acesso e os custos operacionais são extremamente elevados.

Agradecimentos

Agradecemos ao Setor Técnico-Científico-PF/PA e ao Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais - UFSC, pela oportunidade, e aos professores do Programa pelos conhecimentos compartilhados.

Referências Bibliográficas

Alvarenga Neto, Itagyba. **Uso de ferramentas de SIG e sensoriamento remoto para o monitoramento do desmatamento em unidades de conservação:** estudo de caso da Floresta Nacional do Bom Futuro -RO / Porto Velho, Rondônia, 2010.112f.: il. Dissertação (Mestrado em Geografia). Fundação Universidade Federal de Rondônia / UNIR.

Botteon, V.W. **Aplicabilidade de ferramentas de geotecnologia para estudos e perícias ambientais.** Rev. Bras. Criminalística.v. 5, n. 1, p. 7-13, 2016.

Brasil. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000.** Lei institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza- SNUC, estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Sítio http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm.

Cardozo, F. A. C.; Pimenta, M. M.; Ribeiro, R. R. **Sensoriamento remoto aplicado na detecção de áreas degradadas pela mineração no sul do Brasil entre 1985 – 2011.** Tecno-lógica, Santa Cruz do Sul, v. 20, n. 2, p. 97-102. 2016.

Eduardo, B. F. S.; Machado e Silva, A. J. F. Avaliação da influência da correção atmosférica no cálculo do índice de vegetação NDVI em imagens Landsat 5 e RapidEye. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). 16.,2013. Foz do Iguaçu. **Anais...** INPE, 2013. Disponível em: <www.dsr.inpe/sbsr2013/files/p0525.pdf>. Acesso em: 22 de out. de 2016.

Gomes, M. E. A. C. ; Felipe, L. D. **Tutela jurídica sobre as reservas extrativistas.** In Arnt, R. A., org. O destino da floresta: reservas extrativistas e desenvolvimento sustentável.RJ, Relume Dumará, 1994.

Gomes, M. F.; Maillard, Philippe. O uso de feições de textura em imagens RapidEye para estimativas da idade e de parâmetros estruturais da vegetação do cerrado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). 16.,2013. Foz do Iguaçu. **Anais...** INPE, 2013. Disponível em: <www.dsr.inpe/sbsr2013/files/p094.pdf>. Acesso em: 19 de out. de 2016.

ICMBio Instituto Chico Mendes de Proteção da Biodiversidade. 2015. Disponível em: <www.icmbio.gov.br>. Acesso em: 04 de out. de 2016.

Martins, H. D. dos S. et al. Avaliação da pressão humana na Reserva Extrativista Verde para Sempre no oeste do Pará. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). 13., 2007, Florianópolis, **Anais...** São José dos Campos. INPE, 2007. p. 6987-6994. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.20.56/doc/2817-2824.pdf>>. Acesso em: 14 de out. de 2016.

Mengatto Junior, E. A.; Silva, J. dos S. V. da. Imagens de alta resolução (RapidEye) para elaboração de mapas para planejamento e gerenciamento: estrada parque do Pantanal, MS. **Anais 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, 2014.** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.513 -522. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1000753/imagens-de-alta-resolucao-rapideye-para-elaboracao-de-mapas-para-planejamento-e-gerenciamento-estrada-parque-do-pantanal-ms>> . Acesso em: 04 de out. de 2016.

Mercadante, Maurício. **Avanços na implantação do SNUC e desafios para o futuro.** In: NUNES, Maria de Lourdes; Takahashi, Leide Yassuco; Theulen, Verônica (Orgs.). Unidade de Conservação, atualidades e tendências. Curitiba: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2007, p. 49-53.

Mesquita, Antônio Gilson Gomes. **Impactos das queimadas sobre o ambiente e a biodiversidade acreana.** Mimeo, s. d.

Serejo, Elias Santos; Cal, Danila. **Amazônia e o desafio da sustentabilidade:** Reflexões a partir da construção do marco estratégico do projeto Jutá na reserva extrativista Verde Para Sempre. P2P & inov. Rio de Janeiro, RJ, v. 2 n. 2, 2016.

Watrin, O. S.; Oliveira, P. M. **Levantamento do uso e cobertura da terra em área da Reserva Extrativista Verde para Sempre, Porto de Moz, PA.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 39 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 69).