

Análise multi-temporal do antropismo na Floresta Nacional do Crepori (PA) a partir de imagens LANDSAT 5 TM

Ekena Rangel Pinagé¹
Patrícia Carneiro Genovez²
Liliana Sayuri Osako¹
Alcâmenes Heródoto Honorato dos Santos¹
Rodrigo Caldas Ribeiro¹
Ricardo Vilar Neves¹

¹ Serviço Florestal Brasileiro - SFB
SCEN – Av. L4 Norte, Trecho 2, Lote 4, Bloco G – 70818-900 - Brasília - DF, Brasil
{ekena.pinage, liliana.osako, alcâmenes.santos, rodrigo.ribeiro, ricardo.neves}
@florestal.gov.br

² Integrated Petroleum Expertise Company – IPEXco
Rua 19 de Fevereiro, 69/71 Botafogo - 22280-030 - Rio de Janeiro – RJ, Brasil
patricia.genovez@ipexco.com.br

Abstract. Crepori National Forest, in Pará State, has initiated its forest concession process recently, and as part of the bidding documents, it is required a historical record of human activities in the area, which works as a baseline for the forest monitoring after the beginning of concessionaires logging activities. With this purpose, it was executed a multitemporal analysis, using LANDSAT 5 TM data, acquired between 1985 and 2009 with a 3 years interval. From visual interpretation, human interventions were identified and mapped on an image series of nine years, that were then validated and/or classified with data collected in the field and with higher spatial resolution images (ALOS AVNIR-2 and PRISM from 2008 to 2010). The main cause of deforestation in Crepori National Forest is the gold mining activity, followed by that caused by indigenous villages. No evidence of selective logging was found in any year. Less than 1% of the study area was deforested in the 24 years period, contributing to attest its suitability for forest management activities.

Palavras-chave: análise histórica, LANDSAT 5 TM, Floresta Nacional do Crepori, concessão florestal, multitemporal analysis, LANDSAT 5 TM, Crepori National Forest, forest concessions.

1. Introdução

O Serviço Florestal Brasileiro (SFB), instituído pela Lei 11.284 de 02 de março de 2006, é o órgão responsável pela gestão das florestas públicas no âmbito federal. Uma das formas de gestão previstas na lei é a concessão florestal para empresas brasileiras por meio de licitação.

O edital do processo de concessão florestal prevê uma análise da intervenção antrópica nas áreas destinadas à concessão. Essa análise é realizada a partir de estudos da dinâmica de uso e cobertura do solo com o uso de imagens multitemporais de sensores orbitais, técnicas de Processamento Digital de Imagens e dados de campo, analisados em um Sistema de Informações Geográficas. Os resultados produzidos constituem um marco de referência quantitativo e qualitativo sobre a cobertura florestal e o grau de antropismo presente na Floresta Nacional (Flona) e nas Unidades de Manejo Florestal (UMFs) antes do início das atividades de exploração florestal, sendo um instrumento estratégico para subsidiar as atividades do SFB antes, durante e depois do processo de concessão florestal, além de fornecer aos concessionários subsídios para a escolha das áreas disponíveis para licitação.

Na Floresta Nacional do Crepori – Unidade de Conservação de Uso Sustentável (Brasil, 2000) criada pelo Decreto s/n, de 13 de fevereiro de 2006, e localizada no município de Jacareacanga, no sudoeste do Estado do Pará – o histórico sobre a intervenção antrópica foi

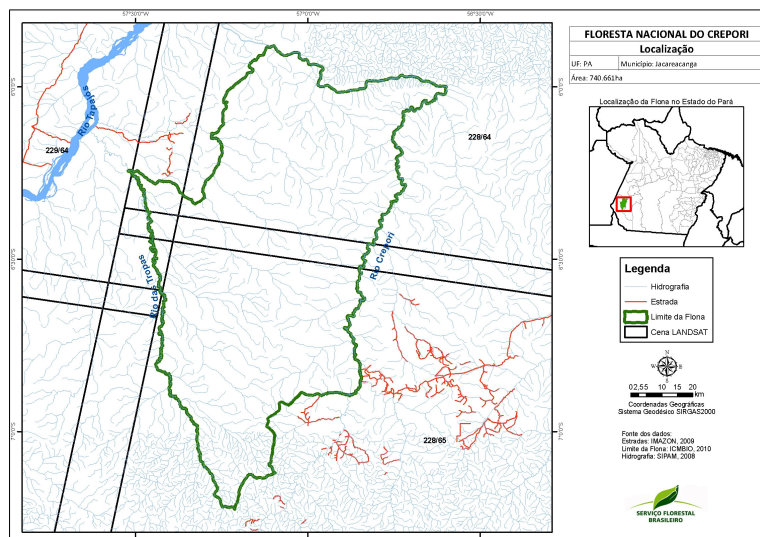
realizado a partir de imagens de satélite de 1985 a 2009. Esta região foi a maior área de mineração de ouro na América Latina nas décadas de 1980 e 1990 (CPRM, 1996).

2. Metodologia de Trabalho

A análise realizada considerou como intervenção antrópica alterações identificadas na cobertura florestal e no curso dos rios, buscando abranger diferentes intensidades e usos. Na Flona do Crepori a principal fonte de impactos causadores de desmatamentos é a atividade garimpeira, de ouro principalmente. Esse tipo de atividade é local, de pequena escala, ao longo dos rios e predominantemente manual (Kligermam et al., 2001). Entretanto, além das lavras para a extração do ouro, o desmatamento ocorre nas áreas adjacentes aos garimpos, a partir da abertura de áreas para a agropecuária, implantação de povoados que concentram os garimpeiros, e a construção de pistas de pouso (Rodrigues et al., 1994). Além dos garimpos, existem antropismos causados pelas aldeias indígenas da etnia Munduruku, que se encontram nas margens do Rio das Tropas (a Terra Indígena Munduruku se encontra no limite oeste da Flona).

Para o mapeamento multitemporal das áreas antropizadas, o SFB utilizou imagens do satélite LANDSAT-5 sensor TM adquiridas, sempre que possível, em um intervalo de 3 anos, considerando a menor cobertura de nuvens encontrada, num período de 24 anos (dos anos 1985 a 2009).

Para cobrir a área total da Flona são necessárias 02 cenas LANDSAT nas órbitas/ponto 228/604 e 228/065¹. No total, foram georreferenciadas 18 cenas para produzir 9 mosaicos de imagens dos anos de 1985, 1988, 1990/1991, 1993, 1997, 2000, 2003, 2006 e 2009. O georreferenciamento foi feito com base no mosaico de imagens Geocover da NASA.



A Figura 1 ao lado mostra a localização da Flona do Crepori no Estado do Pará, bem como ilustra as cenas LANDSAT que são necessárias para cobrir a área de estudo.

Figura 1 - Localização da Floresta Nacional do Crepori e cenas LANDSAT utilizadas.

Como o objetivo da análise consiste em produzir um mapeamento detalhado da intervenção antrópica no interior da Flona, não foram utilizadas técnicas automáticas de processamento de imagens. Testes preliminares foram realizados utilizando segmentação de imagens, mas pequenas áreas antropizadas identificadas visualmente não foram detectadas

¹ Uma pequena porção da Flona, de 52 ha, está fora dessas duas cenas. Mas como essa porção representa apenas 0,007% da área total considerada, e nela não há nenhum sinal de antropismo, foi utilizada uma imagem de 2009 para compor o mosaico de todos os anos analisados.

pela segmentação. A diminuição do limiar de segmentação poderia melhorar os resultados, mas o esforço necessário para a edição desses polígonos seria maior do que delimitá-los manualmente.

Dado que existe nessa região uma grande quantidade de afloramentos rochosos, o primeiro passo foi mapear estas formações - pois elas causam alguma confusão com as áreas desmatadas - a partir da análise cuidadosa de toda a série temporal considerada, buscando identificar as feições que se repetem, e considerando também pontos GPS obtidos em campo.

As áreas com algum sinal de antropismo foram detectadas por interpretação visual e sua geometria foi delimitada manualmente a partir da composição colorida RGB543 com aplicação de realce. Além das áreas de lavras garimpeiras e aldeias indígenas, áreas de pastagem, roçado, pistas de pouso ou áreas abandonadas em diferentes estágios de regeneração foram incluídas.

Em seguida, o antropismo detectado foi classificado da seguinte forma: categoria 'Aldeia Indígena', feita a partir de pontos GPS das aldeias indígenas coletados em campo; categoria 'Área de Influência de Garimpo', feita a partir da identificação da natureza filiforme dos polígonos, de pontos GPS e fotos georreferenciadas coletados em campo, e de imagens de melhor resolução espacial (do satélite ALOS, sensores AVNIR-2 (10m) e sensor PRISM (2,5m), dos anos 2008 a 2010); e aqueles polígonos com sinal de antropismo sem causa conhecida, foram classificados como 'Antropismo de Origem Desconhecida'. As causas podem ser de natureza diversa, como pequenas aldeias indígenas que por ventura não foram mapeadas, populações ribeirinhas, ou ainda, garimpos não detectados.

Dados oficiais de desmatamento (corte raso) acumulado até 2009 na Amazônia Legal do programa PRODES-INPE foram utilizados para validar as áreas indicadas como intervenção antrópica, bem como para verificar a existência de áreas não detectadas.

As mesmas imagens utilizadas para o mapeamento visual do antropismo, utilizando metodologia desenvolvida pelo INPE no âmbito do projeto DETEX com o uso do modelo linear de mistura espectral (Shimabukuro e Smith, 1991), foram processadas para detectar a intervenção seletiva na floresta, que produz menor alteração que o corte raso. As pequenas variações no dossel da floresta, provocadas por extração seletiva de madeira, são mais irregulares e o processo de regeneração do dossel, em termos espectrais, pode não ser observável depois de três anos, dependendo da intensidade (Matricardi, et al., 2010). Portanto, por causa do mapeamento da exploração seletiva foram utilizadas imagens com intervalo de 3 anos. Os garimpos, apesar de sua alta rotatividade espacial, constituem regiões mais estabelecidas, geralmente exploradas com alta intensidade durante anos, deixando áreas de solo exposto visíveis nas imagens por um período mais longo (SFB, 2010).

Foram realizadas análises espaciais de densidade de pontos utilizando o estimador de densidade *Kernel*. Para cada polígono de garimpo identificado em 2009 foi gerado o ponto de seu centróide, ao qual foi associado o dado de sua respectiva área. O estimador indica as áreas onde há maior densidade de pontos, ou seja, de garimpos. Com o uso desse estimador, foram gerados dois mapas: um considerando somente a densidade de pontos de ocorrência de garimpos e outro ponderado pela área de cada polígono associado àquele ponto.

3. Resultados e Discussão

A série histórica de imagens de satélite interpretadas pelo SFB confirmou que a principal fonte de intervenção antrópica na Flona decorre da atividade garimpeira. A área média de desmatamento anual detectada ao longo de 24 anos foi de 1.847 ha, o que equivale a 0,24% da área total da Flona. O máximo desmatamento encontrado foi de 3.072 ha, no ano de 2006 e o mínimo foi de 389 ha em 1985, primeiro ano da análise, equivalentes a 0,41% e 0,05% da área da Flona, respectivamente.

A análise revelou que existe uma tendência clara de expansão da atividade antrópica na Flona que pode ser dividida aproximadamente por décadas: a) na década de 80, a área antropizada na unidade não chegou a 1.000 ha; alcançou 2.000 ha na década de 90 e início dos anos 2000, e chegou a 3.000 ha em 2006. A Tabela 1 apresenta a síntese dos resultados obtidos a partir da análise multitemporal de imagens de satélite, apresentados de forma gráfica na figura 2.

Tabela 1- Desmatamento detectado na Flona do Crepori entre 1985 e 2009.

Ano	Área total (ha)	% da Flona
1985	389	0,05
1988	659	0,09
1991	1.446	0,20
1994	1.794	0,24
1997	1.964	0,27
2000	2.198	0,30
2003	2.106	0,28
2006	3.073	0,41
2009	2.998	0,40
Média	1.847	0,25

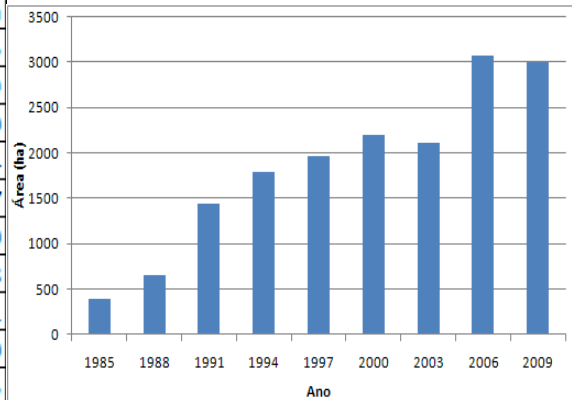


Figura 2- Desmatamento detectado na Flona do Crepori entre 1985 e 2009.

A Figura 3 mostra na forma de mapas as áreas antropizadas detectadas em todos os anos analisados, revelando a pequena porcentagem que representa em relação à área total da Flona, mas também a tendência de expansão.

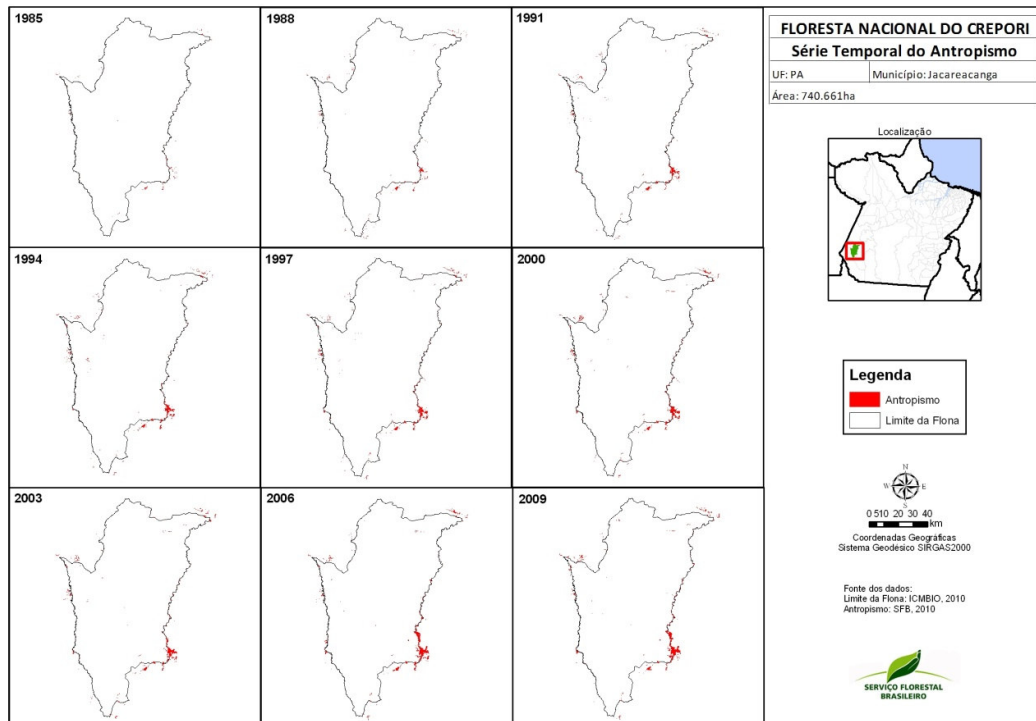


Figura 3 – Análise multitemporal da intervenção antrópica na Flona.

A Figura 4 mostra a evolução da área antropizada na Vila do Creporizão, no limite leste da Flona, que é o maior povoamento da região e a saída até a BR-163. A área desmatada mostrada na figura cresceu de 32,8 ha em 1985 para 1.262,2 ha em 2009. Nas imagens se pode observar como as áreas que em 1985 eram lavras garimpeiras se expandiram e se converteram em outros usos, e como a área antropizada avançou para dentro da área na qual foi criada a Flona, em 2006. Na foto da esquerda se pode ver uma pista de pouso, uma vila e uma lavra ao fundo, e a foto da direita mostra uma lavra aberta, ambas em áreas de desmatamento já consolidado.

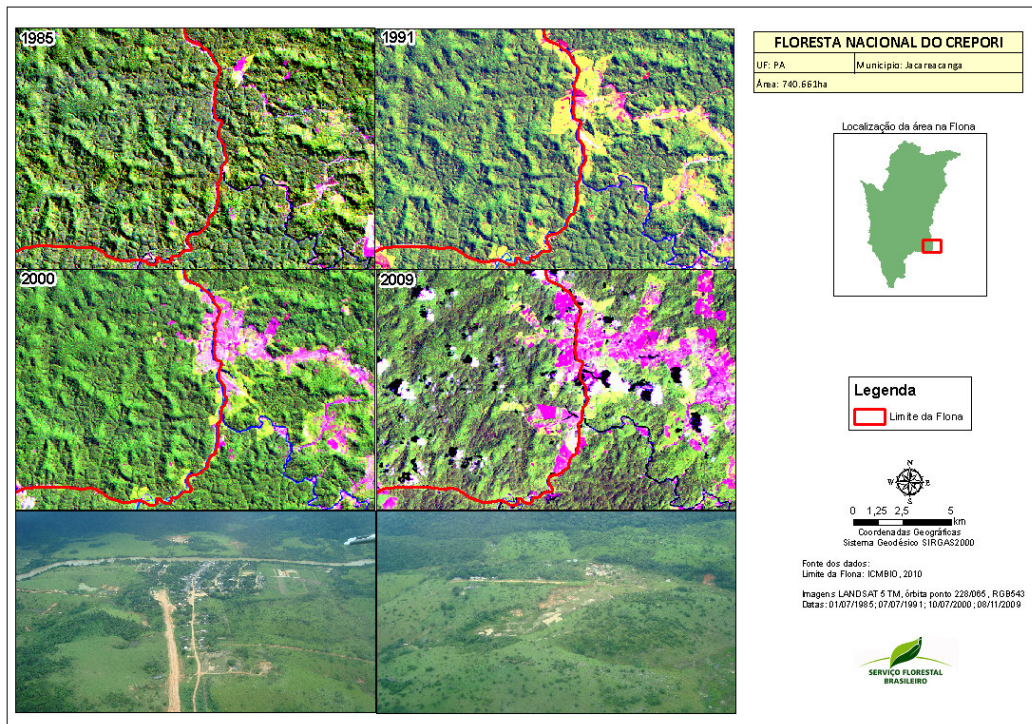


Figura 4 – Evolução do antropismo em uma área da Flona e fotos de sobrevôo na área em 2010.

A Figura 5 mostra o antropismo mapeado na Flona em todos os anos e fotos de algumas dessas áreas, obtidas durante sobrevôo realizado em abril de 2010, material que foi utilizado na validação e categorização dos dados. Com exceção da foto do meio do lado esquerdo, que mostra uma aldeia indígena bem ao lado de um afloramento rochoso, as demais fotos mostram áreas de garimpos consolidadas, ressaltando as alterações que essa atividade provoca na cobertura florestal e no curso dos rios.

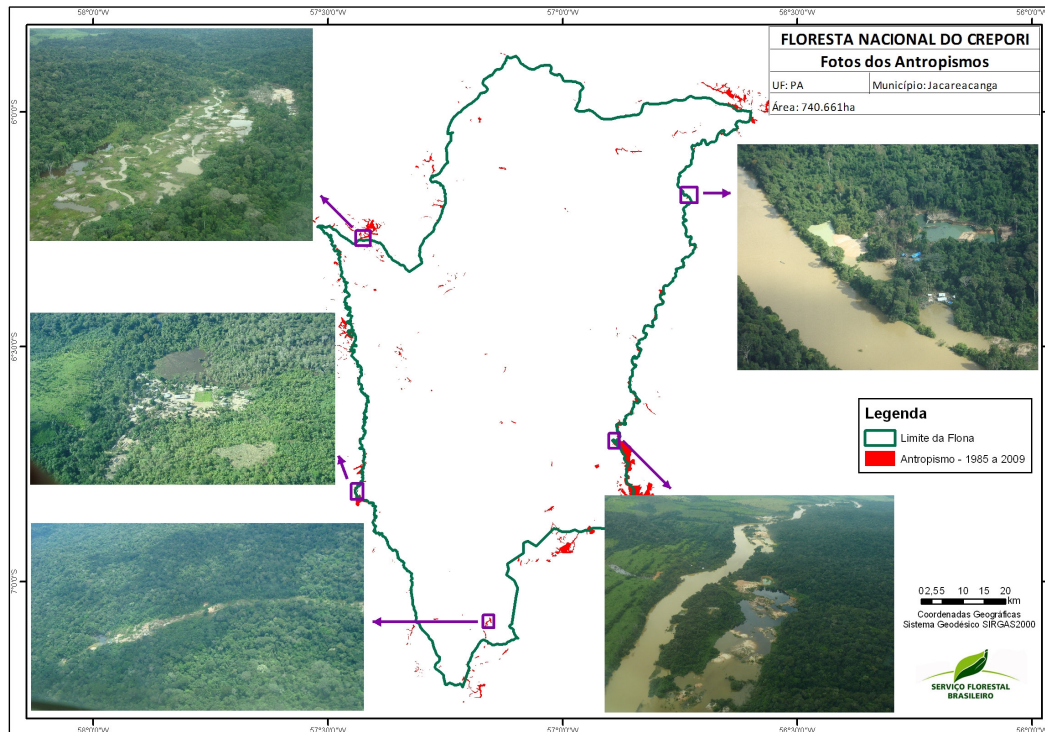


Figura 5 – Fotos de algumas áreas desmatadas vistas em sobrevôo.

Os dados do PRODES foram comparados às interpretações realizadas pelo SFB na série histórica de imagens.

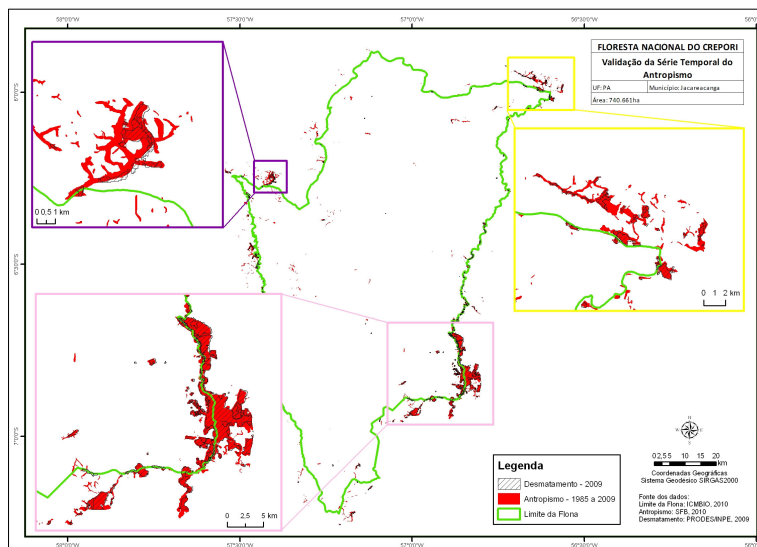


Figura 6 - Comparação dos dados produzidos pelo SFB com os dados do PRODES.

Os dados produzidos pelo SFB indicaram um número maior de pequenas áreas desmatadas em relação ao PRODES. Um dado importante é o fato de que o SFB trabalhou com a resolução espacial original das imagens LANDSAT (30m), enquanto que o INPE reamostra os pixels das imagens para 60m por razões de otimização do tempo de processamento digital (INPE, 2006). Com a reamostragem, a mínima área detectada pelo PRODES é de 6,25

A figura ao lado mostra que as áreas antropizadas mapeadas pelo SFB foram, em sua maioria, detectadas também pelos dados de desmatamento do PRODES, referentes ao ano de 2009. Possíveis explicações para as diferenças de área são explanadas a seguir.

ha. Outro ponto de influência que limita a área detectada pelo PRODES é a natureza geométrica dos polígonos associados aos garimpos, de formato frequentemente filiforme e localizados próximos a rios, sendo mais facilmente discriminados visualmente nas imagens com resolução original.

Nas imagens que foram processadas para a detecção do corte seletivo, não foram encontrados sinais de exploração madeireira no interior da Flona em nenhum dos anos analisados, o que confirma que a atividade garimpeira é a principal atividade econômica na Flona, que tem seu potencial madeireiro preservado e apto para a concessão florestal.

A figura 7 abaixo mostra a área detectada na Flona para cada categoria de intervenção antrópica (Aldeias Indígenas – AI, Antropismo de Origem Desconhecida – AOD e Área de Influência de Garimpo – AIG). Como se pode concluir a partir da análise do gráfico, o antropismo proveniente das aldeias indígenas e de origem desconhecida aumenta com o passar dos anos, mas sua quantidade é bem menor do que o antropismo ocasionado por garimpos, predominante na dinâmica do desmatamento na Flona.

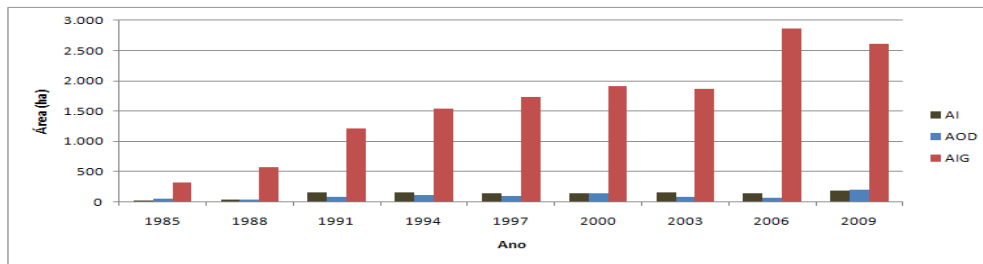
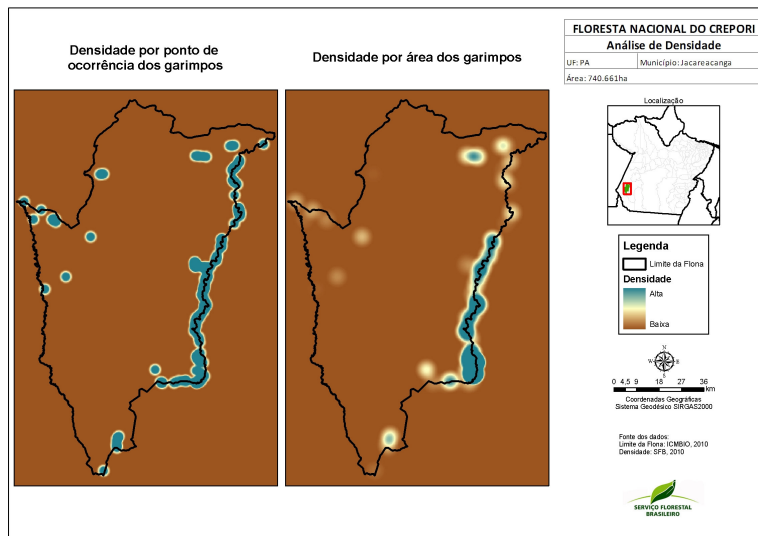


Figura 7- Desmatamento detectado nas imagens da Flona do Crepori entre 1985 e 2009, por ano e por categoria.

A análise espacial com o estimador de densidade de *Kernel* disponibiliza mais uma forma de tratamento e visualização dos dados produzidos para o ano de 2009, indicando onde estão as maiores concentrações de garimpos e onde estão aqueles causadores dos maiores desmatamentos na Flona.



A região com a maior densidade de garimpos está ao longo do Rio Crepori, no limite leste da Flona, e aquela com a maior área está próxima à Vila do Creporizão, também no limite leste. Evitou-se, na delimitação das Unidades de Manejo Florestal, a inclusão dessas áreas.

Figura 8 - Análise espacial por densidade de *Kernel* ponderada pela densidade de pontos e pela área dos polígonos de garimpo.

4. Conclusões

Mesmo o garimpo sendo a atividade de maior impacto na Flona, em todos os anos a área desmatada é menor que 1% de sua área total, alcançando um máximo de 0,39% no ano de 2006.

A Flona do Crepori está bastante preservada, apesar da tendência de expansão da atividade garimpeira nas duas últimas décadas, sendo a área mais preservada disponibilizada para concessão florestal até agora. Essa região tem grande concentração de garimpos, mas os maiores e mais consolidados se encontram principalmente nos rios Crepori e das Tropas, que fazem o limite da Flona, e fora das áreas destinadas ao manejo florestal.

As imagens LANDSAT tem um bom potencial para o mapeamento em escala regional, mas para o mapeamento mais fino da intervenção humana dentro das Unidades de Manejo Florestal da Flona, o potencial das imagens ALOS pode ser mais explorado. O último ano da análise, mais importante para o diagnóstico, pode ser todo executado com base nessas imagens, e usado como validação para os anos anteriores. E por fim, dado que áreas em diferentes regiões da Amazônia e com diferentes pressões humanas serão licitadas para a concessão florestal, diferentes técnicas de detecção e mapeamento do antropismo devem ser testadas e aplicadas.

Agradecimentos

Aos Gerentes Executivos do Serviço Florestal Brasileiro, Anna Fanzeres e Marcelo Arguelles, que demandaram e deram condições para a execução desse trabalho.

Referências Bibliográficas

- BRASIL. Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Programa de Integração mineral no Município de Itaituba - Estado do Pará, 1996. 229p.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal. Disponível em <http://www.obt.inpe.br/deter/metodologia_v2.pdf>. São José dos Campos, 2007. Acesso em 31 out. 2010.
- Kligerman, D.C., Rovere E.L.L.; Costa, M.A. Management Challenges on Small-Scale Gold Mining Activities in Brazil. **Environmental Research**. n. 87, p. 181-198, 2001.
- Matricardi, E.A.T.; Skole, D.L.; Pedlowski, M.A.; Chomentowski. W.; Fernandes, L.C. Assessment of tropical forest degradation by selective logging and fire using Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment** n. 114, p. 1117–1129, 2010.
- Rodrigues, R.M.; Mascarenhas, A.F.S.; Ichihara, A.H.; Souza, T.M.C.; Bidone, E.D.; Bellia, V.; Hacon, S.; Da Silva, A.R.B.; Braga, J.B.P.; Filho, B.P.; Filho, B.S. Estudo dos Impactos Ambientais Decorrentes do Extrativismo Mineral e Poluição Mercurial no Tapajós - Pré-diagnóstico. CETEM/CNPq, Rio de Janeiro, 1994. 220 p.
- Serviço Florestal Brasileiro (SFB). Análise multitemporal da intervenção antrópica nas UMFs da Flona do Amana. Brasília, 2010. Disponível em <http://www.mma.gov.br/estruturas/sfb/arquivos/anexo_5_analise_de_antropismo_das_umfs_95.pdf> Acesso em: 31 out. 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.