

Mapeamento de padrões de mudanças na cobertura florestal em imagens ResourceSat-I sensor AWiFS no estado do Acre

Arlesson Antonio de Almeida Souza²

Diogo Corrêa Santos¹

Cesar Guerreiro Diniz¹

Mirian Corrêa Dias¹

Nelton Cavalcante da Luz²

Douglas Rafael Vidal de Moraes¹

Janaina Sant'Ana Maia²

Igor da Silva Narvaes¹

Alessandra Rodrigues Gomes¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Centro Regional da Amazônia - Av. Perimetral, 2651 – Belém - PA, Brasil

{diogo.santos; cesar.diniz; mirian.dias; douglas.moraes; alessandra.gomes; igor.narvaes}@inpe.br

²Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE

Avenida Doutor João Guilhermino, 429 - 12210-131 – São José dos Campos – SP, Brasil

{arlesson.souza; nelton.luz; janaina.maia}@funcate.org.br

Abstract. The Brazilian Amazon has large biogeographic heterogeneity and had its human occupation processes resulting in a huge variety of spatial patterns that may be associated with different actors, history and types of occupation. The use of the digital image processing techniques and remote sensing products has been an important tool to a better understanding of the complex Amazonian anthropic process, allowing the identification of a several types of degradation, deforestation, land use and land cover patterns. In this scenario this study aimed to map patterns of forest degradation in the state of Acre based on the Advanced Wide Field Sensor (AWiFS) sensor images, on board of ResourceSat-I satellite, aiming to monitor deforestation activity in the Amazon rainforest. Five patterns of degradation were detected and classified. 3728.03 ha was mapped as Conventional Selective Logging; 397.00 ha as Intense Degradation; 1958.76 ha as Moderate Degradation; 17594.17 ha as and 3158.55 ha as Deforestation with vegetation. The Clear Cut Deforestation class reached the highest forest cover removal, representing 65.56% of the total mapped area. Furthermore, most of the deforestation polygons in Acre are smaller than 25 h, representing 99.25% of the total number of polygons mapped.

Key-words: Forest Degradation, AWiFS sensor, Forest Monitoring, Brazilian Legal Amazon.

1. Introdução

A partir de 1960, o espaço amazônico passou por profundas modificações deixando de se organizar em torno dos rios no padrão rio-várzea-floresta, para se estruturar por meio das estradas e toda a logística atrelada aos grandes projetos de exploração mineral, alterando seu padrão para estrada - terra - firme - subsolo, (Gonçalves, 2005). Nesse cenário, ganharam destaque às políticas territoriais voltadas para a abertura de estradas, o estímulo ao crescimento e a ocupação das cidades, a execução de projetos agropecuários, a construção de hidroelétricas e a exploração mineral, além da política de incentivos fiscais e de subsídios (Becker, 2001; Fearnside, 2003; Machado, 2009; Margulis, 2003).

Nesse contexto, grandes áreas da cobertura florestal amazônica foram desmatadas, em razão do modelo de planejamento tradicional e desenvolvimentista empregado pelo Estado brasileiro (Becker, 2005; Albagli, 2001). Dos aproximadamente 5 milhões de km² da Amazônia Legal, 4,2 milhões de km² eram floresta e, em 2008, 18% dessa área foi transformada para outros tipos de cobertura da terra (Gavlak, 2011).

Os efeitos da degradação florestal sobre a biodiversidade são imensos, estima-se que nos anos de 2003 e 2004 mais de 2,5 bilhões de árvores foram derrubadas (Vieira et al., 2005). Dessa forma, visando monitorar a perda de cobertura florestal da Amazônia brasileira, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realiza desde 1988, o monitoramento e a divulgação de taxas de desflorestamento através do Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica (PRODES) (INPE, 2008; Câmara et al., 2006).

Porém, mesmo com a grande relevância do PRODES para o monitoramento da floresta e para a criação de políticas públicas, o tempo despendido para a produção dos dados para a Amazônia Legal é de aproximadamente seis a oito meses, em razão do grande número de imagens para serem processadas e da baixa disponibilidade de imagens com pouca cobertura de nuvens (INPE, 2008; Câmara, 2010) não sendo, desta forma, um sistema apropriado para ações de prevenção, fiscalização e controle do desmatamento em curto prazo.

Com o intuito de agilizar o mapeamento das áreas desmatadas o INPE criou o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Quase Real (DETER). O DETER é um sistema de alerta que utiliza satélites que recobrem a Amazônia com maior frequência, permitindo a detecção de áreas em processo de desmatamento. Além de incluir áreas de corte raso o sistema as mapeia em processo de degradação florestal (Escada et al., 2011). O sistema utiliza-se das imagens do sensor MODIS do satélite Terra que tem resolução espacial de 250m e resolução temporal diária (Anderson et al., 2005; INPE, 2013), que permite mapear polígonos maiores que 25ha. Porém, nos últimos anos, a detecção de pequenas áreas pelos sistemas de alerta tem se tornado mais frequente. Os dados do PRODES entre os anos de 2002 a 2009 indicam que as áreas dos polígonos de desmatamento menores que 25ha estão aumentando significativamente (Escada et al., 2011). Em 2002 as faixas de polígonos dentro desse tamanho contribuíram com 22% da área total desmatada, todavia em 2009, representaram 60% da área total de desmatamento na Amazônia Legal (Escada et al., 2011).

Essa tendência mostra a necessidade de modificações nos sistemas de alerta para a detecção mais eficaz de novas intervenções antrópicas na floresta, em especial os novos desmatamentos, uma vez que o DETER não detecta polígono com área inferior a 25 ha (Escada et al., 2011). Diante desse cenário, o presente trabalho tem por objetivo mapear e analisar, por faixas de tamanho, os padrões de mudança na cobertura florestal no Estado do Acre, a partir das imagens do sensor *Advanced Wide Field Sensor* (AWiFS) do satélite Resourcesat-I, na tentativa de verificar se este sensor seria uma das opções para mapeamento destas alterações, em especial o desflorestamento em áreas menores que 25ha.

2. Metodologia de Trabalho

O Acre é uma das 27 unidades federativa do Brasil. Localiza-se no sudoeste da região norte e faz divisa com duas unidades federativas: Amazonas ao Norte e Rondônia a leste; e faz fronteira com dois países: a Bolívia a sudeste e o Peru ao sul e a oeste (Figura 1).

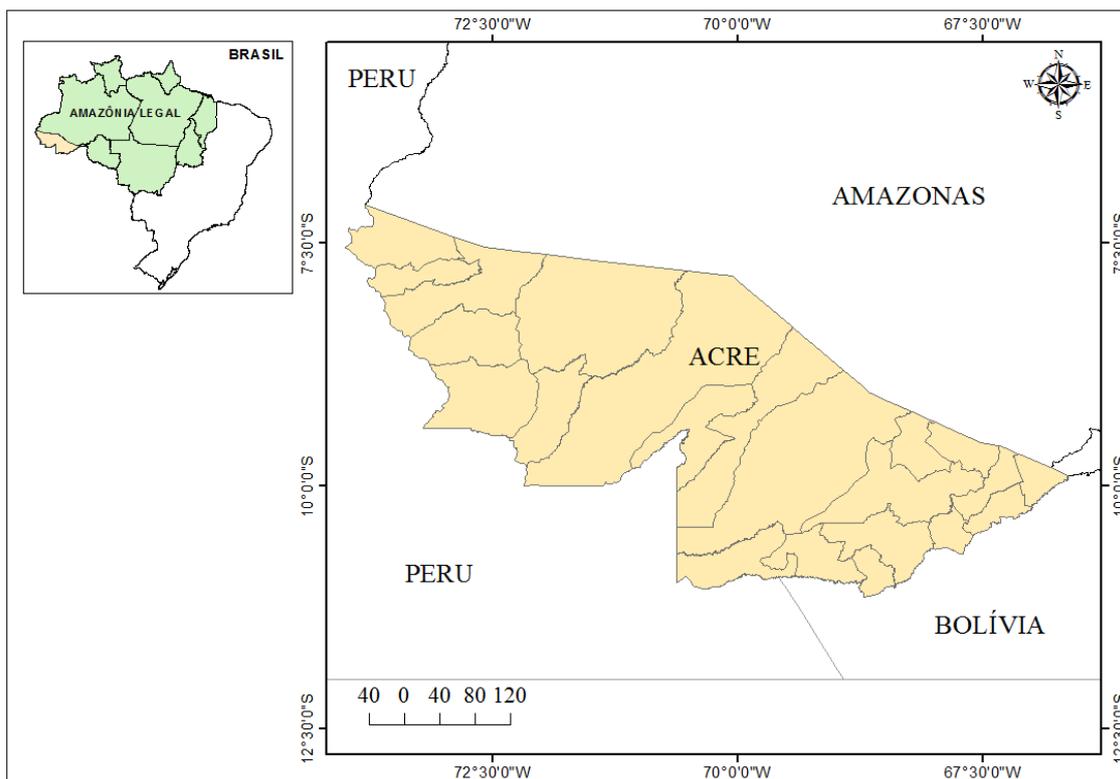


Figura 1. Localização da área de estudo.

O programa indiano de Satélites de Observação da Terra IRS (Indian Remote Sensing Satellite) disponibiliza imagens em diferentes resoluções que permitem as mais variadas aplicações. As imagens do sensor AWiFS a bordo do satélite RESOURCESAT-1, têm comprimentos de ondas que permitem a caracterização da vegetação, além de possuírem uma boa resolução espacial em relação ao seu pequeno tempo de revisita. Essas características permitem o emprego destas imagens para o monitoramento florestal (Souza, et al., 2011) e para a detecção de polígonos com áreas menores do que 25ha (Diniz et al., 2013). As características do sensor AWiFS são apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 1. Características do Sensor AWiFS.

BANDAS	RESOLUÇÃO				ÁREA IMAGEADA
	ESPECTRAL (MM)	ESPACIAL (M)	TEMPORAL	RADIOMÉTRICA	
VERDE	0.52 - 0.59	56	5 DIAS	10 BITS	740 KM
VERMELHO	0.62 - 0.68				
IVP	0.77 - 0.86				
IVM	1.55 - 1.70				

Onde: IVP = infravermelho próximo; IVM = infravermelho médio.

Na execução desta pesquisa foram utilizadas as imagens das seguintes órbitas/pontos que recobriram o estado do Acre, a saber:

- 311/084, quadrante A do dia 04/08/2013;
- 304/082 dos quadrantes A, e B do dia 17/08/2013;
- 309/080, quadrante C, do dia 18/08/2013;
- 306/080, quadrante D, do dia 27/08/2013.

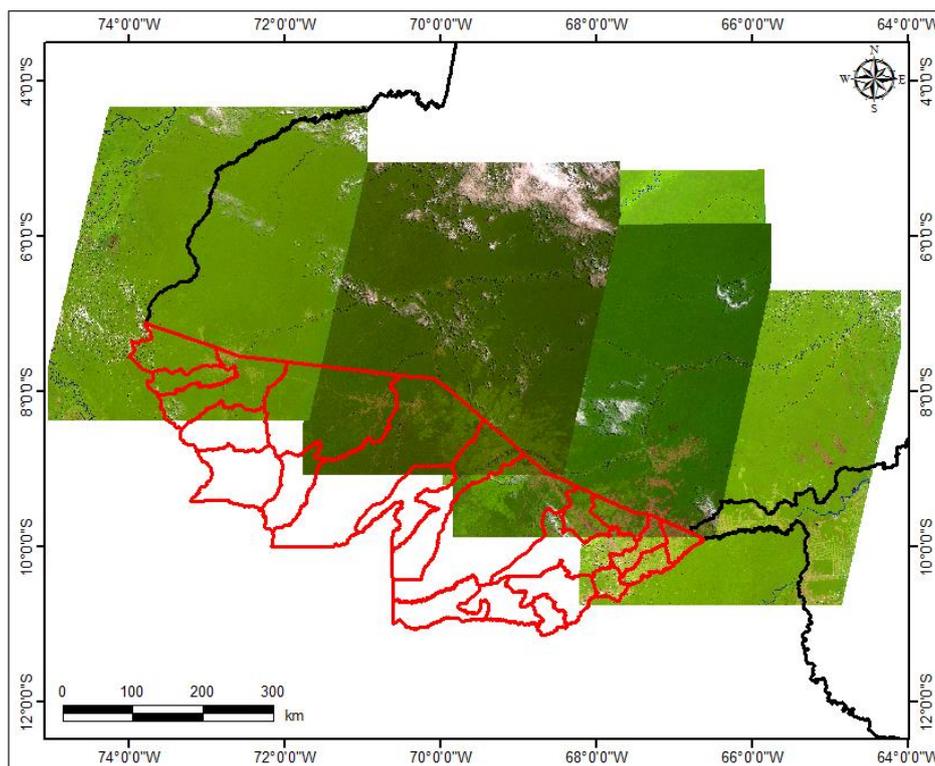


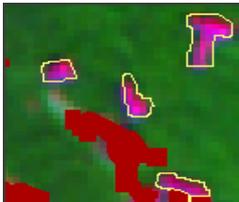
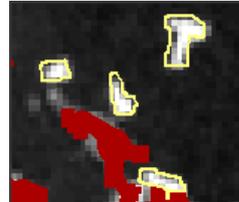
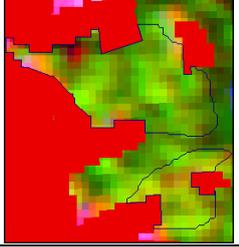
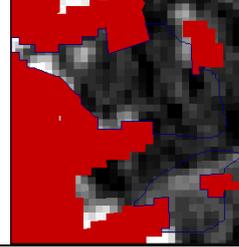
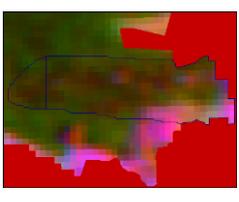
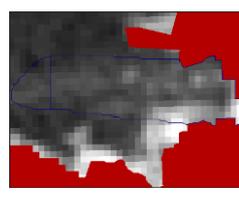
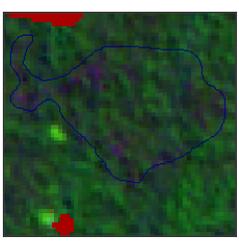
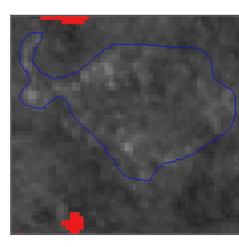
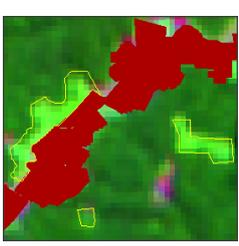
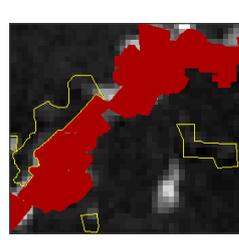
Figura 2. Distribuição das imagens AWIFS na área de estudo. Em linhas vermelhas o limite municipal do estado do Acre, em linha preta limite estadual dos estados vizinhos.

Inicialmente as imagens foram adicionadas a um banco de dados PostGreSQL, versão 8.4, estruturado a partir do programa Terra Amazon, versão 4.4.3, que utiliza a biblioteca da Terralib (INPE/FUNCATE, 2013). Em seguida, realizou-se a composição colorida das imagens nos canais de cores 5R 4G 3B. Posteriormente o registro das imagens foi executado, tendo como base as imagens TM/Landsat do ano de 2005, provenientes do Global Land Cover Facility (GLCF) com o nível de processamento ortorretificado (Tucker et al., 2004). Para cada imagem, foram utilizados 25 pontos de controle bem distribuídos e o erro médio quadrático das imagens resultantes foi de 0.43, o que representa 24 metros de erro médio.

Sobre as imagens corrigidas geometricamente foi aplicado o Modelo Linear de Mistura Espectral (Shimabukuro e Smith, 1991) no qual foram geradas imagens-fração (vegetação, solo e sombra). O modelo linear foi realizado para realçar as feições de interesse e auxiliar o mapeamento. A máscara do PRODES, contendo as classes de hidrografia, não floresta e desmatamento foi utilizada para que as mudanças de uso na floresta anteriores ao ano de 2013 não fossem mapeados novamente. Dessa maneira, foram identificados 5 padrões de intervenção na floresta definidos de acordo com Santos et al. (2013), INPE (2008), Gavlak (2011) e Escada (2003), a saber: (a) Corte Seletivo Convencional, que tem como característica a presença de áreas de esplanadas conectadas por meio de estradas sem padrão geométrico definido; (b) Degradação Intensa, que possui clareiras com solo exposto, pode apresentar vegetação secundária e/ou cicatriz de queimada intercaladas com formações florestais; (c) Degradação Moderada, constituída predominantemente por formação florestal, intercalada por manchas de solo exposto, não apresentando padrão geométrico definido; (d) Desmatamento Corte Raso, que apresenta áreas com solo exposto em razão da supressão da cobertura florestal; (e) Desmatamento com vegetação, representa uma área que passou por supressão da cobertura vegetal, mas devido ao intervalo de tempo entre a retirada da cobertura vegetal e a passagem do sensor houve a formação de vegetação rasteira.

A Tabela 2 representa a chave de interpretação para cada classe encontrada e as características de cada uma quando interpretadas nas imagens em composição colorida e na fração solo.

Tabela 2. Chave de Interpretação das classes mapeadas

CLASSES	COMPOSIÇÃO COLORIDA	IMAGEM FRAÇÃO SOLO	CHAVE DE INTERPRETAÇÃO NA COMPOSIÇÃO COLORIDA 5(R), 4(G) E 3(B)	CHAVE DE INTERPRETAÇÃO NA FRAÇÃO SOLO
DESMATAMENTO CORTE RASO			Cor: Magenta Tonalidade: Claro Textura: Lisa Forma: irregular Contexto: Limites bem definidos entre o polígono (solo exposto) e a matriz florestal, com manchas pequenas e isoladas.	Cor: Cinza Tonalidade: Claro Textura: Lisa Forma: irregular Contexto: Limites bem definidos entre o polígono (solo exposto) e a matriz florestal, com manchas pequenas e isoladas.
DEGRADAÇÃO MODERADA			Cor: Verde e Magenta Tonalidade: Baixa Textura: Rugoso Forma: Irregular Contexto: Tonalidades de verde e magenta misturados, relacionados à presença de clareiras, solo exposto e vegetação secundária.	Cor: Cinza Tonalidade: Claro Textura: Rugoso Forma: Irregular Contexto: Predomínio de tons cinza-claro, associados à presença de clareiras, solo exposto e vegetação secundária.
DEGRADAÇÃO INTENSA			Cor: Verde e Magenta Tonalidade: alta Textura: Rugoso Forma: Irregular Contexto: Tonalidades de verde e magenta misturados, relacionados à presença de clareiras, solo exposto e vegetação secundária.	Cor: Cinza Tonalidade: Claro Textura: Rugoso Forma: Irregular Contexto: Predomínio de tons cinza-claro, associados à presença de clareiras, solo exposto e vegetação secundária.
CORTE SELETIVO CONVENCIONAL			Cor: Verde Tonalidade: Escuro Textura: Rugoso Forma: irregular Contexto: Predomínio de tonalidade verde escuro com presença mínima de tons verde claro e/ou magenta.	Cor: Cinza/Branco Tonalidade: Claro Textura: Rugoso Forma: Irregular Contexto: Predomínio de tonalidade cinza escuro com presença de pontos cinza claro, distribuídos de forma irregular. Essas feições são mais evidentes na componente fração solo.
DESMATAMENTO COM VEGETAÇÃO			Cor: Verde Tonalidade: Claro Textura: Lisa Forma: Irregular Contexto: Áreas de vegetação rasteira em formação.	Cor: Cinza Tonalidade: Escuro Textura: Lisa Forma: Irregular Contexto: Áreas de vegetação rasteira em formação. Essas feições são mais evidente nas imagens composição colorida e fração solo.



MÁSCARA PRODES



LIMITES DAS FEIÇÕES MAPEADAS (CORTE RASO)



LIMITE DAS FEIÇÕES MAPEADAS (DEGRADAÇÃO)

3. Resultados e Discussão

A Tabela 3 apresenta as classes mapeadas para o estado do Acre. Nela é possível observar que para a classe Corte Seletivo Convencional foram mapeados 3.728,04ha, que correspondem a 13,89% do total das classes detectadas. As classes Degradação Intensa e Degradação Moderada apresentaram 397,00ha e 1.958,77ha respectivamente. O que

representa 1,48%, para a Degradação Moderada e 7,30% para Degradação Intensa do total mapeado.

As classes Desmatamento Corte Raso com 17.594,17ha e Desmatamento com Vegetação com 3.158,56ha, representam respectivamente, 65,56% e 11,77% do total das classes detectadas para a área de estudo. Os dados indicam que para o estado do Acre a classe que mais contribui para a perda da cobertura florestal é o Desmatamento do tipo Corte Raso.

Tabela 3. Área mapeada por classe no Acre

CLASSE	ÁREA (ha)	Área (%)
CORTE SELETIVO CONVENCIONAL	3.728,04	13,89
DEGRADAÇÃO INTENSA	397,00	1,48
DEGRADAÇÃO MODERADA	1.958,77	7,30
DESMATAMENTO CORTE RASO	17.594,17	65,56
DESMATAMENTO COM VEGETAÇÃO	3.158,56	11,77
TOTAL	26.836,54	100,00

A Tabela 4 apresenta a estratificação, por faixa de tamanho, dos polígonos mapeados para a área de estudo. Dos 5.632 polígonos identificados, 4.819 pertencem à classe Desmatamento Corte Raso, sendo que destes 99,77% estão na faixa < 25 ha. Do total mapeado para a referida classe, apenas 0,23% estão situados na faixa ≥ 25 ; < 50 ha.

Tabela 4 Número polígonos por faixa de tamanho

Classe	Faixa (ha)	Nº pol	Área (ha ²)	% Pol	% Área
Desmatamento Corte Raso	< 25	4808	17237.52	99.77	97.97
	≥ 25 ; < 50	11	356.65	0.23	11.73
	> 50; ≤ 100	0	0.00	0.00	0.00
	> 100	0	0.00	0.00	0.00
Sub Total		4819	17594.17	85.56	65.56
Desmatamento com Vegetação	< 25	732	3040.13	99.46	96.25
	≥ 25 ; < 50	4	118.42	0.54	3.74
	> 50; ≤ 100	0	0.00	0.00	0.00
	> 100	0	0.00	0.00	0.00
Sub Total		736	3158.55	13.07	11.77
Degradação Intensa	< 25	31	213.73	91.18	53.83
	≥ 25 ; < 50	1	26.29	2.94	19.05
	> 50; ≤ 100	1	51.78	2.94	34.31
	> 100	1	105.21	2.94	25.07
Sub Total		34	397	0.60	1.48
Degradação Moderada	< 25	19	138.06	55.88	7.05
	≥ 25 ; < 50	4	150.90	11.76	7.70
	> 50; ≤ 100	6	419.64	17.65	21.42
	> 100	5	1250.17	14.71	63.82
Sub Total		34	1958.77	0.60	7.30
Corte Seletivo Convencional	< 25	2	0.06	22.22	0.00
	≥ 25 ; < 50	0	0.00	0.00	0.00
	> 50; ≤ 100	0	0.00	0.00	0.00
	> 100	7	3727.97	77.78	100.00
Sub Total		9	3728.04	0.16	13.89
Total		5632	26.836,54	100.00	100.00

A classe Degradação Intensa obteve 34 polígonos mapeados, sendo que 31 polígonos estão na faixa < 25ha, que representam 91,18% dos polígonos mapeados. Para Degradação Moderada foram identificados 34 polígonos, destes, 19 estão na faixa >25 ha, que representam 55, 88% do total de polígonos detectados. Souza Jr. et al. (2003) associa os processos de degradação a retirada de árvore, seja seletiva ou não, bem como queimadas.

Para a classe Corte Seletivo Convencional foram mapeados 9 polígonos, destes, 7 estão na faixa >100 ha, que representam 77,78% dos polígonos mapeados para a esta classe. De acordo com Santos et al. (2013) há indícios de que o corte seletivo convencional esteja relacionado a prática ilegal de obtenção de madeira.

Para a classe Desmatamento com vegetação foram detectados 736 polígonos, sendo que 732 são menores do que 25ha, que representam 99,46% dos polígonos mapeados, sendo que apenas 4 polígonos estão na faixa ≥ 25 ; < 50 e representam 12,90% dos polígonos detectados para a classe.

A predominância dos polígonos com áreas inferiores a 25 ha nesta região está relacionado ao padrão de ocupação espacial, que pode ser caracterizado como do tipo difuso, em que as parcelas de desflorestamento estão associadas às atividades de pequenos proprietários, que desenvolvem agricultura familiar de subsistência em conjunto com a pecuária em pequena escala (Escada, 2003; Gavlak, 2011).

Os dados confirmam a tendência apontada por Escada et al. (2011) e Rosa et al. (2012) de que os polígonos de desmatamento com áreas menores do que 25ha estão aumentando na Amazônia, pois 5.540 polígonos de desmatamento estão abaixo dos 25ha e representam 99,28 % do total mapeados para o estado do Acre.

4. Conclusões

Considerando as técnicas de processamento digital aplicadas e as características de resolução da imagem do sensor AWiFS foi possível estabelecer 5 padrões de mudanças na cobertura florestal para o estado do Acre: Corte Seletivo Convencional, Degradação Intensa, Degradação Moderada, Desmatamento Corte Raso e Desmatamento com Vegetação.

Verificou-se que o padrão predominante é o Desmatamento Corte Raso, com 65,56% do total analisado, e que esta prática está relacionada às atividades de pequenos proprietários que desenvolvem agricultura familiar de subsistência em conjunto com a pecuária de pequena escala, comprovados pela quase totalidade de polígonos em áreas inferiores a 25 ha (99,25%), corroborando com análises pretéritas realizadas em outros estudos.

Por fim, a análise dos dados proporcionou a conclusão de que o sensor AWiFS, com resolução espacial de 56m, pode ser empregado para o monitoramento florestal na Amazônia, ao permitir a identificação e o mapeamento de variados padrões de mudança/alteração de uso, em especial o desmatamento, bem como detectar áreas menores do que 25ha em um período de tempo compatível com o necessário para um monitoramento em tempo quase real.

Referências Bibliográficas

- ALBAGLI, S. Amazônia: fronteira geopolítica da biodiversidade. **Parcerias Estratégicas**, v. 4, n. 12, p. 5-19, 2001.
- ANDERSON, L. O., SHIMABUKURO, Y. E., DEFRIES, R.S., MORTON, D. Assessment of deforestation in near real time over the Brazilian Amazon using multitemporal fraction images derived from Terra MODIS. **Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE** 2, p. 315-318. 2005.
- BECKER, B. Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? **Parcerias estratégicas**, n. 12, p.135-159. 2001.
- BECKER, B. **Geopolítica da Amazônia. Estudos Avançados**, v. 19, n.53, p. 71-86. 2005.

- CÂMARA, G.; VALERIANO, D. M.; SOARES, J. V.; MOTTA, M. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 24 p. 2006.
- DINIZ, C. G.; GURGEL, R. S.; DIAS, M. C.; GOMES, A. R.; ALMEIDA, C. A. "Sistema Deter-AWiFS; Avaliação do uso de Imagens AWiFS para detecção do desflorestamento em tempo real". In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**.
- ESCADA, M. I. S. **Evolução de padrões da terra na região centro-norte de Rondônia**. 2003. 164 p. (INPE-10209-TDI/899). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003.
- ESCADA, M. I. S.; MAURANO, L. E; RENNÓ, C. DOM; AMARAL, S.; VALERIANO, D. M. Avaliação de dados dos Sistemas de Alerta da Amazônia: DETER e SAD. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), Curitiba. **Anais**, 2011.
- GAVLAK, A. A; ESCADA, M. I. S; MONTEIRO, A. M. V. Dinâmica de padrões de uso e cobertura da terra na região do distrito florestal sustentável da BR-163 In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), Curitiba. **Anais**. 2011.
- GONÇALVES, C.W. P. **Amazônia, Amazônias**. São Paulo: Contexto, 178 p. 2001.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2008. **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites**. Sistemas PRODES, DETER, DEGRAD e QUEIMADAS. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/Relatorio_Prodes2008.pdf> Acesso em: 10. set. 2014.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCTE). **TerraAmazon 4.4. User's Guide Operator**. 86 p. 2013. Disponível em: http://terraamazon.org/images/DocumentacaoTerraAmazon/TerraAmazon_User_Guide_Operator.pdf. Acessado em: 02 de novembro de 2014.
- MACHADO, L. Desflorestamento na Amazônia Brasileira: ação coletiva, governança e governabilidade em área de fronteira. **Sociedade e Estado**, v. 24, n.1, p. 115-147. 2009.
- MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira**. 1. ed. Brasília, Df: Banco Mundial, 2003.
- SAITO, E.A; FONSECA, L.M.G; ESCADA, M.I.S; KORTING, T.S. Efeito na mudança de escala em padrões de desmatamento na Amazônia. *Revista Brasileira de Cartografia*, nº 63, p.401- 4014, 2011.
- SANTOS, D. C., DIAS M. C., SOUZA, A. A. A., DINIZ, C. G., ADAMI, M., MAIA, J. S., GOMES, A. R. **Mapeamento e Identificação de Padrões de Degradação Florestal em Imagens Resourcesat-I Sensor AWiFS na Amazônia Legal**. In: Latin American Remote Sensing Week. (LARS), Santiago. Chile, 2013.
- SHIMABUKURO, Y.E.; SMITH, J.A. The Least-Squares Mixing Models to Generate Fraction Images Derived From Remote Sensing Multispectral Data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, p. 16-20, 1991.
- ROSA, I. M. D.; SOUZA, C.; EWERS, R. M. Changes in Size of Deforested Patches in the Brazilian Amazon. **Conservation Biology**, v. 26, p. 932-937, 2012.
- SOUZA, A.A.A.; GOMES, A.R; BARRADAS, D.C.M; SALUM, M.R.B; FÁRIAS, T.P; GUIMARÃES, U.S. Avaliação das potencialidades do sensor AWiFS para a detecção de corte seletivo de madeira na Amazônia In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), Curitiba. **Anais**. 2011.
- TUCKER, C.J., GRANT, D. M., DYKSTRA, J. D. NASA's Global Orthorectified Landsat Data Set. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing** 70, p. 313–322. 2004.
- VIEIRA, I. C. G; SILVA, J. M. C. da; TOLEDO, P M. **Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia**. *Estud. av.* [online]. 2005, vol.19, n.54, pp. 153-164. ISSN 0103-4014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v19n54/08.pdf>. Acesso em: 25 de agosto de 2014.