

Análise exploratória das cicatrizes de incêndios florestais de 2010 no estado do Acre, Brasil.

Davi Palhares de Polari Alverga¹
Irving Foster Brown^{2,3}
Adailton de Sousa Galvão⁴
Joentina Claro da Silva Nakamura⁵
Valmira Domingos de Oliveira⁵

¹Curso de Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre (UFAC) BR-364, Km 04. 69915-900, Rio Branco, Acre, Brasil. davialverga@gmail.com.

²Curso de Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, UFAC, BR-364, Km 04. 69915-900, Rio Branco, Acre, Brasil. fbrown@uol.com.br

³Woods Hole Research Center, 149 Woods Hole Road, Falmouth, MA, 02540 EUA.

⁴Curso de Geografia da UFAC, Campus Universitário, BR-364, Km 04. 69915-900, Rio Branco, AC, Brasil. adailton.geo@gmail.com.

⁵Unidade Central de Geoprocessamento do estado do Acre (UCEGEO), Av. das Acácias, Zona A, Distrito Industrial, Rio Branco, AC, Brasil.
joentinanakamura@gmail.com
valmira.domingos@hotmail.com

Abstract. In 2005 and 2010 extensive forest fires associated with prolonged droughts occurred in Acre State in Brazil's southwestern Amazon. In order to estimate the area of forests affected by these fires, the Central Geoprocessing Unit of Acre (Ucegeo) used visual interpretation of Landsat 5 images to estimate the area of forests with canopies affected by fire (FCAs). The first classification done at the end of the drought in 2010 resulted in an estimate of 24 thousand ha of FCAs; this value was used in a state inventory of greenhouse gas emissions. A revision of this work used more images and increased the area of FCA to 76 thousand ha in 2010. The most impacted municipalities were Sena Madureira, Rio Branco, Senador Guiomard, Plácido de Castro and Acrelândia. These last three have >45% of their FCAs in 2010 had burned in 2005, indicating a process of forest degradation. We recommend the implementation of a set of contingency plans to avoid forest fires in future prolonged droughts.

Keywords: Forest Fires. Amazonia, Contingency plans

1. Introdução

Nas últimas décadas, o estado do Acre foi epicentro de secas prolongadas em 2005 e 2010 que afetaram milhões de quilômetros quadrados de florestas na Amazônia (Lewis et al., 2011). A secagem das florestas reduziu a umidade na serapilheira e no material morto a ponto que o interior das florestas poderia sustentar combustão (Ray et al., 2010). Combinado com pontos de ignição oriundos de queimadas em pastos e áreas agrícolas, esta susceptibilidade permitiu o alastramento de fogo, criando incêndios florestais no estado do Acre. Estes incêndios tiveram intensidades variáveis, alguns só afetando o sub-bosque sem

modificar as propriedades da copa. Outros incêndios conseguiram, seja por queima direta ou pelo efeito do ar superaquecido, afetar as propriedades radiométricas das copas, permitindo a sua detecção, via sensoriamento remoto (Asner e Alencar, 2010). Análises de imagens LANDSAT (Brown et al., 2006, Pantoja e Brown, 2009) e de imagens MODIS (Shimabukuro et al., 2009) constataram que cicatrizes de queimadas em áreas abertas e de incêndios florestais excederam 450.000 ha em 2005 no estado do Acre. Pantoja e Brown (2009) reanalisaram os dados de Brown et al. (2006) e chegaram a uma estimativa de Florestas com Copa Afetada (FCAs) por incêndios de 337 a 417 mil ha na região leste do estado do Acre. Esta área foi 6 a 7 vezes maior do que a área desmatada naquele ano, 59 mil ha de acordo com dados do Prodes (INPE, 2012).

Em 2010, a seca prolongada foi acompanhada por incêndios florestais que iniciaram em julho em florestas impactadas por atividades madeireiras e pelos incêndios de 2005 no maior fragmento florestal do município de Senador Guiomard no Projeto de Desenvolvimento Sustentável Bonal. Em agosto e setembro incêndios florestais espalharam-se em outras partes do Acre, especialmente na parte oeste, área esta que não foi atingida fortemente em 2005. Os incêndios florestais de 2005 e 2010 criaram uma nova realidade, em termos de velocidade e extensão de degradação florestal, via fogo no Acre (Brown et al., 2011).

Para acompanhar os incêndios de 2010, a Unidade Central de Geoprocessamento do estado do Acre (Ucegeo) fez a primeira interpretação de áreas queimadas e florestas com copas afetadas por fogo do estado do Acre durante a fase final da seca para ajudar na resposta da Defesa Civil. Ela foi usado no inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa do estado do Acre (Costa et al. 2012, p. 63) . Subseqüentemente, a Ucegeo fez uma segunda interpretação com a ajuda do primeiro autor. O objetivo deste artigo é analisar as duas estimativas de áreas afetadas por incêndios, com intuito de melhorar a acurácia dos dados, que se tornaram a base de uma das estimativas de emissões de gases de efeito estufa no estado do Acre.

2. Materiais e Métodos

A área de estudo foi o estado do Acre, localizado no sudoeste da Região Norte do Brasil, entre as latitudes de 7° e 11° S e longitudes de 68° e 74° W. Os limites do estado do Acre são formados por fronteiras internacionais com Peru e Bolívia e por divisas estaduais com os estados do Amazonas e Rondônia. O estado com seus municípios e polígonos de Floresta com Copa Afetada podem ser visto na Figura 1.

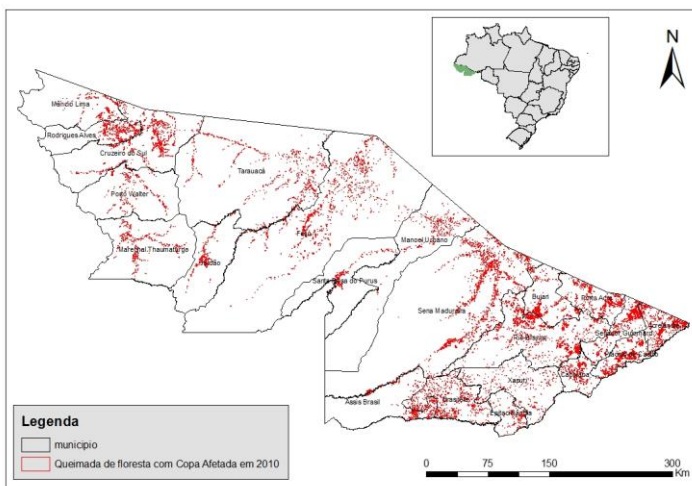


Figura 1. Mapa do estado do Acre com polígonos das Florestas com Copa Afetada (FCA) a partir da segunda classificação elaborada pela Ucegeo.

Existe uma discrepância entre o fenômeno a ser medido, incêndios florestais, e as medidas disponíveis para medi-los, via sensoriamento remoto (Asner e Alencar, 2011). Para fins deste estudo, inferimos a área de florestas impactadas por incêndios através de estimativas de copas que foram afetadas radiometricamente, isto é, Florestas com Copa Afetada (FCAs), segundo Brown et al. (2006). Estudos de campo mostraram a existência de várias áreas onde o sub-bosque queimou, mas as chamas e o ar quente não afetaram a copa, deixando estas florestas danificadas e invisíveis aos satélites. Conseqüentemente a magnitude das áreas de florestas afetadas pelos incêndios passa a ser superior a das florestas com copas afetadas. Isto sugere que a acurácia das estimativas não é mais do que um (1) algarismo significativo. Elas estão reportadas até um hectare para facilitar consistência interna para cálculos da matriz de confusão.

Para o mapeamento de queimadas foram utilizadas imagens LANDSAT 05 das cenas (01/67, 02/66, 02/67, 02/68, 03/66, 03/67, 03/68, 04/65, 04/66, 04/67, 05/65, 05/66, 05/67, 06/65, 06/66) que cobrem o território do estado do Acre, no período de julho a novembro de 2010. As imagens foram visualizadas usando ARCGIS 9.3 e composições (RGB) das bandas 543, auxiliadas por composições 743. Imagens com datas que precedem o início de queimadas foram usadas para contextualizar os impactos.

Para analisar a reincidência de incêndios florestais foi feito um cruzamento dos polígonos de FCAs de 2005 (Brown et al., 2006) com os de segunda classificação de 2010 (Ucegeo).

3. Resultados e Discussão

Os resultados das duas classificações se encontram na Tabela 1. A área de Florestas de Copa Afetada (FCAs) é calculada via interseção da área total queimada com a cobertura florestal para 2010. A primeira classificação para o estado estimou 168 mil ha para a área total queimada, quando a segunda teve um total de 323 mil ha, quase o dobro. No caso de FCAs, a diferença foi relativamente maior, sendo que na primeira classificação foram quantificados 24 mil ha versus 76 mil ha da segunda, ou seja, três vezes maior. Este resultado levanta a pergunta: qual estimativa mais perto do que aconteceu em 2010?

A fim de buscar explicação da diferença entre as duas classificações, trabalhamos com três hipóteses, possivelmente complementares: a) período das imagens analisadas; b) interpretação visual; c) incorporação de eventos naturais, como mortalidade de bambu.

3.1 Período das imagens analisadas

A primeira classificação foi feita durante o final das queimadas com intuito de apoiar uma análise rápida do que estava acontecendo em termos de áreas queimadas. Para as regiões do oeste e sul do Acre, do Alto Juruá e do Alto Acre, houve diferenças entre as áreas totais de queimadas das duas classificações na faixa de >60% (ver Tabela 1). Municípios do Alto Juruá (Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Rodrigo Alves, Porto Walter, Marechal Thaumaturgo - órbita/linha 05/65 e 05/66) tiveram diferenças de > 80%. Uma análise das imagens para a Região do Alto Juruá indicou que todas as imagens usadas pela primeira classificação tiveram datas em julho de 2010, antes da época de queimadas. As imagens para a segunda classificação incluíram datas no final de setembro de 2010 ou mais tarde. No caso da Região do Alto Acre (Assis Brasil, Brasileia, Epitaciolândia - órbita/linha 2/68, 3/67, 3/68) as imagens estavam disponíveis somente em agosto para a primeira classificação. Na segunda classificação as imagens datadas do fim de setembro a novembro de 2010 foram usadas. A incorporação das imagens de setembro pode explicar pelo menos parte da diferença entre as

estimativas das duas classificações, considerando que este é o mês de maior incidência de queimadas e incêndios florestais no estado.

3.2 Interpretação visual

A interpretação visual, para gerar classes de áreas afetadas por fogo, tem aspectos subjetivos. O intérprete integra informações de tonalidade, textura, forma e proximidade de outros componentes da paisagem para fazer sua interpretação. Desta forma, na análise de incêndios florestais de 2005, Brown et al. (2006) fizeram questão de ser conservadores nas suas estimativas para não exagerar a extensão dos incêndios. Por causa desta tendência, eles publicaram os seus dados como limites inferiores, usando o símbolo $>$, como, por exemplo > 267.000 ha.

Tabela 1. Comparação das duas classificações das áreas totais queimadas e das florestas com copa afetada (FCAs) de 2010, estado do Acre, Brasil.

Município	Área queimada total 1ª class. (ha)	FCA da 1ª class. (ha)	Área queimada total 2ª class. (ha)	FCA da 2ª class. (ha)	Diferença em área queimada total da 2ª class.
Senador Guiomard	20.289	5.286	33.719	10.209	40%
Acrelândia	20.930	2.776	27.924	6.547	25%
Bujari	10.755	864	17.322	3.769	38%
Capixaba	3.440	266	10.116	2.550	66%
Plácido de Castro	23.167	4.177	31.715	6.972	27%
Porto Acre	9.514	789	18.377	2.947	48%
Rio Branco	24.646	2.454	44.104	10.256	48%
Brasiléia	3.544	624	10.747	2.798	67%
Epitaciolândia	902	143	3.165	660	71%
Xapuri	3.082	479	5.253	1.181	41%
Assis Brasil	1.454	170	6.462	2.423	77%
Mâncio Lima	649	68	4.761	1.071	86%
Cruzeiro do Sul	1.441	239	14.112	2.425	90%
Porto Walter	434	142	2.985	650	85%
Rodrigues Alves	967	81	11.286	1.262	91%
Marechal Thaumaturgo	655	235	4.186	1.023	84%
Manuel Urbano	4.098	428	5.703	815	28%
Santa Rosa do Purus	1.508	212	4.068	1.454	63%
Sena Madureira	21.893	2.275	37.431	11.043	41%
Taruacá	4.938	804	9.712	1.805	49%
Feijó	9.233	1.397	16.979	2.955	46%
Jordão	1.136	234	3.103	930	63%
Total	168.675	24.143	323.230	75.745	48%

Na revisão da primeira classificação foi possível notar esta tendência de ser conservador e as interpretações para a segunda classificação incluíram mais áreas. Esta tendência reduz o erro de omissão, mas aumenta potencialmente o erro de inclusão. Para testar os erros de inclusão de uma maneira qualitativa foram comparados os polígonos de FCA gerados para 2010 nas duas classificações, fazendo a superposição em uma imagem de 2011, antes da época de queimadas em 2011. A hipótese foi que, se a floresta foi impactada por incêndios em 2010, ela seria detectada em 2011. Em vários casos, este padrão aconteceu com os polígonos da segunda classificação, sugerindo que esta não está superestimando as áreas queimadas.

3.3 Mortalidade de bambu ou derrubadas por ventanias

A presença de bambu (*Guadua* sp.) como fator significativo na estrutura de florestas no Acre - implica que sua morte (ciclo de vida 28-30 anos, Nelson e Biachini, 2005) pode simular uma floresta queimada. Da mesma maneira, ventanias podem criar áreas derrubadas de mais de mil ha (Espírito- Santo et al. 2010). Em ambos os casos, a forma, distribuição e proximidade de fontes de ignição ajudaram a distinguir estes fenômenos naturais com as florestas com copa afetada por incêndios, análise de 2010.

3.4 Risco de incêndios

Florestas queimadas podem entrar em uma espiral de degradação porque elas ficam mais suscetíveis a incêndios florestais por causa do aumento de material morto e mais abertura ao sol (Alencar et al., 2011). O exemplo mais marcante deste processo em 2010 foi no Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) da Bonal que tinha sofrido extração madeireira e posteriormente incêndios em 2005. A Figura 2 mostra um incêndio florestal na parte norte do projeto, já no início de agosto de 2010.



Figuras 2a e b: Incêndio florestal no Projeto de Desenvolvimento Sustentável Bonal, Município de Senador Guiomard, Acre. 06 de agosto de 2010. Lat: -9,88, Long: -67,33. Fotos: Foster Brown.

Para analisar quanto esta espiral de degradação está acontecendo, cruzamos os polígonos de FCA de 2005 (Brown et al., 2006) com polígonos de FCA da segunda classificação. Os dados de FCA de 2005 são somente para o leste do Acre, conseqüentemente não foi possível fazer esta comparação para o resto do estado. Os resultados se encontram na Tabela 2.

Tabela 2: Intersecção de polígonos de florestas com copa afetada (FCAs) de 2010 com os polígonos de FCAs de 2005 no Leste do estado do Acre.

Municípios	FCA 2005, ha	FCA 2010, ha	Intersecção das FCAs de 2010 com as de 2005 (ha)	Porcentagem da FCA de 2010
Senador Guiomard	29.166	10.209	5.452	53%
Acrelândia	28.794	6.547	3.024	46%
Bujari	16.895	3.769	1.319	34%
Capixaba	4.165	2.550	420	16%
Plácido de Castro	30.520	6.972	5.049	72%
Porto Acre	14.118	2.947	577	19%
Rio Branco	70.649	10.256	4.805	46%
Brasiléia	8.698	2.798	128	4%
Epitaciolândia	11.580	660	140	21%
Assis Brasil	1.722	1.181	45	3%
Xapuri	37.248	2.423	240	9%

Os municípios de Plácido de Castro, Senador Guiomard, Acrelândia, e Rio Branco tiveram 46% ou mais das suas florestas afetadas por incêndios em 2010, incendiadas também em 2005. No caso do município de Plácido de Castro a porcentagem chegou a 72%. As florestas destes municípios da Região de Baixo Acre estão sofrendo uma espiral de degradação causada por múltiplos incêndios. Dos 76 mil ha de florestas com copa afetada por incêndios, pelo menos 20 mil ha já tinham sido queimados em 2005.

4. Conclusão

As análises dos dados indicam que a segunda classificação de área de incêndios florestais está mais próxima da realidade do Acre em 2010, com aproximadamente 76 mil ha de florestas com copa afetada por incêndios. Isto significa que o fluxo estimado por Costa et al. (2012) oriundo de incêndios florestais em 2010 deve ser aumentado três vezes, com um valor de 4.000 Gg de CO₂. Este valor aumentaria a emissão líquida de CO₂ do estado do Acre em 2010 em 14%. Os municípios de Plácido de Castro, Senador Guiomard e Acrelândia têm relativamente pouca cobertura florestal e as florestas que existem foram impactadas por fogo, não só em 2010, mas também em 2005. Dado a importância crescente de incêndios florestais, sugere-se um refinamento dos métodos usados para estimar área de floresta afetada por incêndios, combinada com levantamentos de campo para medir os graus de impacto destes incêndios.

Se acontecerem mais secas como as de 2005 e 2010, as florestas com copa afetada por incêndios nestes anos representarão alta susceptibilidade para incêndios florestais. Recomenda-se a elaboração de planos efetivos de contingência para evitar incêndios florestais durante as secas prolongadas.

5. Agradecimentos

A Unidade Central de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto do estado do Acre (Ucegeo), por disponibilizar os dados para elaboração do presente trabalho e o apoio do profissional Lucio Flávio Zancanela do Carmo.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Serviços Ambientais, Experimento de Grande Escala Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), Agência de Desenvolvimento Internacional dos EUA e Fundações Packard e Moore pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

Alencar, A. Asner, G. P. Knapp, D. Zarin, D. **Temporal variability of forest fires in eastern Amazonia. *Ecological Applications***, v. 21, n.7, p. 2397–2412, 2011.

Asner, G. Alencar, A. **Drought impacts on the Amazon forest: the remote sensing perspective. *New Phytologist***, v. 187, p. 569–578, 2010.

Brown, I. F. Emerson, M. N. P. M. Joventina, N. Wilfrid, S. Mónica, D. L. R. M. Sumaia, S. V. Diogo, S. **Relatório preliminar do mapeamento de áreas de risco para incêndios no leste do Estado do Acre. UFAC/FUNTAC. Rio Branco, 20p. 2006.**

Brown, I. F. Santos, G. P. Pires, F. F. Costa, C. B. **World Resources Report Case Study. Brazil: Drought and fire response in the Amazon. *World Resources Report, Washington DC*. Disponível em: http://www.worldresourcesreport.org/files/wrr/wrr_case_study_amazon_fires.pdf, acesso: jun., 2012.**

Costa, F. S. Amaral, E. F. Butzke, A. G. Nascimento, S. S. **Inventário de emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa do estado do Acre. In: COSTA, F. de S. et al. *Inventário de Emissões Antrópicas e Sumidouros de Gases de Efeito Estufa do Estado do Acre: Ano-Base 2010*. Rio Branco: Embrapa Acre. 2012 Capítulo 2, p.39-77.**

Espírito-Santo, F. D. B. Keller, M. Braswell, B. Nelson, B. W. Frohking, S. **Storm intensity and old-growth forest disturbances in the Amazon region. *Geophysical Research Letters***, v. 37, p. L11403, 2010.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Taxa de desmatamento anual na Amazônia Legal. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2011.htm acesso: jun., 2012.

Lewis, S. L. Brando, P. M. Phillips, O. L. Heijden, G. M. F. Nepstad, D. **The 2010 Amazon drought. *Science***, v. 331, n. 6017, 554, 2011.

Nelson, B.; Bianchini M. Complete life cycle of southwest Amazon bamboos (*Guadua* spp) detected with orbital optical sensors. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, 2005, INPE, Editado por José Carlos Neves Epiphânio et al., 2005. p. 1629-1636.

Pantoja, N. Brown, I. F. **Estimativas de áreas afetadas pelo fogo no leste do Acre associadas à seca de 2005. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, Editado por João Carlos Neves Epiphânio e Lenio Soares Galvão, INPE, 2009. p. 6029-6036.**

Ray, D. Nepstad, D. Brando, P. **Predicting moisture dynamics of fine understory fuels in a moist tropical rainforest system: results of a pilot study undertaken to identify proxy variables useful for rating fire danger, *New Phytologist*** v. 187, p. 720–732, 2010.

Shimabukuro, Y. E. Duarte, V. Arai, V. Freitas, R. M. Lima, A. Valeriano, D. M. Brown. I. F. Maldonado, M. L. R. **Fraction images derived from Terra Modis data for mapping burnt areas in Brazilian Amazonia.” *International Journal of Remote Sensing***, v.30, n. 6, p. 1537–1546, 2009.