



# 579 - Comparação da distribuição espacial e temporal de pontos quentes AVHRR, MODIS e GOES na região tri-nacional Brasil-Bolívia-Peru e municípios do Estado do Acre

Diogo Selhorst <sup>a,b</sup>, I.Foster Brown <sup>a,c</sup>, Nara Pantoja <sup>a,b</sup>, Leigh Johnson <sup>a</sup>, Peter Schlesinger <sup>c</sup>

## INTRODUÇÃO

Na região amazônica queimadas são praticadas propositalmente em florestas e capoeiras recém derrubadas ou para limpeza de pastagens. Quando fogem do controle as vezes destroem plantações, florestas e infra-estrutura nas propriedades e vizinhanças. Em condições climáticas favoráveis, com escassez de chuva, as queimadas podem tornar-se incêndios de maiores proporções atingindo dezenas de propriedades, como aconteceu em 2003 no Assentamento Alcobrás, município de Cabixaba, Estado do Acre e em 1998 no mega incêndio de Roraima.

Atualmente algumas tecnologias são aplicadas ao monitoramento de queimadas em grande escala principalmente através de sensoriamento remoto. Neste trabalho usamos 3 fontes de dados: AVHRR (NOAA-12), MODIS (Terra e Aqua) e GOES-12 – WF-ABBA.

A área estudada situa-se na Amazônia Sul-Ocidental compreendendo a fronteira tri-nacional entre os departamentos de Madre de Dios-Peru, Estado do Acre-Brasil e departamento de Pando-Bolívia. Nessa área, denominada de região MAP (FIG. 01) está sendo construída uma rodovia ligando o Brasil ao Oceano Pacífico a chamada "estrada do pacífico", que se propõe a funcionar como importante rota de exportação principalmente para o Oeste dos Estados Unidos, Ásia e Oceania.

A construção da estrada, novos investimentos em infra-estrutura, assentamentos humanos e possíveis mudanças climáticas apontam para um cenário futuro com aumento das queimadas nesta região, portanto é importante conhecer sobre o comportamento atual dessa atividade para subsidiar ações futuras.

## OBJETIVO GERAL

Fornecer informações sobre onde e quando as queimadas acontecem e com qual tipo de uso da terra estão mais relacionadas, para auxiliar ações de controle, fiscalização e substituição do uso do fogo na região MAP.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a distribuição temporal e espacial dos pontos quentes na região MAP em 2003.
- Indicar, com dados de pontos quentes e desmatamento, as áreas de avanço do desmatamento no Estado do Acre em 2003.
- Indicar qual tipo de uso da terra ocasiona a maior porcentagem de queimadas no Estado do Acre.
- Indicar os municípios do Estado do Acre onde são praticadas a maioria das queimadas.

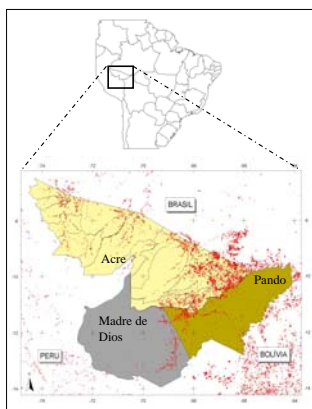


FIG. 01 - Região MAP pontos quentes MODIS Aqua e Terra jun-set, 2003

## FONTE E TRATAMENTO DOS DADOS

- Os dados AVHRR/NOAA-12 foram obtidos através da Internet na página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (<http://www.cripos.inpe.br/pq/queimadas/>).
- Dados do MODIS (Aqua e Terra) são de duas fontes:
  - a) Dados tratados pela Universidade de Maryland/NASA e fornecidos pelo Woods Hole Research Center – WHRC para os meses de junho a setembro de 2003.
  - b) Dados fornecidos pelo IBAMA para o ano de 2003 (jan-dez) na área do Estado do Acre.
- Os dados GOES-12 WF-ABBA são fornecidos pela Universidade de Wisconsin – Madison, CIMSS/GOES - Biomass Burning Monitoring Program. Foram utilizados os arquivos filtrados e esses dados contêm uma coluna de qualidade, com 6 categorias (flag) que vão de 0 a 5, sendo que os dados com flag = 5 não foram utilizados.
  - 0 = pode gerar estimativas da extensão e temperatura do fogo.
  - 1 = Pixel saturado (a temperatura do pixel maior que a máxima).
  - 2 = Pixel de fogo com nuvens.
  - 3 = Alta probabilidade de fogo.
  - 4 = Média probabilidade de fogo
  - 5 = Baixa probabilidade de fogo (não foram utilizados)

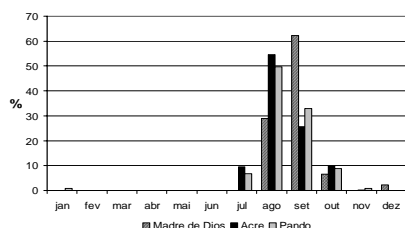


FIG. - Distribuição temporal de pontos quentes do AVHRR/NOAA-12 para 2003 na região MAP

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Região MAP** – Na região MAP segundo 3 fontes de dados para o período de junho a setembro de 2003, o Estado do Acre representou cerca de 80% das queimadas na região (TAB. 01). No entanto a proporção de pontos quentes nos 3 estados diferiu significativamente quando comparados dados NOAA x MODIS, GOES x MODIS e GOES x NOAA (qui-quadrado  $p < 0.01$ ).

Dados do AVHRR/NOAA-12 foram usados para gerar a distribuição temporal dos pontos quentes na região MAP. Em 2003 o Departamento de Pando e o Estado do Acre tiveram a maior porcentagem de pontos registrados em agosto (~ 50%) seguido pelo mês de setembro (~ 30%), no Departamento de Madre de Dios cerca de 60% dos pontos foram registrados em setembro seguido de agosto com cerca de 25% (FIG. 02).

**Estado do Acre** – Usamos dados AVHRR/NOAA-12 de 2000 a 2003 para determinar o padrão temporal de pontos quentes no Estado do Acre. Os meses de agosto e setembro historicamente representaram de 80% a 90% dos pontos quentes. Em 2001 e 2003 o mês de agosto foi mais representativo, no entanto, em 2000 e 2002 foi o mês de setembro (FIG. 03).

Quando comparadas as 3 fontes de dados para o Estado do Acre em 2003, encontramos tendências opostas entre os dados MODIS (32% em agosto e 53% em setembro) e AVHRR/NOAA-12 (55% em agosto e 26% em setembro), os dados GOES-12 indicaram aproximadamente 40% para agosto e também para setembro (FIG. 04). Esta diferença não era esperada e fomenta uma hipótese de que o horário de passagem do satélite influí na distribuição temporal dos pontos na escala de meses.

O padrão temporal diário de queimadas no Estado do Acre em 2003 foi determinado com auxílio dos dados GOES-12 WF-ABBA coletados a cada meia hora e com arquivos filtrados para evitar repetição de pontos da mesma queimada em mais de um horário. Os pontos quentes foram registrados na maioria após o meio dia local, com picos entre 12 e 14 horas (FIG. 05).

Usamos polígonos de desmatamento acumulados até 2001, obtidos na página da Internet do INPE, para classificar os pontos quentes MODIS (Aqua e Terra) de 2003. Para a classificação geramos uma faixa de entorno (buffer) de 500m para dentro da borda dos polígonos e 600m para fora da borda, onde 67% dos pontos se localizaram nessa faixa (1100m) 42% para fora e 25% para dentro da borda. Outros 21% estavam a mais de 600m fora da borda, portanto com maior probabilidade de representarem queimadas de floresta recém derrubada (roçados). Outros 12% estão completamente dentro dos polígonos (mais de 500m da borda), assim com maior probabilidade de representarem queimadas de pastagens ou capoeiras. O mapa da FIG. 06 da uma visão espacial dos pontos quentes segundo essa classificação.

**Municípios do Estado do Acre** – Para categorizar os municípios responsáveis pela maior porcentagem de pontos quentes em 2003 (jan-dez) usamos dados dos 3 sensores (TAB. 02). Os resultados mostram correlação (Spearman) significativa na comparação entre as listas geradas segundo dados NOAA e GOES (0,93  $p < 0,01$ ), NOAA e MODIS (0,87  $p < 0,01$ ) e GOES e MODIS (0,96  $p < 0,01$ ). A última comparação indica maior concordância entre os dados GOES e MODIS para os municípios.

Apesar da significância entre as listas, alguns municípios podem figurar ou não como municípios importantes na ocorrência de queimadas, por exemplo, Sena Madureira entre o quarto da lista segundo dados GOES e MODIS e décimo segundo dados NOAA.

TAB. 02 - Dados de pontos quentes para os municípios do Estado do Acre em 2003 (jan-dez).

MUNICÍPIOS	NOAA-12**		MODIS**		GOES-12***	
	# pontos	ordem	# pontos	ordem	# pontos	ordem
Rio Branco	205	1	1194	1	1089	1
Plácido de Castro	162	2	835	2	761	2
Porto Acre	156	3	736	3	644	3
Senai Madureira	152	4	738	4	463	4
Buarcu	147	5	538	5	482	5
Brasiléia	82	6	432	6	314	6
Senador Guiomard	99	7	422	7	421	7
Aquino	87	8	410	8	273	8
Acrilândia	84	9	398	9	256	11
Feijó	6	17	376	10	220	12
Teraucua	9	15	309	11	170	14
Capoatã	39	9	298	12	359	9
Epitaciolândia	42	11	296	13	312	8
Cruzeiro do Sul	38	12	269	14	208	13
Rodrigues Alves	10	13	170	15	125	15
Marechal Thaumaturgo	9	14	145	16	77	16
Porto Walter	4	20	112	17	43	17
Marechal Thaumaturgo	4	19	87	18	38	18
Mâncio Lima	5	18	83	19	43	18
Jordão	0	22	63	20	27	21
Santa Rosa do Purus	1	21	43	21	20	22
Assis Brasil	6	16	34	22	36	20
Total	1227		7961		6441	

\*\* Página do INPE  
\*\*\* Dados dos satélites Aqua e Terra (IBAMA)  
\*\*\*\* Arquivos Filtrados e com flag = 5 descartados (LW, Madison)

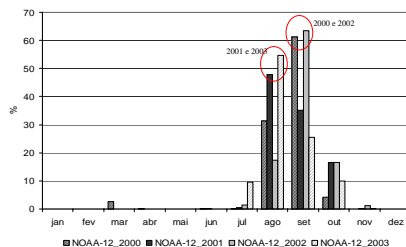


FIG. 03 - Distribuição temporal de pontos quentes do AVHRR (NOAA-12) entre 2000 e 2003 no Estado do Acre

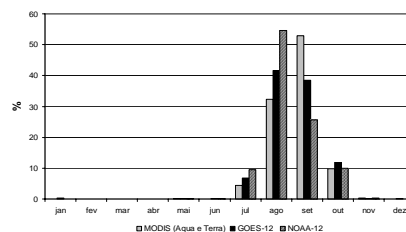


FIG. 04 - Distribuição temporal de pontos quentes segundo 3 fontes de dados para o Estado do Acre em 2003

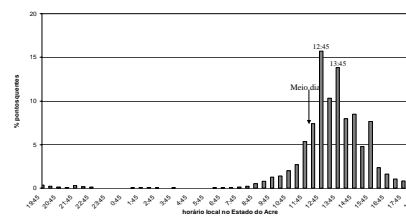


FIG. 05 - Distribuição temporal diária de pontos quentes GOES-12 (WF-ABBA) usando pontos quentes de janeiro a dezembro de 2003 no Estado do Acre (GTM -5)

TAB. 01 - Pontos quentes na Região MAP, dados de junho a setembro de 2003.

	AVHRR NOAA-12	%	MODIS Aqua e Terra	%	GOES-12 WF-ABBA	%
Acre-Br	1104	81	7119	81	6305	77
Madre de Dios-Peru	41	3	521	6	442	5
Pando-Bo	223	16	1172	13	1423	17



FIG. 06 – Classificação de pontos quentes MODIS Aqua e Terra (2003) segundo a distância da borda de polígonos de desmatamento (INPE/2001).

## CONCLUSÕES

Agosto e setembro representaram aproximadamente 80% da ocorrência de pontos quentes na região MAP em 2003.

Há diferenças significativas na proporção de pontos quentes entre os estados da região MAP quando comparados os dados dos distintos sensores.

Agosto e setembro historicamente são os meses com maior porcentagem de pontos quentes no Estado do Acre (80% a 90%), com anos maior em agosto e em outros em setembro.

O padrão temporal diário de queimadas no Estado do Acre indica que mais de 80% da queimadas detectáveis pelo GOES-12 WF-ABBA acontece após o meio dia local, com picos entre 12 e 14 horas. Os dados de pontos quentes MODIS (Aqua e Terra) classificados segundo dados espaciais de desmatamento indicam que mais de 60% dos pontos quentes de 2003 têm alta probabilidade de estarem ligados a desmatamento.

A análise conjunta desmatamento-pontos quentes têm potencial para ser usada como indicador das frentes de expansão de uso da terra.

Os municípios de Rio Branco, Plácido de Castro e Porto Acre foram, em 2003, os municípios com maior número de pontos quentes no Estado do Acre. Embora o ordenamento dos municípios tenham tido alto coeficiente de correlação entre as listas geradas com dados dos diferentes satélites, as diferenças nas listas podem gerar interpretações diferentes sobre os municípios prioritários para ações ligadas ao uso do fogo.

Em estudos que utilizam pontos quentes devem ser consideradas as limitações dos dados como a resolução temporal e espacial e escolher a fonte de dados mais adequada aos objetivos propostos.

(a) Universidade Federal do Acre - Parque Zoobotânico/SETEM, Rio Branco, AC

(b) Fundação Bioma, Rio Branco, AC

(c) Woods Hole Research Center