

MONITORAMENTO DE QUEIMADAS NA AMAZÔNIA LEGAL
COM IMAGENS AVHRR/NOAA-9, NO ANO DE 1987

M.C. Pereira
A.W. Setzer
Instituto de Pesquisas Espaciais
Ministério da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Monitorou-se diariamente com imagens AVHRR do satélite NOAA-9 a Amazônia Legal, objetivando a detecção e localização de grandes queimadas que ocorrem em seus domínios. A análise digital de 46 imagens no período de 15/julho a 02/outubro de 1987 mostrou um total de 21.000.000 ha queimados na temporada nos diversos tipos de cobertura vegetal da região. Estimou-se conservativamente que 40% deste total (8.000.000 ha) eram pertencentes a florestas recém desmatadas. Algumas imagens apresentaram individualmente um total de 400.000 ha queimados em um único dia, ocasionando mais de 1,5 milhões de km² cobertos de fumaça, com fechamento de aeroportos por falta de visibilidade, e implicando no lançamento de uma quantidade altamente significativa de gases e material particulado em termos de contribuição à poluição atmosférica do Hemisfério Sul e do planeta. Os resultados comprovam a utilidade dos dados AVHRR em um sistema de monitoramento de queimadas em tempo quase real, permitindo uma avaliação inicial das dimensões das queimadas que ocorrem na Amazônia Legal.

ABSTRACT

The Legal Amazon was monitored with AVHRR/NOAA-9 satellite images on a daily basis, with the objective of detection and location of large biomass burnings occurring in their domains. The digital analyse of 46 images in the period of July/15 to October/02 1987 showed that a total of about 20 million ha was burned in the period for several types of vegetation cover in the region. A conservative estimate show that more than 25% of this total (~8,000,000 ha) was relative to forest recently cut. Some images show an individual total of 400,000 ha burned only in one day, wich caused more than 1.5 million km² covered by smoke, what closed airports because the low visibility, and inplying in the release of an amount of gases and particulate material highly significant to the contribution of South Hemisphere and the planet atmospheric pollution. The results show the AVHRR data usefulness to a biomass burning monitoring system in a real time, allowing an preliminary evaluation of the burnings dimensions in the Legal Amazon.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Embora a detecção de grandes queimadas e suas plumas por sensoriamento remoto orbital tenha sido confirmada na primeira década da era espacial, só nos últimos anos seu uso sistemático foi sugerido e detalhado (ver Pereira, 1987). No Brasil, data de julho de 1985 o primeiro uso de imagens AVHRR dos satélites meteorológicos de órbita polar da série NOAA, e do satélite de recursos naturais

LANDSAT-TM no monitoramento de queimadas na Amazônia brasileira. Nesta ocasião foram detectadas em inúmeras imagens NOAA dezenas de grandes queimadas com plumas de centenas de km² (Pereira e Setzer, 1986; Pereira, 1987).

Duas conclusões importantes decorreram deste experimento quanto ao uso de satélites da série NOAA: 1) Eles propiciam uma técnica adequada e relativamente simples e econômica no monitoramento

diário de queimadas, e 2) Eles mostraram que a dimensão do problema de queimadas na Amazônia não estava sendo devidamente quantificada e considerada.

Estas conclusões foram transmitidas ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF, e em junho de 1987 foi elaborado um plano de trabalho que objetivou implantar um sistema de detecção e levantamento rotineiros de grandes queimadas no País em tempo quase real com o uso de imagens de satélites NOAA (para maiores informações, ver Setzer et alii, 1988).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A floresta Amazônica brasileira é atualmente uma área com ocorrência de grandes queimadas, principalmente nas regiões sul e sudeste do Pará, norte do Mato Grosso, e Rondônia (Pereira, 1987). Desta forma, optou-se por fazer um monitoramento quase diário com imagens dos satélites NOAA da Amazônia Legal brasileira (~5.000.000km²), mostrada na Figura 1.

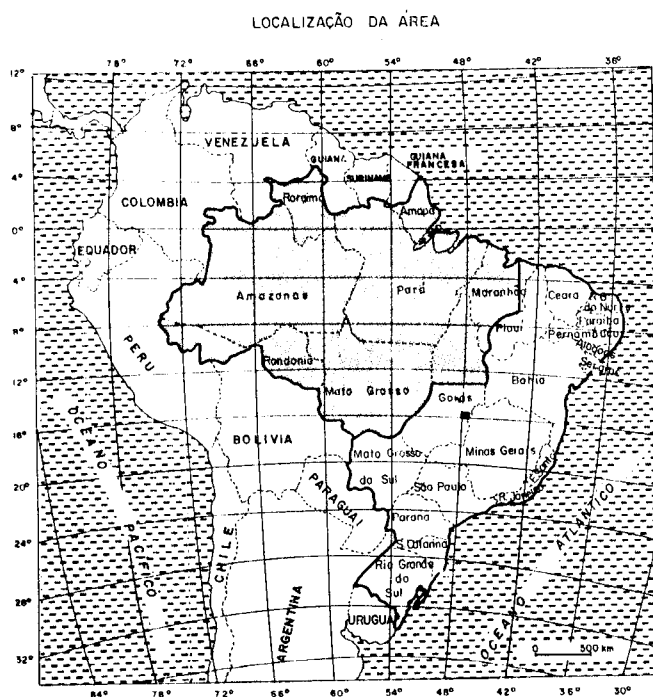


Fig. 1 - Amazônia Legal brasileira (área sombreada).

2.2. DADOS AVHRR/NOAA

2.2.1. CARACTERÍSTICAS DOS SATÉLITES DA SÉRIE NOAA

Os satélites da série NOAA-TIROS-N com imageamento multiespectral foram usados em base diária na obtenção dos dados sobre a região de estudos. Eles estão em órbitas quase-circular, quase-polar (98,89° de inclinação), heliosíncronas, com altitude nominal de 833km, e período de 102 minutos que produz cerca de 14,1 órbitas por dia, de maneira que o traço suborbital não se repete em base diária (Kidwell, 1985). Segundo este autor, o AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) é o imageador à bordo do NOAA e seus dados são obtidos via HRPT (High Resolution Picture Transmission). O campo de visão transversal (FOV) é de ~55,6°, com 2048 píxeis, ou cerca de 2400km, uma vez que o elemento de resolução no terreno é de 1,1km (no nadir). Rotineiramente, existem dois satélites NOAA operacionais, de forma que atualmente temos o NOAA-10 com cruzamento no equador às 19:30LST - Tempo Solar Local (nó ascendente) e 07:30LST (nó descendente) e, o NOAA-9 com horário de cruzamento no equador às 14:20LST (nó ascendente) e 02:20LST (nó descendente). O AVHRR a bordo do NOAA-9 possui cinco bandas, conforme mostra a Tabela 1.

TABELA 1
LARGURA DAS BANDAS (µm) E IFOV (mrad)
DC SATÉLITE NOAA-9

BANDA	NOAA-9	IFOV
1	0,58 - 0,68	1,39
2	0,725 - 1,10	1,41
3	3,55 - 3,93	1,51
4	10,30 - 11,30	1,41
5	11,50 - 12,50	1,30

FONTE: Modificado de Kidwell (1985), p.2-12.

2.2.2. GRAVAÇÃO DAS IMAGENS AVHRR/NOAA

No período de 15 de julho a 02 de outubro de 1987 foram gravadas 79 imagens em 155 fitas para o projeto SEQE, sendo que deste total utilizou-se 46 imagens para a detecção de queimadas. Outras imagens não foram processadas devido aos seguintes problemas: elevado nível de ruído, área de cobertura da cena

fora da área de estudo e impossibilidade de leitura da fita.

As imagens gravadas em fitas em ambos os períodos estão relacionadas na Tabela 2, estando atualmente arquivadas no Centro de Satélites Ambientais (CSA) do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), em São José dos Campos, SP.

2.3. TRATAMENTO DIGITAL AUTOMÁTICO E ANÁLISE DAS IMAGENS AVHRR

O procedimento metodológico adotado após a aquisição das imagens, visando a detecção e o monitoramento de queimadas é essencialmente o adotado por Pereira (1987).

Utilizou-se no tratamento digital o

computador PDF11/05 do analisador automático de imagens multiespectrais I-100 (GE, 1975). O primeiro passo no processamento digital da imagem foi a determinação dos níveis de cinza de uma cena. Após, com o uso de um algoritmo denominado "cluster synthesis", as queimadas foram classificadas automaticamente na banda três do AVHRR (2,55-3,93um). Este algoritmo é do tipo não supervisionado, que determina uma faixa de níveis de cinza com atributos semelhantes, em uma classe ou tema (ver GE, 1975). Assim, as queimadas foram classificadas através do agrupamento de píxeis (elementos de resolução da imagem) com valores de níveis de cinza entre 1 e 9 nas imagens infravermelhas termais da banda três do AVHRR, correspondentes aos níveis mais altos de energia emitida do solo.

TABELA 2
IMAGENS AVHRR/NOAA USADAS NA DETECÇÃO DE QUEIMADAS NO PERÍODO DE 15/07-02/10/1987

DATA	ORBITA		CRUZAMENTO NO EQUADOR		HORARIO DE GRAVAÇÃO (TMG)		NUMERO DA FITA PARTE 1/PARTE 2
	NUMERO	ALTURA (KM)	HORA (TMG)	LONBIT.	INICIO	FIM	
15/JUL	13334	857,68	19:24	61,47° W	19:15	19:23	FU3090/FU3091
17/JUL	13364	856,78	19:02	55,95° W	18:55	19:03	FU3093/FU3092
18/JUL	13378	856,25	18:51	53,18° W	18:44	18:52	FU3094/FU3095
19/JUL	13392	855,75	18:40	50,42° W	18:33	18:41	FU3096/FU3097
23/JUL	13449	853,62	19:39	64,88° W	19:30	19:37	FU3153/FU3150
24/JUL	13463	853,08	19:29	62,12° W	19:20	19:27	FU3158/FU3159
25/JUL	13477	852,53	19:17	59,36° W	19:10	19:17	FU3160/FU3161
26/JUL	13491	851,98	19:06	56,59° W	18:59	19:06	FU3162/FU3163
27/JUL	13505	851,44	18:55	53,83° W	18:48	18:55	FU3164/FU3165
28/JUL	13519	850,89	18:44	51,06° W	18:37	18:45	FU3166/FU3167
30/JUL	13547	849,80	18:22	45,54° W	18:15	18:23	FU3168/FU3169
03/AGO	13604	847,78	19:20	60,12° W	19:13	19:20	FU3170
04/AGO	13618	847,23	19:09	57,36° W	19:02	19:09	FU3171/FU3172
05/AGO	13632	846,71	18:58	54,60° W	18:51	18:59	FU3173/FU3174
06/AGO	13646	846,19	18:47	51,83° W	18:40	18:48	FU3175/FU3176
07/AGO	13660	845,69	18:36	49,07° W	18:29	18:37	FU3177/FU3178
13/AGO	13745	842,98	19:13	58,00° W	19:06	19:13	FU3098/FU3099
14/AGO	13759	842,60	19:02	55,23° W	18:55	19:02	FU3100/FU3101
15/AGO	13773	842,24	18:51	52,47° W	18:44	18:51	FU3102/FU3103
16/AGO	13787	841,90	18:40	49,70° W	18:33	18:41	FU3104/FU3105
21/AGO	13858	840,54	19:27	61,30° W	19:20	19:27	FU3106/FU3107
22/AGO	13872	840,35	19:16	58,63° W	19:09	19:16	FU3108/FU3109
23/AGO	13886	840,19	19:05	55,86° W	18:58	19:06	FU3110/FU3111
24/AGO	13900	840,05	18:54	53,10° W	18:47	18:55	FU3112/FU3113
25/AGO	13914	839,93	18:43	50,33° W	18:36	18:44	FU3156/FU3157
26/AGO	13928	839,85	18:33	47,56° W	18:25	18:34	FU3188/FU3189
30/AGO	13985	839,78	19:31	62,02° W	19:24	19:30	FU3114/FU3115
31/AGO	13999	839,84	19:20	59,25° W	19:13	19:19	FU3116/FU3117
01/SET	14013	839,92	19:09	56,49° W	19:02	19:09	FU3118/FU3119
02/SET	14027	840,03	18:58	53,72° W	18:51	18:59	FU3120/FU3121
03/SET	14051	840,16	18:47	50,96° W	18:40	18:47	FU3190/FU3191
04/SET	14055	840,33	18:36	48,19° W	18:29	18:37	FU3192/FU3193
08/SET	14112	841,25	19:34	62,64° W	19:27	19:33	FU3122/FU3123
09/SET	14126	842,10	19:23	59,89° W	19:16	19:23	FU3124/FU3125
17/SET	14239	844,28	19:38	63,33° W	19:30	19:37	FU3126/FU3127
18/SET	14253	844,73	19:27	60,57° W	19:19	19:26	FU3128/FU3129
19/SET	14267	845,19	19:16	57,80° W	19:08	19:15	FU3130/FU3131
20/SET	14281	845,67	19:05	55,03° W	18:57	19:05	FU3132/FU3133
21/SET	14295	846,17	18:54	52,26° W	18:47	18:55	FU3134/FU3135
22/SET	14309	846,67	18:43	49,50° W	18:36	18:44	FU3194/FU3195
23/SET	14323	847,19	18:32	46,73° W	18:25	18:33	FU3196/FU3197
27/SET	14380	849,38	19:30	61,17° W	19:23	19:30	FI 3138/FU3139
28/SET	14394	849,93	19:19	58,41° W	19:12	19:19	FU3136/FU3137
29/SET	14408	850,49	19:08	55,64° W	19:01	19:08	FU3151/FU3152
01/OUT	14437	851,76	18:46	50,21° W	18:41	18:47	FU3198/FU3199
02/OUT	14451	852,29	18:35	47,74° W	18:30	18:36	FU3200

A título de verificação, produziu-se na tela do I-100 uma alternância entre a imagem da banda 3 apenas com as queimadas detectadas, e a imagem da banda visível com as pluma de fumaça bem nítidas. Com esta técnica, constatava-se a associação de plumas às queimadas eliminando-se uma eventual classificação errônea de queimada.

O tratamento das imagens foi realizado de maneira a permitir a detecção de queimadas com uma defasagem menor do que doze horas de sua ocorrência.

4. ESTIMATIVA DA ÁREA QUEIMADA

Após a classificação das imagens de todo o período estudado, estimou-se a área total queimada na Amazônia Legal, dividida nos diversos estados.

Nesta estimativa foi utilizado o método de Pereira (1987) e Setzer et alii (1988), que consistiu em somar o número médio de píxeis considerados queimadas para cada um dos dias da temporada total de queimadas, considerando a duração média de uma queimada por píxel do satélite. Isto é:

$$Sq = \frac{d \cdot \bar{p}}{\bar{t}} \quad (1)$$

onde:

- Sq = somatória do número de píxeis considerados queimadas;
- \bar{p} = número médio de píxeis considerados queimada por dia;
- d = número de dias da temporada de queimadas;
- \bar{t} = duração média de uma queimada em um píxel.

Para estimar a área total queimada (At), Pereira (1987) multiplica o somatório Sq pela área unitária do píxel do AVHRR/NOAA de ~120 ha (no radir), considerando uma diferença de ~30% superior na estimativa do AVHRR em relação à do TM/LANDSAT feita por ele em uma área teste, o que reduz em ~0,75 o total estimado pelo AVHRR (Sq x 120 ha). Isto é:

$$At = Sq \cdot 120(\text{ha}) \cdot 0,75 \quad (2)$$

onde:

- At = área total queimada na temporada.

Obtendo-se a área total queimada "At", Pereira (1987) utilizou os dados de Carneiro (1986), de que a área total desmatada em 1985 na Amazônia foi de 2,7 milhões de ha, indicando que 40% da área total queimada, em 60 dias, de 6,7 milhões de ha estimada por Pereira (1987), eram de florestas desmatadas recentemente.

3. RESULTADOS

3.1. PIXEIS CLASSIFICADOS QUEIMADAS NAS IMAGENS AVHRR

Após o tratamento e análise das imagens AVHRR listadas na Tabela 2, um quadro geral da ocorrência de queimadas durante o período de 15 de julho a 02 de outubro pode ser construído (Tabela 3).

De maneira geral, observa-se que a ocorrência de queimadas dá-se no período de julho a setembro, e está associada ao menor índice de precipitação pluviométrica na região, conforme mostra a Figura 2).

Do ponto de vista sinótico em meteorologia, tal situação resulta da presença típica nesta época do ano de um centro de alta pressão (anticiclone) bastante estável sobre o Brasil central. Este sistema naturalmente induz a circulação troposférica no sentido anti-horário, causando subsidência que desfavorece a formação de nuvens convectivas de chuva.

Alguns aspectos devem ser levados em consideração antes da análise destes resultados. O primeiro com relação ao fato da cena total imageada pelo satélite NOAA não se repetir em base diária. Isto faz com que tenhamos alguns estados da Amazônia Legal totalmente cobertos pela imagem em um dia e, em outros apenas parcialmente, ou mesmo sem cobertura. Observa-se, por exemplo, nas colunas de dados da Tabela 3 referentes aos estados do Acre e Maranhão que, por serem os estados mais a oeste e leste, respectivamente, houve maior falta de dados.

TABELA 3
NÚMERO DE PIXEIS CLASSIFICADOS COMO QUEIMADAS NA AMAZÔNIA LEGAL
BRASILEIRA NO PERÍODO DE 15/07-02/10/87 POR ESTADOS

DIA/MES	ACRE	AMAZONAS	PARA	RONDONIA	MATO GROSSO	GOIAS	MARANHAO	
15/07		13	15	219	459	46		
16/07		1						
17/07		0	33		1145	230		
18/07		0	0		810	523		
19/07			155		760	746	324	
24/07	388	17	16	591	1539			
25/07	104			383	2129	222		
26/07		0	489	282	1247	273	39	
27/07		20	789	193	1391	522	30	
28/07		0	440		2125	710	493	
03/08	50		167	363	1771	273		
04/08		38	71	803	3042	615		
05/08		39	567	776	1822	529		
06/08			870		612	735	83	
07/08			1002		1063	826	472	
13/08		28	1434	2239	1811	503		
15/08		32	1234	1121	1997	2562		
16/08			165	2832	2258			
21/08	119	29	120	2177	1854	262		
22/08	315	35	6	1260	3314	617		
23/08		25	461	933	2627	938		
24/08		17	373	1758	3467	2304	387	
30/08	69		180	457	307	948	488	
31/08	11	24	290	519	1047	1519		
01/09		35	767	853	3167	3541		
02/09		3	2049	350	4743	3319	697	
08/09	29	73	33	2515	1635	165		
09/09	176	143	745	2371	3503	1166		
17/09	116	0	4	500	1216	456		
18/09		15	130	1250	1369	808		
19/09		60	283	380	1298	572		
20/09		6	767		1281	513	82	
21/09		24	652		711			
27/09				864	1561	188		
28/09		0	32	12	1394	316		
29/09		2	108	266	1294	1307	146	
01/10		0	0		156	0		
02/10		0	0		116	84		
NUMERO DE OBSERV.	10	29	35	27	37	34	11	TOTAL
SOMA TOTAL	1567	679	14507	26267	62341	28338	3241	136930
MEDIA	156	23	414	973	1685	833	295	
TOTAL MEDIO	12156	1873	23153	77828	134791	66678	23571	350256

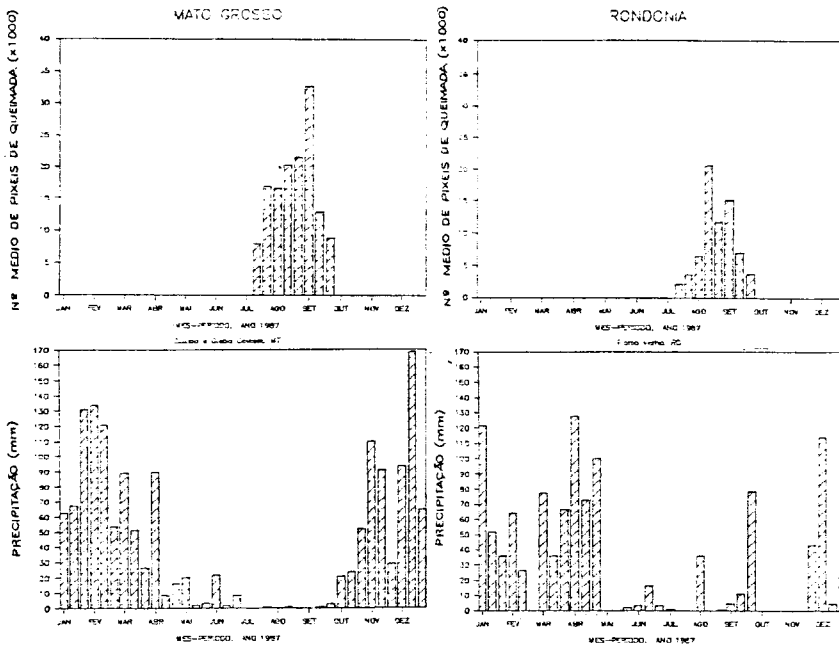


Fig. 2 - Histograma da freqüência de ocorrência de píxeis classificados queimada para os estados de Rondônia e Mato Grosso
 Nota: os números 1, 2 e 3 representam períodos de dez dias.

Para contornar este problema, foi obtido um "total médio" para cada estado, no período de 80 dias (15/07 a 02/10) monitorado. Este total médio foi obtido baseado na média do número de pixels considerados queimadas por dia, calculada com os dados disponíveis na Tabela 3. Estes dados foram também utilizados no cálculo da área queimada na Amazônia.

Também, deve-se considerar que a cobertura de nuvens em algumas imagens, assim como a presença de fumaça mais densa sobre extensas regiões, impedem ou causam dificuldades na detecção e monitoramento das queimadas.

Para documentar a ocorrência de queimadas e seu aumento, são mostradas fotos do vídeo do I-100 com os focos das queimadas detectadas, classificados na banda 3 das imagens AVHRR/NOAA-9 processadas durante a realização deste projeto.

Na Figura 3a tem-se uma idéia das queimadas ocorrendo no dia 26/07/87 na região sul do Pará (Figura 3b), e na Figura 4a as queimadas ocorrendo ao norte de Mato Grosso no dia 26/07/87, principalmente no município de Alta Floresta ($\approx 09^{\circ}56'S$, $\approx 56^{\circ}03'W$ - Figura 4b).

A análise das imagens de dias posteriores mostrou o início de um grande acúmulo de fumaça em regiões mais a oeste, isto é, norte do Mato Grosso e Rondônia, devido ao transporte das massas de ar poluído destas queimadas e outras que se iniciaram em seguida.

Com a intensificação das queimadas em toda a região sul e sudeste do Pará, norte do Mato Grosso, Rondônia e ao longo da Transamazônica (BR-310), grandes áreas foram cobertas por fumaça que foi transportada por mais de 2500km a partir de sua região de origem, que provocou inclusive o fechamento de aeroportos em várias cidades da região Norte, como por exemplo, o das capitais Cuiabá (MT), Rio Branco (AC) e Porto Velho (RO), conforme noticiou o Jornal do Brasil em 24/08/87.

A Figura 5a mostra mais de 700 focos de queimadas em 08/09/87 na região de Rondônia (Figura 5b), dando uma idéia da intensidade do fenômeno.

A Figura 6a mostra uma visão sinótica da imagem AVHRR/NOAA de 09/09/87 cobrindo grande parte do Brasil (Figura 6b). Observa-se todo o "cinturão de fogo" formado pelas queimadas no sul dos domínios da floresta Amazônica, assim como ao longo de toda a rodovia Transamazônica, BR-310, dando um quadro geral da localização das queimadas. Nestes dias observou-se o transporte das massas de ar poluídas a distâncias acima de 4000km para regiões além do sul do País, em direção ao Oceano Atlântico. Estimou-se que a área coberta por densa fumaça em toda em algumas imagens tenha sido superior a $1,5 \times 10^6$ km².

3.3. ESTIMATIVA DA ÁREA QUEIMADA ATRAVÉS DOS DADOS ORBITAIS

Uma estimativa da área total queimada durante os 80 dias do período de coleta de dados na estação seca (15/07 a 02/10/87) pode ser feita com o auxílio das Eqs. (1) e (2). O denominador nesta equação é o "total médio" por estado, calculado na Tabela 3, e o tempo médio " \bar{t} " de duração de uma queimada, foi considerado de 1,5 dias conforme observações de Pereira (1987) e Setzer et alii (1988). Desta forma, para uma temporada de queimadas com $d=80$ dias podemos calcular as áreas queimadas por estado, como indicadas na Tabela 4.

Portanto, a área total queimada na Amazônia Legal no ano de 1987 foi cerca de 21.000.000 ha. Cabe aqui a lembrança de que esta área queimada é para todo o tipo de vegetação existente em toda a região da Amazônia Legal, sendo a porcentagem deste total correspondente a florestas desmatadas igual $\approx 40\%$, ou seja, 8.000.000 ha no ano de 1987.

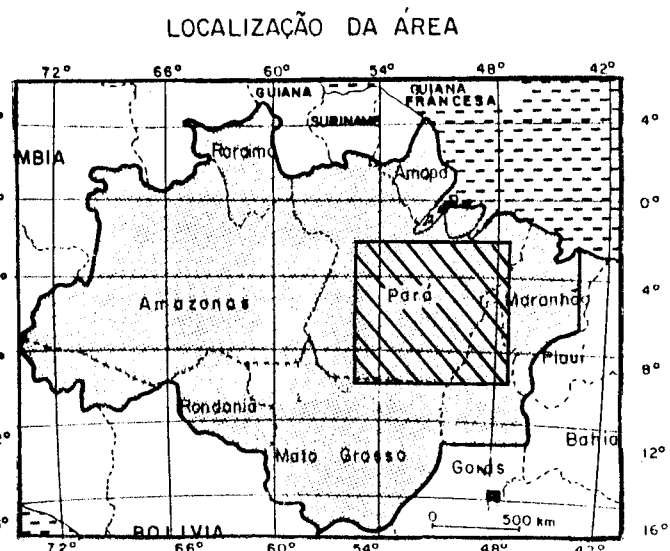
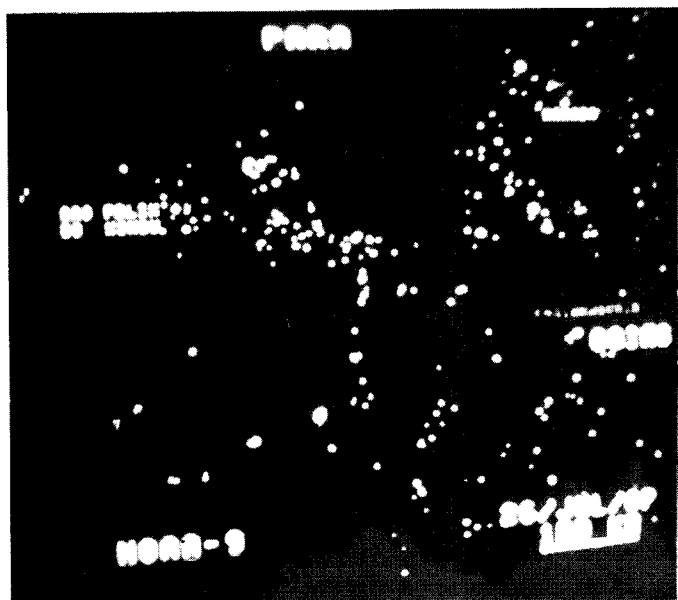


Fig. 3 - Fotografia do vídeo do I-100 com os focos de queimadas da imagem de 26/07/87 (3a) localizadas na região sul do Pará, delimitada pela linha cheia (3b).

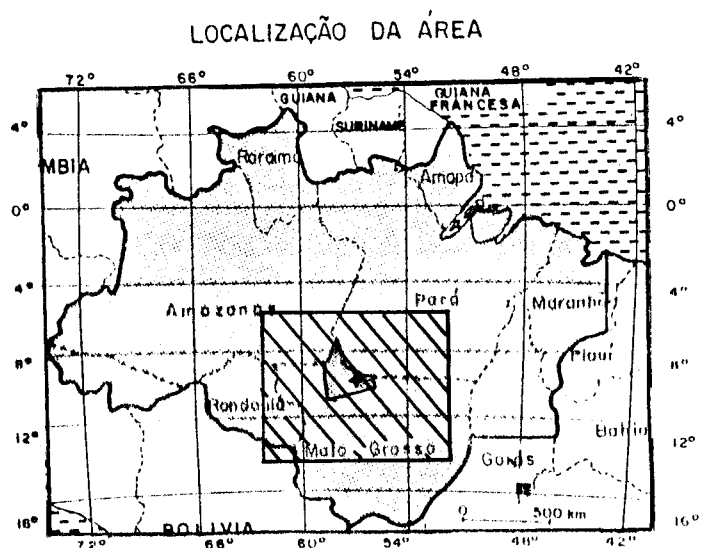
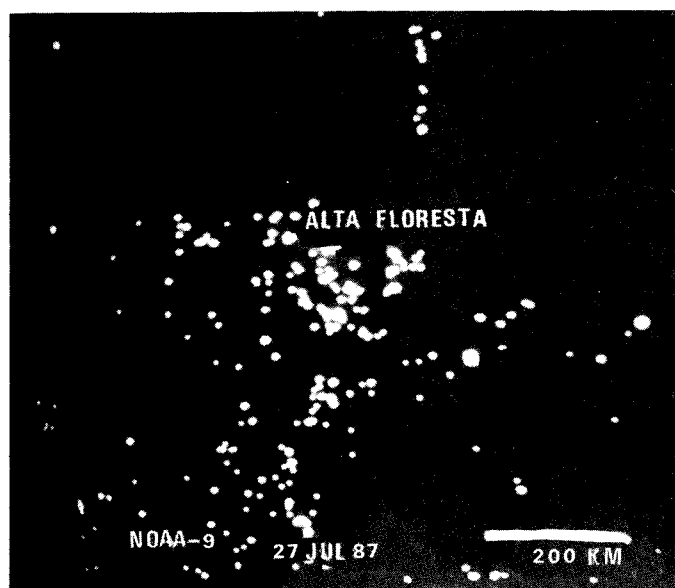


Fig. 4 - Fotografia do vídeo do I-100 mostrando os pontos classificados como queimada na imagem de 27/07/87 (4a) na região de Alta Floresta, delimitada pela linha cheia (4b).

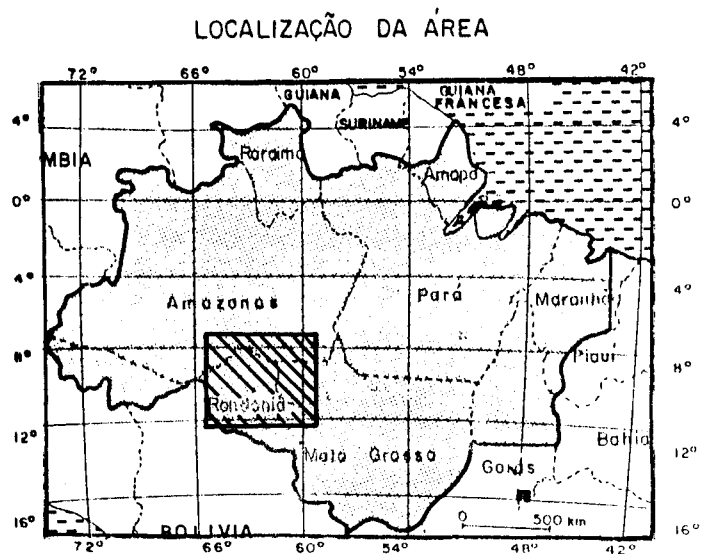
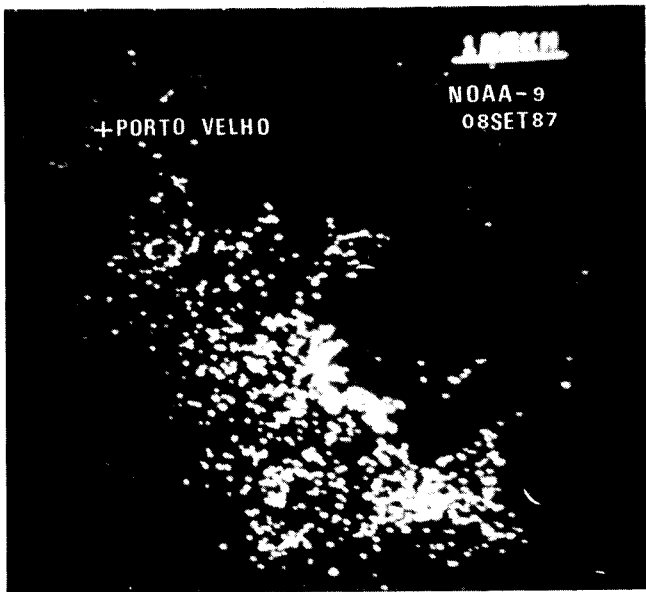


Fig. 5 - Fotografia do vídeo do I-100 com os focos de queimadas da imagem de 08/09/87 (5a) localizadas no estado de Rondônia (5b).

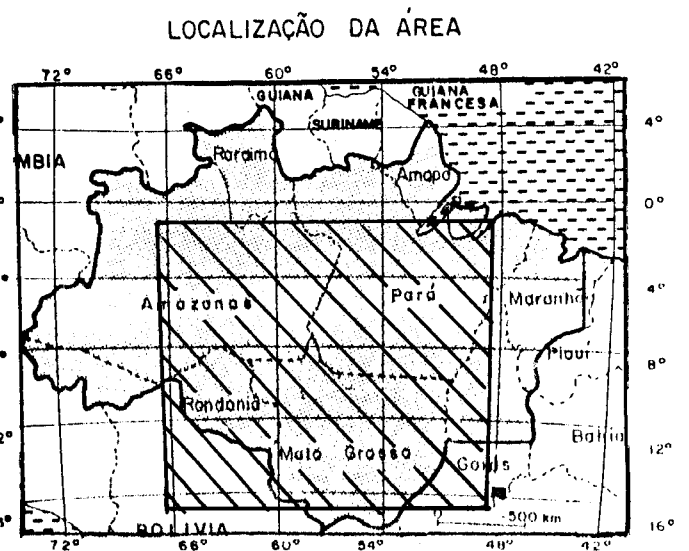
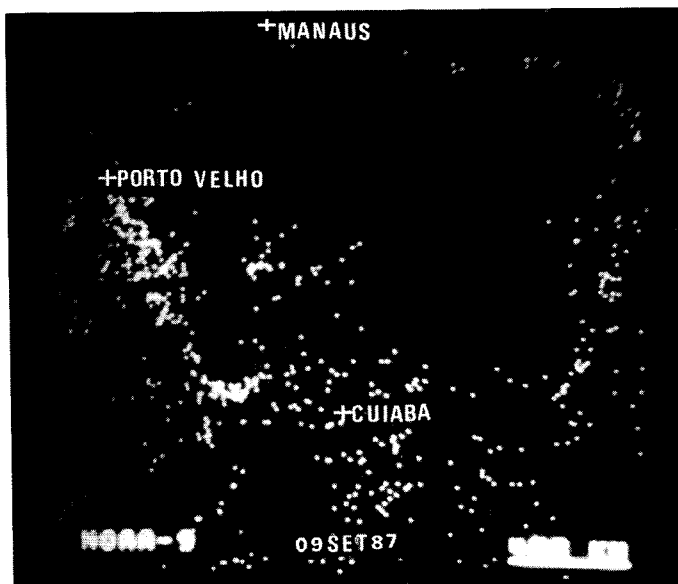


Fig. 6 - Fotografia do vídeo do I-100 mostrando os pontos classificados como queimada na imagem de 09/09/87 (6a) cobrindo grande parte do Brasil (6b).

TABELA 4
ESTIMATIVA DE ÁREA QUEIMADA NA AMAZÔNIA LEGAL EM 1987

	ACRE	AMAZONAS	PARÁ	RONDÔNIA	MATO GROSSO	GOIÁS	MARANHÃO	TOTAL
TOTAL MÊDIO	12454	1873	33159	77828	134791	66678	23571	150356
TOTAL/0.5	8304	1249	22106	51885	89861	44452	15714	233571
T*0.75	6062	912	16137	37876	65539	32450	11471	170507
ÁREA QUEIMADA KM2	7274	1094	19365	45452	78718	38940	13765	204308
ÁREA UF KM2	152523	1567125	1148042	240044	881001	642092	328663	5562555
X	4.77	0.07	1.55	18.70	8.94	6.06	4.19	4.04

4. CONCLUSÕES

São as seguintes as principais conclusões relativas a esses primeiros resultados obtidos no sistema de detecção de queimadas por meios das imagens AVHRR/NOAA:

- 1 - Foram demonstrados e realizados rotineiramente a detecção e o levantamento de áreas queimadas na Amazônia em tempo quase-real (12h) com os satélites meteorológicos NOAA.
- 2 - Estimou-se conservativamente que em 1987 foram queimados na Amazônia Legal brasileira vinte milhões de hectares, ou seja, 200.000 km², dos quais ~40% correspondentes a florestas recém derrubadas, ou seja ~8.000.000 ha.
- 3 - A distribuição de queimadas em termos de área (e porcentagem da área total do estado) em 1987 por estado monitorado, foi de 7474km² (4,9%) no estado do Acre, 1124km² (0,1%) no Amazonas, 19895km² (1,6%) no Pará, 46697km² (19,2%) em Rondônia, 80875km² (9,2%) no Mato Grosso, 40007km² (6,2%) em Goiás e 14143km² (4,3%) no Maranhão.
- 4 - A densa fumaça produzida pelas queimadas na Amazônia no auge de sua temporada espalhou-se por áreas de milhões de quilômetros quadrados, trazendo problemas de saúde à população, fechando aeroportos, prejudicando o tráfego aéreo, causando acidentes diversos no sistema de transportes rodoviário e fluvial, e poluindo a atmosfera de maneira geral.

- 5 - A quantidade de gases e material particulado emitida pelas queimadas de 1987, muito subestimada até este trabalho, é altamente significativa em termos de contribuição à poluição atmosférica do Hemisfério Sul e do planeta. Em futuro breve a comunidade científica internacional deverá relacionar as queimadas com alterações da composição química e do clima do planeta, e muito possivelmente da camada de ozônio e do "buraco de ozônio" na Antártida.

AGRADECIMENTOS. Ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal/IBDF e ao Instituto de Pesquisas Espaciais/INPE pelo financiamento do projeto, e a C.P.Santos e S.A.O.Almeida do IBDF e aos colegas de trabalho do INPE A.C.Pereira Jr., G.Rodrigues Jr., J.C.Mcneira, M.M.Cordeiro, e outros, pelo importante apoio operacional que deram ao desenvolvimento e execução do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARNEIRO, C.M.R. Área destruída é o mais novo recorde brasileiro. Correio Brasiliense, Brasília, 20 mar. 1986.
- CARNEIRO, C.M.R. Comunicação pessoal sobre dados de desmatamentos na Amazônia Legal brasileira, INPE, São José dos Campos, SP, 16 Dez. 1987.
- GENERAL ELECTRIC (GE). IMAGE -100 user manual. General Electric, Daytona Beach, FL, Jun. 1975, 159p.
- KIDWELL, K.B. NOAA polar orbiter data (TIROS-N, NOAA-6, NOAA-7, NOAA-8 and NOAA-9) user guide. Washington, DC, NOAA-NESS, May 1985, 98p.

PEREIRA, M.C. Detecção, monitoramento e análise de alguns efeitos ambientais de queimadas na Amazônia através da utilização de imagens dos satélites NOAA e LANDSAT, e dados de aeronave. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, SP, 1987, 268p. (INPE-4503-TDI/326)

SETZER, A.W.; PEREIRA, M.C. Detecção de queimadas e plumas de fumaça na Amazônia através de imagens de satélites NOAA. São José dos Campos, INPE, jun. 1986, 51p. (INPE-3924-PRE/958)

SETZER, A.W.; PEREIRA, M.C.; PEREIRA Jr., A.C.; ALMEIDA, S.A.O. Relatório de atividades do projeto IBDF/INPE "SEQE" - ano 1987. INPE, São José dos Campos, SP, Mai. 1988, 101p. (INPE-4534-RFE/565)