

Fogo em florestas da Amazônia Central em 1997

BRUCE WALKER NELSON¹

¹INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Caixa Postal 478 – 69011-970 - Manaus - AM, Brasil
bnelson@internext.com.br

Abstract This paper documents the occurrence of extensive ground and crown fires covering ~1000 km² in primary and secondary forest between the lower Purus and lower Madeira Rivers in central Amazonia during the dry season of 1997. Fire scars were detected in Landsat images then confirmed on the ground and in overflight. Forest fires were associated with (1) severe water deficit during four months of 1997; (2) proximity to seasonally flooded *igapó* forest, which channelled fire through the landscape; and (3) proximity to pastures and slash-and-burn agriculture, probable sources of ignition. Prior disturbance by logging may also have increased flammability, but was not a necessary precursor to low intensity ground fire in tall dense forest.

Keywords: Amazon forest, Landsat TM, ground fire, *igapó*, El Niño.

1 Introdução

Durante a estação seca de 1997 e 1998, fogos rasteiros penetraram em florestas primárias e secundárias nas partes mais secas da Amazônia, o caso mais notório cobrindo 11.730 km² de floresta em Roraima nos primeiros meses de 1998 (Shimabukuro et al., 2000). Na Amazônia central a mais recente estiagem forte anterior a 1997, ocorreu em 1983, quando incêndios florestais foram detectados em torno do lago Juruti na fronteira entre Amazonas e Pará, e nas bacias do rios Arapiuns e Curuá do Sul (Nelson, 1994), ao leste de Santarém. Estes fogos ocorreram no "corredor seco" que atravessa a Amazônia em diagonal NW/SE. Entre o rio Arapiuns e o lago Juruti queimaram, naquele ano, 1.140 km² de florestas secundárias e primárias. Na bacia do Curuá do Sul, uma parte dos incêndios ocorreu onde houve recente extração mecanizada de madeira, atividade que torna a floresta mais inflamável (Uhl & Buschbacher, 1985; Holdsworth & Uhl, 1997; Cochrane et al., 1999; Nepstad et al., 1999).

2 Previsão de fogos rasteiros em florestas

A previsão do risco de fogo em florestas primárias e secundárias da Amazônia vem sendo objeto de estudos recentes. O modelo do IPAM/INPE (Nepstad et al., 2000) considera a floresta suscetível ao fogo na medida em que diminuem os estoques de água disponível para plantas até 10 metros de profundidade. A área de risco teria alcançado grandes proporções no final da estação seca de 1998, quando 980.000 km², principalmente na parte central da Amazônia, atingiram o esgotamento completo de água disponível para plantas. Entretanto, os fogos rasteiros em floresta ocorridos no período El Niño de 97/98, foram praticamente restritos à primeira estiagem local neste período, tanto ao sul do equador, como ao norte.

3 Pluviosidade e incêndios próximos a Manaus: 1997/98

Nas proximidades de Manaus (03°7'S 60°00'W), os primeiros incêndios florestais durante o El Niño de 1997/98 ocorreram em capoeiras em julho de 1997. Em setembro de 1997 a cidade amanhecia com uma densa camada de fumaça que limitava a visibilidade a 200 metros, fenômeno que não se repetiu na estação seca de 1998. Os registros do INMET (2000) mostram quase completa ausência de chuva em Manaus nos meses de junho e julho de 1997, e taxas mensais de evaporação de 200-300 mm para julho, agosto e setembro daquele ano, indicando um céu com poucas nuvens, forte insolação, e baixa umidade relativa. A **Figura 1A** apresenta os déficits mensais (precipitação - evaporação) em Manaus entre julho de 1996 e dezembro de 1998. Este gráfico não é cumulativo e não considera estoques de água no solo. Houve forte déficit hídrico mensal por quatro meses seguidos, de junho a setembro de 1997. Embora o El Niño continuasse por todo o período seco de 1998, os déficits mensais registrados pelo INMET em Manaus foram fracos e de curta duração naquele ano. Não ocorreram incêndios florestais no entorno de Manaus em 1998. Ao sul dos rios Amazonas/Solimões, registros pluviométricos foram examinados para a Estação de Autazes. Dados de evaporação não são disponíveis para esta localidade, mas os dados de precipitação sugerem que a forte estiagem de 1997 foi mais prolongada ao sul do rio Amazonas (**Figura 1B**).

4 Evidências para incêndio florestal em imagens Landsat da Amazônia Central

O exame de quatro imagens Landsat TM de 1999 no entorno de Manaus, revelou padrões espectrais típicos de dosséis com árvores mortas, possíveis casos de fogo rasteiro em floresta. Na parte inferior da cena 230-062, adquirida pelo satélite em 27-11-1999, foram detectadas 360 km² com este padrão espectral. A parte inferior da cena adjacente, 231-062, revela outros 670 km², descontada a sobreposição entre as cenas. As manchas aparentando floresta queimada são restritas a uma faixa leste/oeste entre a foz do rio Purus e a foz do rio Madeira.

Uma série temporal de imagens Landsat TM em composição 345-bgr foi preparada para parte da cena 231-062, centrada na BR-319, 50 km ao sul de Manaus (**Figura 2**). As imagens foram intercalibradas, considerando a floresta não perturbada como alvo espectralmente constante. Uma grande mancha vermelha escura aparece na última imagem da série, captada em 15-09-99. A mancha está associada com uma densa malha dendrítica de igapós, formação florestal mais suscetível ao fogo rasteiro (Nelson & Irmão, 1998). As outras duas imagens foram obtidas em período de cheia e de seca e são espectralmente semelhantes, eliminando a hipótese de variação sazonal do padrão espectral em igapó. A explicação mais provável seria um episódio de fogo intenso no igapós secos após julho de 1997, data da segunda imagem na série. Em alguns casos o fogo foi restrito aos igapós ou suas margens (**Figura 3A**); em outros transpassava os pequenos trechos de terra firme nos interstícios da malha de igapós (**Figura 3B**).

5 Verificação no campo, entrevistas e sobrevôo

Para confirmar a hipótese de fogo rasteiro, no dia 02 de setembro de 2000, uma equipe do INPA e IPAAM¹ percorreu a Estrada de Autazes entre seu entroncamento com a BR 319 e seu km 65, em direção a Autazes (03°36'S 59°07'W). Outra equipe efetuou um sobrevôo fotográfico, utilizando a imagem Landsat de 1999 georeferenciada.

¹ B.W. Nelson, R.C. Mesquita, W. Magnusson (INPA-CEPC); Osmar Pinheiro Sobrinho (IPAAM); M.B. França & D. S. Jardim (alunos de p.g. do INPA).

Todos os entrevistados confirmaram a ocorrência de extensos incêndios em florestas primárias e secundárias na estação seca de 1997, mas nenhum fogo em 1998. O maior incêndio informado corresponde ao recorte focalizado na **Figura 2**, penetrando aproximadamente 10 km floresta adentro a partir das margens da estrada BR-319. No sobrevôo, observamos longos filetes de floresta com 100% de mortalidade, confinados aos cursos estreitos dos igapós. Os igapós, evidentemente, foram muito mais suscetíveis ao incêndio (**Figura 4**). Com as confirmações de campo, foi completado um mapa dos incêndios, apresentado aqui sobre base cartográfica geometricamente corrigida de mosaico de radar (**Figura 5**). A extensão total dos incêndios detectados é de ~1000 km², faltando mapear as seqüelas de incêndios em florestas sob cobertura de nuvens na cena 230-062 de 1999.

6 Fatores associados com os incêndios na área de estudo

Com base nos estudos conduzidos por Uhl & Buschbacher (1985), Holdsworth & Uhl (1997), Cochrane et al. (1999) e Nepstad et al. (1999), o exame da distribuição das queimadas mapeadas, e os dados pluviométricos apresentados na Figura 1, os seguintes fatores são eleitos como elementos que teriam propiciado os incêndios florestais:

1) Déficit hídrico mensal: O forte déficit durante apenas dois meses (junho e julho) no início do período El Niño de 1997/98 e taxas de evaporação entre 200 e 300 mm (indicando forte insolação, baixa nebulosidade e baixa umidade relativa), foram suficientes para tornar capoeiras inflamáveis na região. Mais dois meses de forte déficit em agosto e setembro tornaram algumas florestas primárias inflamáveis. É possível que o esgotamento de água profunda do solo teria estimulado incêndios de maior severidade e extensão na estação seca de 1998, caso esta também fosse severa, conforme preconiza o modelo do IPAM/INPE. Entretanto, os déficits hídricos mensais no verão de 1998 foram de curta duração e pequena amplitude. Déficits hídricos não são disponíveis para Autazes, mas as taxas pluviométricas ali são consistentemente menores do que Manaus e, mais importante, enquanto a seca de 1997 amenizava em Manaus em agosto, setembro e outubro, com precipitação mensal de 112mm, 41mm e 61mm, respectivamente, em Autazes a seca foi duradoura, com totais mensais de 91mm, 7mm e 16mm nos mesmos meses.

2) Tipo de vegetação: Observações em sobrevôo permitem inferir que as florestas de igapó sofreram maiores taxas de mortalidade e maior porcentagem de área queimada do que as florestas de terra firme. De acordo com um dos entrevistados, as florestas secundárias também sofreram alta incidência de queimada, mas este padrão não foi confirmado em sobrevôo, mascarado pela regeneração de três anos de idade.

3) Proximidade a fontes de ignição: As imagens Landsat reproduzidas neste relatório indicam que a proximidade de igapó, de pastos e de roças aumentam a probabilidade de queimada da floresta de terra firme.

4) História de perturbação: Não foi determinado, neste trabalho de reconhecimento, se houve associação entre as queimadas (presença/ausência, ou intensidade) e a ocorrência de perturbações anteriores como a extração mecanizada de madeira, a mortalidade de árvores que ocorre próximo a bordas de pastos, ou a ocorrência de fogo pretérito no mesmo local. Os sítios de fogo de maior intensidade são todos localizados próximos a vias de escoamento (igapó e/ou estradas). O proprietário de uma floresta que sofreu fogo rasteiro com baixa taxa de mortalidade afirmou que nunca trabalhou com a extração de madeira nos dez anos em que tem a posse da área.

Conclusões e recomendações

A maior importância destas observações é o reconhecimento de que florestas altas de terra firme na Amazônia central, mesmo sobre solos argilosos, podem sofrer a extensa penetração de fogo rasteiro. Os incêndios em floresta alta anteriormente noticiados na Amazônia foram confinados a zonas com estação seca prolongada, como o Corredor Seco, o sudeste e leste do Pará, o norte de Mato Grosso, o leste do Acre e o Estado de Roraima. Um incêndio de grandes proporções ocorreu na bacia do rio Negro neste século (Marchesi, 1975), uma região de alta pluviosidade, mas esta é uma paisagem dominada por igapó e florestas sobre areia branca.

É importante determinar se as condições pluviométricas ao sul do rio Amazonas, entre os baixos rios Purus e Madeira, são diferentes de Manaus e se incêndios ocorreram nesta região no passado. Infelizmente dados de estações meteorológicas para esta região são apenas recentes, muito fragmentados e não incluem medidas de evaporação. Sugere-se a procura de indicadores secundários de pluviosidade e insolação, usando imagens GOES ou similar.

Referências

- Cochrane, M.A.; Alencar, A.; Schulze, M. D.; Souza Jr.; C.M.; Nepstad, D.C.; Lefebvre, P.; Davidson, E.A. Positive feedbacks in the fire dynamics of closed canopy tropical forests. **Science** 284: 1832-1835, 1999.
- Holdsworth, A. R.; Uhl, C. Fire in Amazonian selectively logged rain forest and the potential for fire reduction. **Ecological Applications** 7(2): 713-725, 1997.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Gráficos climáticos**. <http://www.inmet.gov.br>, 2000.
- Marchesi, G. **Tra Fiumi e Foreste: con le tribu del rio Negro d'Amazzonia**, 1975.
- Nelson, B.W. Natural forest disturbance and change in the Brazilian Amazon **Remote Sensing Reviews** 10:105-125, 1994.
- Nelson, B.W.; Irmão, M.N. Fire penetration in standing Amazon forests. **Anais, IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** – INPE. Santos, SP – Set. 98. 12 pp, 1998.
- Nepstad, D.C.; Veríssimo, A.; Alencar, A.; Nobre, C.; Lima, E.; Lefebvre, P.; Schlesinger, P.; Potter, C.; Moutinho, P.; Mendoza, E.; Cochrane, M.; Brooks, V. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. **Nature** 398(6727): 505-508, 1999.
- Nepstad, D.; Veríssimo, A.; Moutinho, P.; Nobre, C. O empobrecimento oculto da floresta amazônica. **Ciência Hoje** 27(157): 70-73, 2000.
- Shimabukuro, Y.E.; Krug, T.; dos Santos, J.R.; Novo, E.M.; Yi, J.L.R. Roraima: o incêndio visto do espaço. **Ciência Hoje** 27(157): 28-34, 2000.
- Uhl C.; Buschbacher, R. A disturbing synergism between cattle ranch burning practices and selective tree harvesting in the eastern Amazon. **Biotropica** 17(4): 265-268, 1985

Figuras

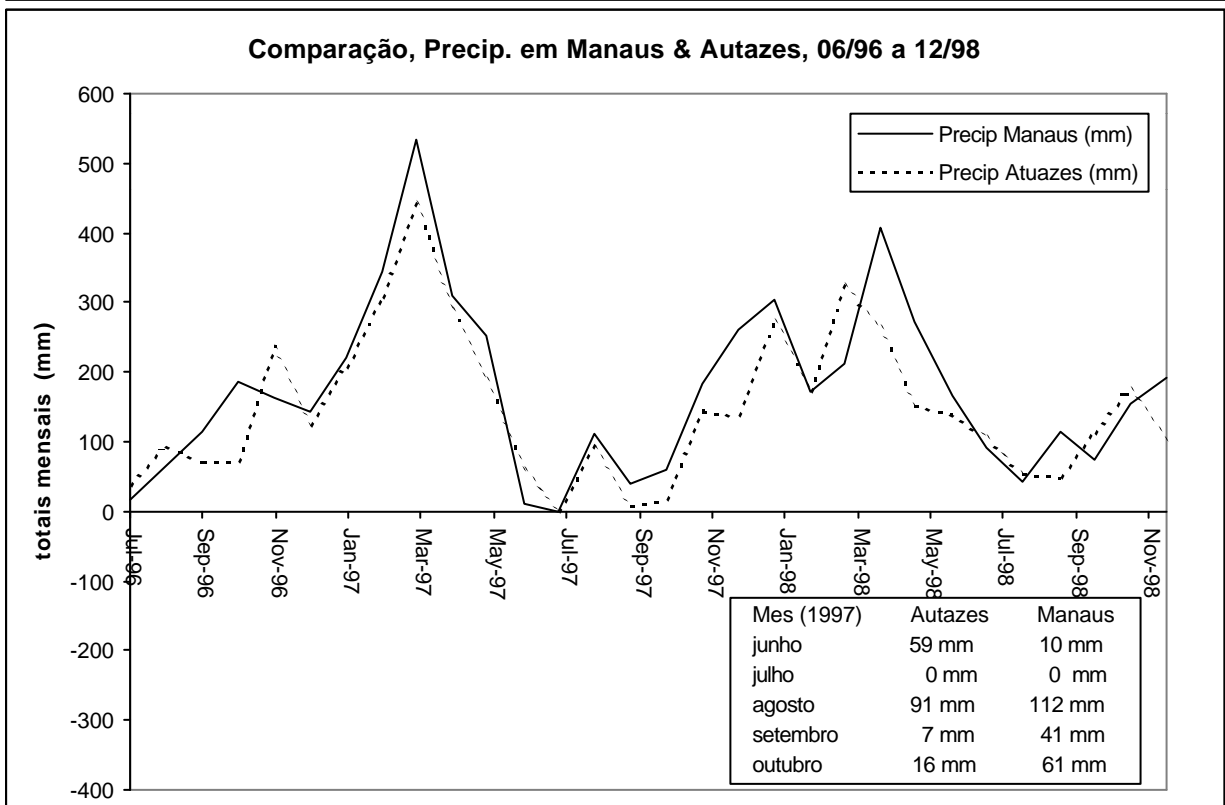
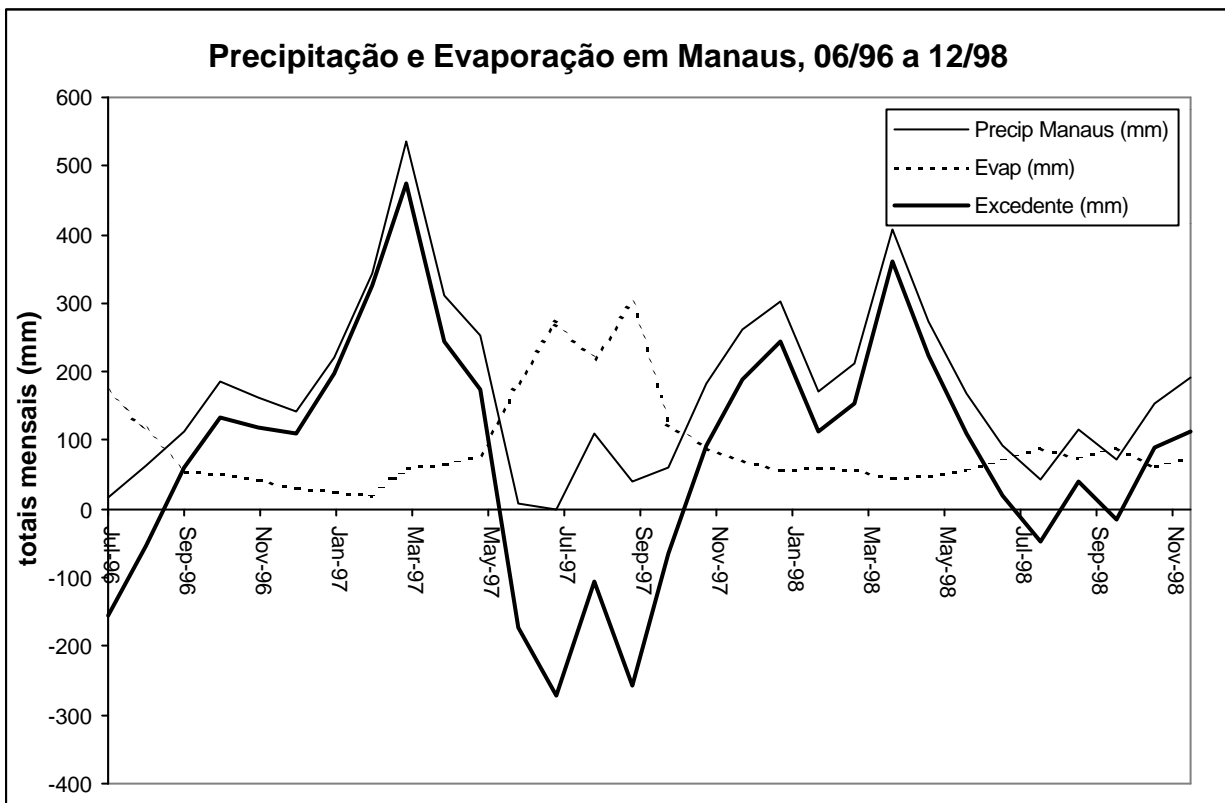
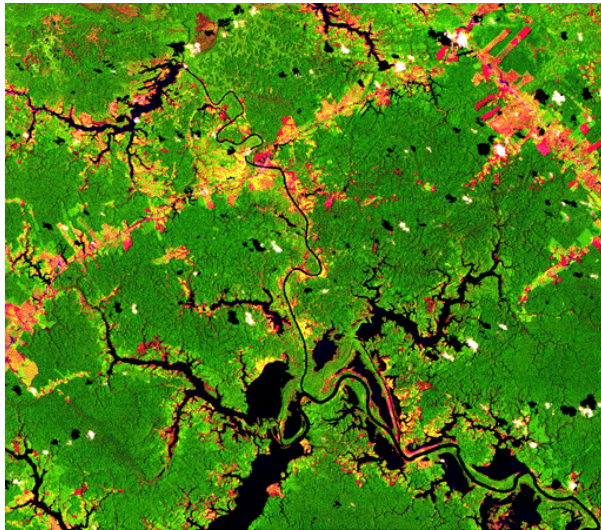
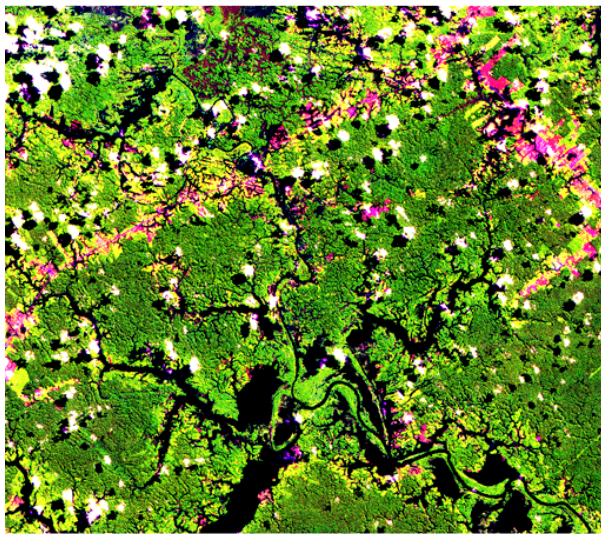


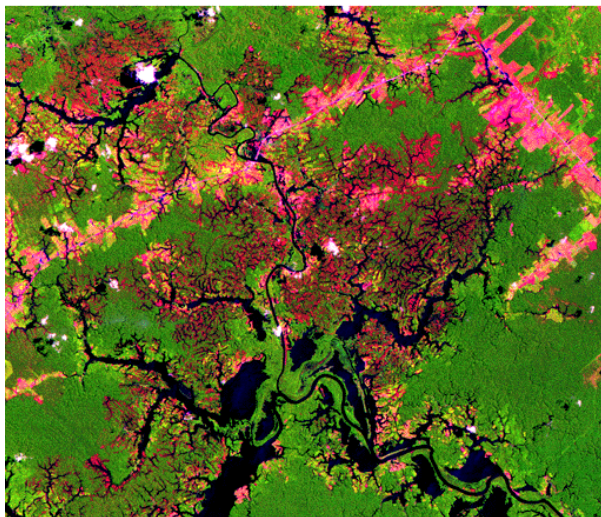
Figura 1..A) Precipitação, evaporação, e precipitação menos evaporação, para a estação meteorológica de Manaus entre 06/96 e 12/98. Fonte: INMET (2000). B) Precipitação em Autazes, mostrando o prolongamento da estação seca de 1997, comparada com Manaus. Fonte: CPRM.



19/out/94



07/jul/97



15/set/99

Figura 2. Série temporal de imagens Landsat TM ilustrando a mudança no padrão espectral em florestas queimadas de igapó e terra firme adjacente, aproximadamente 50 km ao sul da cidade de Manaus. O fogo ocorreu na estação seca de 1997, após a captação da imagem central da série. A tonalidade vermelha escura, na imagem de 1999, indica maior brilho da banda 5, típico de árvores mortas ou desfolhadas.. Composições falsa-cor das bandas 543 (RGB), cena 231-062; fonte: INPE/IPAAM.

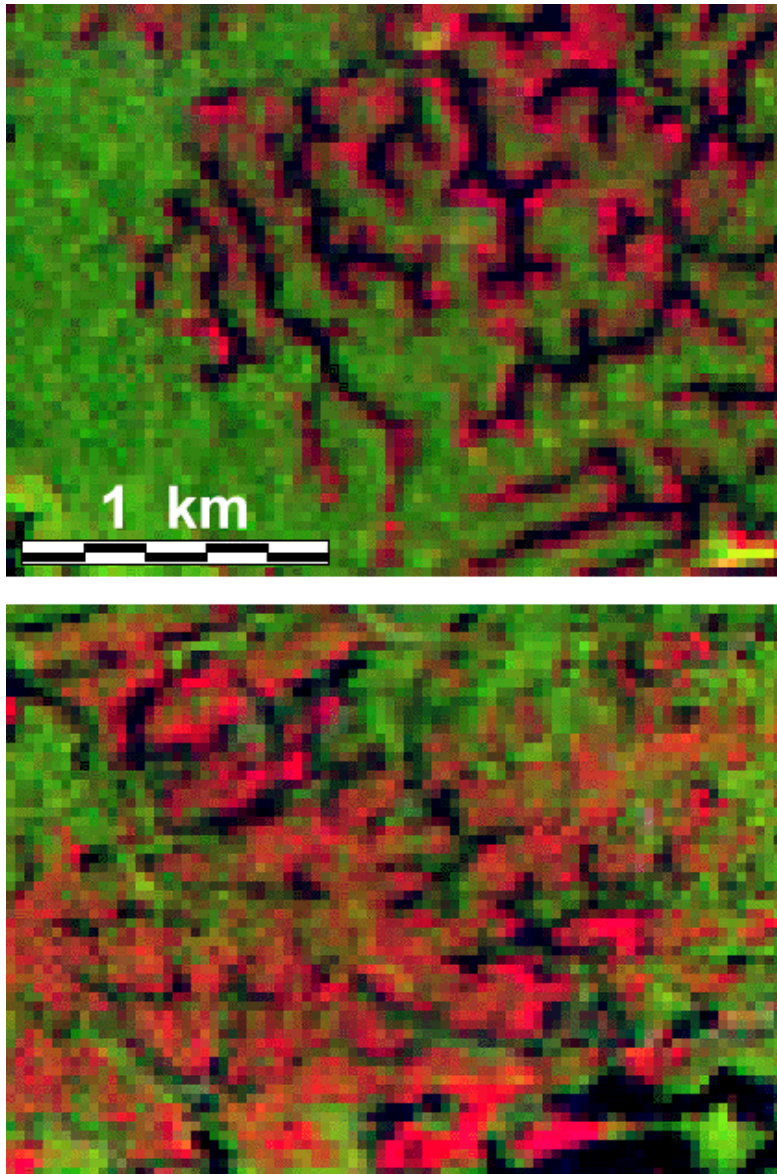


Figura 3. Ampliações de partes da queimada 50 km ao sul de Manaus, imagem de 1999; imagem superior: mortalidade (vermelha) restrita ao igapó e suas margens; imagem inferior: o fogo rasteiro atravessou a terra firme entre igapós.

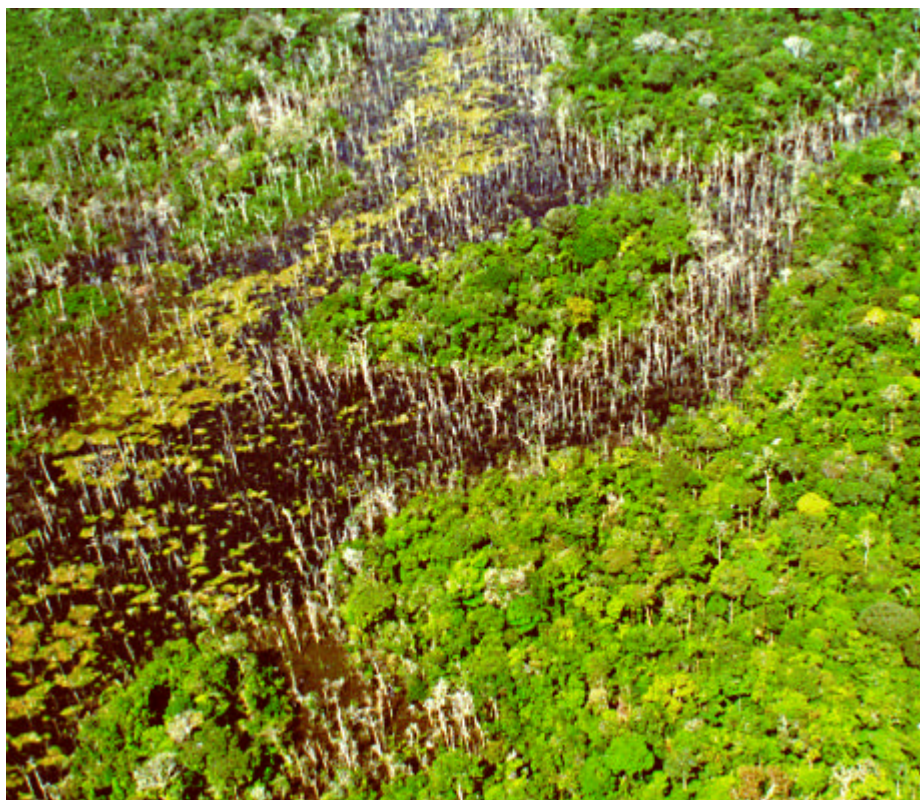


Figura 4. Exemplo de mortalidade intensa restrita aos igapós.

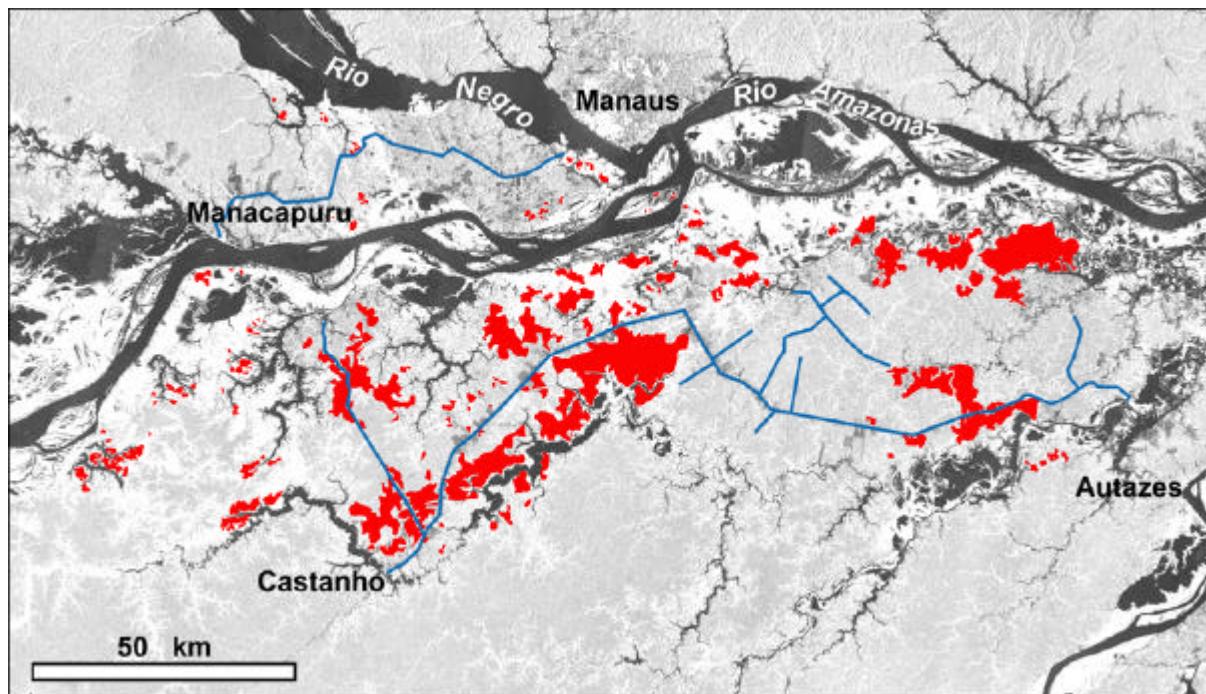


Figura 5. Mapeamento das cicatrizes de fogo totalizando aproximadamente 1000 km², identificadas ao sul dos rios Negro e Amazonas, utilizando imagens Landsat de 1999 das cenas 230-062 e 231-062. Fonte das imagens: INPE/IPAAM. Base cartográfica: mosaico de radar JERS-1, fonte: NASDA/NASA.