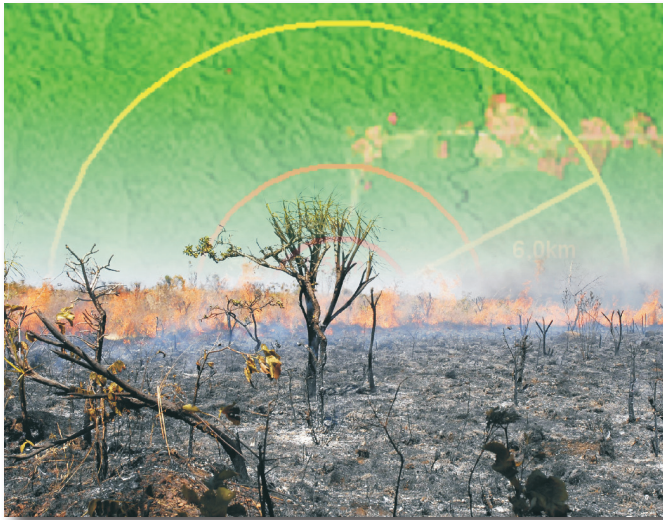


Precisão posicional dos focos de queimadas no Estado de Mato Grosso

Alexandre Camargo Coutinho¹

Foto: Embrapa Informática Agropecuária/ <www.sxc.hu>



Motivação e desenvolvimento

O desafio de monitorar e avaliar a qualidade dos processos produtivos empregados pela agricultura brasileira assumiu, sobretudo na última década, uma importância estratégica para o país, uma vez que compromissos internacionais, assumidos com o objetivo de atender às necessidades de adoção de tecnologias limpas, definiram para o Brasil a redução das taxas de erradicação da cobertura florestal e a adoção de boas práticas nos processos produtivos da agricultura nacional.

Os resultados da modernização da agricultura brasileira podem ser percebidos no contínuo crescimento da produção agrícola nacional e de seus derivados, bem como nos indicadores apresentados pelos mercados de insumos e equipamentos agrícolas.

Apesar disso, as persistentes taxas de erradicação da cobertura vegetal natural nos diferentes biomas brasileiros continuam chamando a atenção de instituições e organizações internacionais e nacionais, as quais, preocupadas com a questão da sustentabilidade da atividade agrícola brasileira, têm apoiado suas análises e ações em dados publicados pelo governo brasileiro, referentes, sobretudo, às taxas de desmatamento (INPE, 2002) e à dinâmica da ocorrência de queimadas.

Apesar da significativa correlação espacial existente entre esses dois fenômenos (GREGO et al., 2008), a ocorrência de focos de calor não pode ser atribuída exclusivamente à atividades de expansão da fronteira agrícola e, conseqüentemente, à erradicação da cobertura vegetal natural. Diferentes atores e agentes condicionam a ocorrência dos focos de calor detectados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e precisam ser identificados para favorecer a formulação e definição de políticas públicas mais específicas que tenham o objetivo de reduzir as persistentes e crônicas taxas de incidência de queimadas no território nacional (COUTINHO, 2009a, 2009b; ALENCAR et al., 2004).

A adoção de sensores remotos para promover a identificação e monitoramento da dinâmica espaço-temporal dos pontos de calor no território nacional deve considerar o potencial e as limitações dessa tecnologia. Se por um lado os sensores remotos têm a capacidade de cobrir grandes extensões do território nacional, de forma sincrônica, com baixo custo e com alta frequência, por outro lado, a resolução espacial das imagens geradas e os erros inerentes ao processo de aquisição, georeferenciamento, interpretação e espacialização dessas informações impõem algumas limitações a seu uso, principalmente no que diz respeito à identificação e à responsabilização de atores e agentes responsáveis

¹ Doutor em Ciências Ambientais, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP; alex@cnptia.embrapa.br

pela ocorrência dos fenômenos identificados ou monitorados.

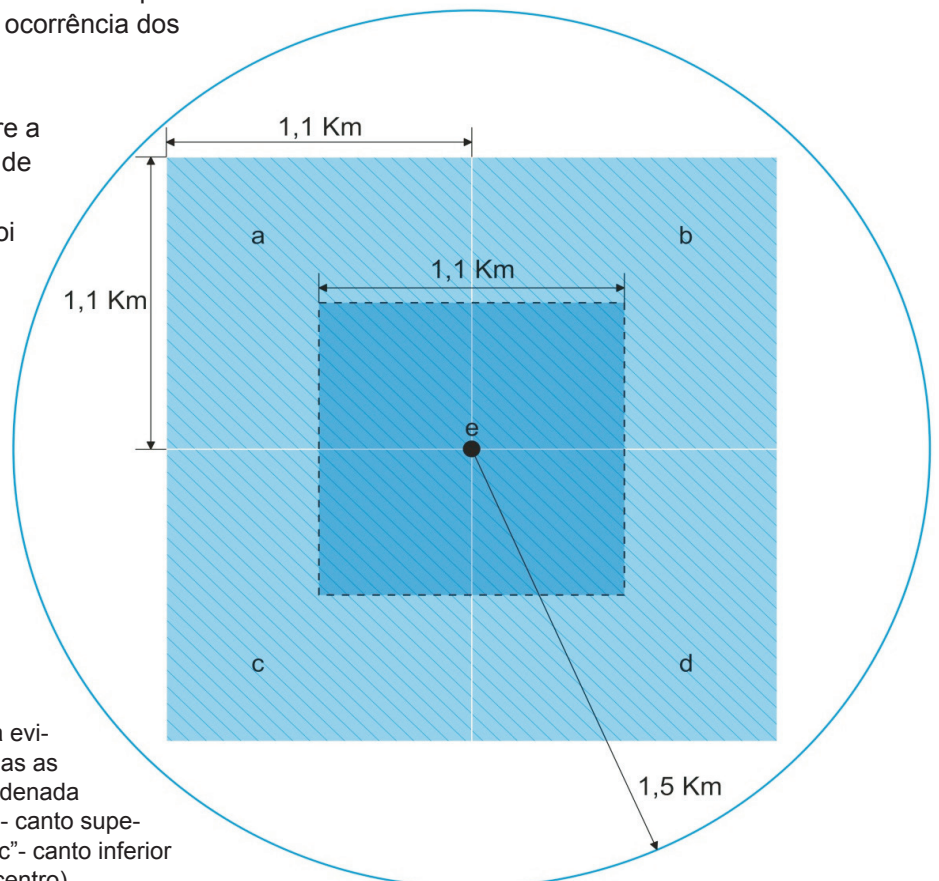
O monitoramento de queimadas na Amazônia é um bom exemplo dessa limitação (PIROMAL et al., 2008). Embora o monitoramento dos focos de queimadas, identificados por sensores remotos, seja extremamente importante para auxiliar os órgãos governamentais na execução de ações de comando e controle e na definição de políticas públicas (GRANEMANN; CARNEIRO, 2009), existe, ainda, uma enorme dificuldade associada ao uso exclusivo dessa tecnologia, para identificar e autuar os agentes responsáveis pela sua ocorrência.

Buscando aumentar a eficiência dos trabalhos de identificação e mapeamento dos pontos de queimadas, pelo uso de sensores remotos, o trabalho de Pantoja e Brown (2007) sugere a utilização de múltiplos sensores.

Para estimar a precisão posicional dos pontos de queimadas, fornecidos pelo Inpe e identificados com auxílio das imagens National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) e o Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), foram utilizados diferentes conjuntos de dados de queimadas, obtidos pela internet diretamente do site de queimadas do Inpe (INPE, 2007), imagens do satélite Landsat, composição colorida das bandas R5, G4 e B3, com data de aquisição situada até 30 dias posteriores à ocorrência dos focos de calor.

O período máximo de defasagem entre a ocorrência e identificação dos pontos de calor pelo Inpe e a data de aquisição das imagens de satélite, de 30 dias, foi estabelecido com o objetivo de assegurar que as evidências da ocorrência das queimadas identificadas não fossem significativamente alteradas pela ação dos ventos ou das chuvas que transportam, lixiviam ou lavam as cinzas que são depositadas sobre o solo após a ocorrência de uma queimada.

Figura 1. Área mínima para ocorrência da evidência da queimada, considerando-se todas as possibilidades do posicionamento da coordenada fornecida para representação do pixel ("a"- canto superior esquerdo, "b"- canto superior direito, "c"- canto inferior esquerdo, "d"- canto inferior direito e "e"- centro).



O procedimento metodológico adotado cumpriu o seguinte protocolo de execução: a partir da data de aquisição de 07 imagens ortorectificadas do satélite Landsat, selecionadas em função da data de aquisição e de padrões de qualidade relacionadas à presença ou ausência de nuvens e outras interferências atmosféricas, foram selecionados arquivos mensais de dados de queimadas (30 dias), que cobriam o período imediatamente anterior à data de aquisição das imagens Landsat. Dessa forma, o tempo máximo, transcorrido entre a ocorrência e detecção de uma queimada e a imagem Landsat foi de 30 dias. Considerando que o pixel das imagens NOAA tem resolução espacial de 1,1 km por 1,1km, foi estabelecido um primeiro círculo ao redor de cada ponto de queimada, com raio de 1,5 km, que delimitou a área mínima esperada para ocorrência da queimada (Figura 1), considerando-se que a coordenada fornecida pelo Inpe representa um pixel e que a posição dessa coordenada, em relação ao pixel não é fornecida (canto superior esquerdo, superior direito, inferior esquerdo, inferior direito ou centro).

Um segundo e um terceiro círculos, criados a partir da coordenada fornecida e adotando-se os raios de 3,0 e 6,0 km, respectivamente, também foram delimitados, para estimar a precisão posicional dos pontos a partir da análise das frequências de ocorrências das queimadas em cada um desses domínios espaciais definidos (Figura 2).

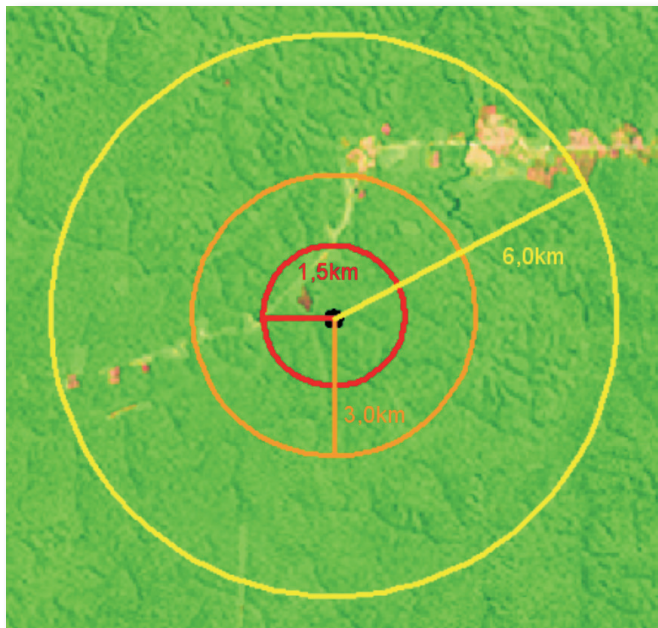


Figura 2. Focos de calor (centro) e círculos delimitando os intervalos das distâncias (vermelho-1,5 km, laranja-3,0 km e amarelo-6,0 km).

O protocolo definido permitiu, a partir da sobreposição dos pontos de calor e dos círculos nas imagens Landsat, visualizar as evidências das queimadas e avaliar a distância mínima entre eles. Os padrões das evidências da ocorrência de queimadas encontradas nas imagens Landsat são representados pelas manchas de coloração roxa, como ilustram as Figuras 3, 4 e 5.

Todos os 140 pontos de queimadas identificados pelo Inpe no período estabelecido, correspondente às ima-

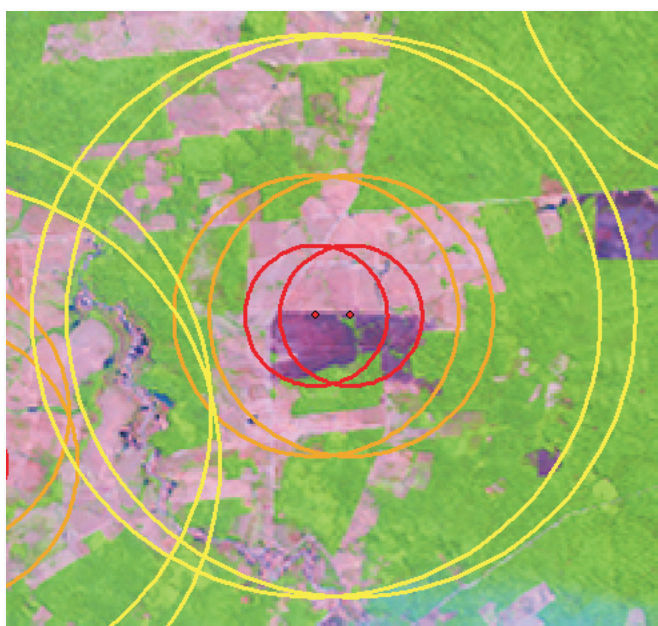


Figura 3. Ocorrência de queimada no círculo de 1,5 km de distância.



Figura 4. Ocorrência de queimada no círculo de 3,0 km de distância.

gens Landsat disponíveis, foram incorporados em uma planilha e foi, então, feita a interpretação e avaliação da distância mínima de observação de alguma evidência da ocorrência de queimadas nas imagens Landsat correspondentes.

Alguns pontos de queimadas fornecidos não possuíram evidências de queimadas até o limite do raio de 6 km, definido como a maior distância aceitável no desenvolvimento deste trabalho e, portanto, seu erro não pode ser mensurado.



Figura 5. Ocorrência de queimada no círculo de 6,0 km de distância.

Do total de 140 pontos de queimadas reunidos e analisados com auxílio das imagens Landsat, a frequência de ocorrência na classe de melhor precisão posicional (1,5 km) foi de, aproximadamente, 59 % (Tabela 1).

Se for considerada a frequência acumulada para a precisão de até 3 km, contados a partir das coordenadas das queimadas fornecidas pelo INPE, as evidências de ocorrência de queimadas são percebidas em aproximadamente 81% dos pontos. A incorporação do raio de 6 km agregou mais 11% dos pontos restantes de queimadas, elevando a frequência acumulada para aproximadamente 93% mas, do ponto de vista da precisão cartográfica, os custos gerados pela degradação da precisão posicional são significativamente elevados e restringem o uso desses dados em termos das escalas compatíveis com a execução de abordagens e análises regionais ou estaduais.

Há uma quarta categoria, expressa na Tabela 1, denominada "maior que 6 km", na qual foram contabilizados todos os pontos de queimadas fornecidos pelo Inpe, cuja evidência não foi localizada na imagem Landsat, em nenhuma das três classes anteriores e, portanto, seu erro posicional não pode ser mensurado, como já fora detalhado anteriormente.

Considerando-se que os parâmetros referentes à precisão cartográfica definem valores entre 0,5 a 1 milímetro, para o erro de posição associado aos objetos ou alvos representados nos mapas ou cartas temáticas, a precisão posicional de 3,0 km, obtida para os pontos de queimadas autoriza sua utilização em sobreposições e cruzamentos com dados até a escala máxima de 1 : 250.000, na qual o erro aceitável, considerando-se esses limites, é de aproximadamente 2,5 km.

Considerações finais

A Página Internet de Queimadas do INPE mostra as queimadas que foram detectadas, no período definido pelo usuário, e sua representação gráfica é feita por pequenas cruces (pontos). Os dados são atualizados a cada três horas, todos os dias do ano. O acesso a todas as informações é livre e não requer programas ou equipamentos complexos.

Embora o sistema de detecção e monitoramento de queimadas desenvolvido e mantido pelo INPE promova um enorme avanço no potencial de gestão territorial

Tabela 1. Distribuição das frequências em função da distância encontrada entre a coordenada geográfica fornecida para localização dos pontos de calor e a sua evidência identificada na imagem Landsat.

NOAA/AVHRR (total de 140 pontos)			
Raio (km)	Total de pontos	Frequência relativa (%)	Frequência acumulada (%)
1,5	83	59,29	59,29
3,0	31	22,14	81,43
6,0	16	11,43	92,86
> 6,0	10	7,14	100

das queimadas no Brasil, alguns cuidados devem ser adotados na sua utilização.

A expressão apresentada, "foco de queimada", induz o usuário à ideia de que cada foco pode ser contabilizado como sendo uma queimada no campo, o que não procede, pois cada "foco" representa uma superfície, correspondente à resolução espacial do sensor ou à dimensão do pixel da imagem. Ou seja, uma queimada no campo, dependendo das suas dimensões, pode ser identificada e representada por um grande número de "focos" distintos. Além disso, quanto mais distante do nadir, maior a superfície representada pelo pixel.

Portanto, a ideia da representação cartográfica por pontos, sem dimensão de área, como no caso de pontos coletados por equipamentos GPS, que podem ser expressos e sobrepostos a produtos cartográficos em várias escalas distintas não pode ser aplicada no caso dos "focos" de queimadas.

Ao assumir uma superfície circular, com raio de 3,0 km ao redor de cada "foco" de queimadas ou coordenada fornecida pelo Inpe para o satélite NOAA/AVHRR, pode-se afirmar, com aproximadamente 80% de certeza, que a queimada identificada estará localizada dentro desta área. Do ponto de vista cartográfico, essa imprecisão posicional de 3,0 km, em relação à coordenada fornecida para os "focos" impõe restrições severas ao seu uso para o desenvolvimento de abordagens em escalas maiores do que 1 : 250.000.

Por outro lado, a série histórica estruturada e disponibilizada integralmente pela página de queimadas do Inpe é extremamente importante para o monitoramento das queimadas em escala nacional, regional, estadual e até municipal e permite o desenvolvimento de análises espaciais e estatísticas que pretendam promover a caracterização da sua dinâmica no espaço e no tempo, bem como identificar as variáveis condicionantes ou determinantes das mudanças na sua expressão territorial ao longo do tempo.

Referências

ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. C. V.; SOARES FILHO, B. S.

Desmatamento na Amazônia: indo além da “emergência crônica”. Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2004. 85 p.

COUTINHO, A. C. Condicionantes da expansão da fronteira agrícola em Mato Grosso. In: **Revista de Política Agrícola**. Ano 17, n. 1, p. 80-97. 2009a.

_____. Padrões da distribuição espacial de queimadas no Estado de Mato Grosso. In: SBSR SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., Natal/RN. . **Anais...** p.2285-2292. 2009b.

GRANEMANN, D. C., CARNEIRO, G. L. Monitoramento de focos de incêndio e áreas queimadas com a utilização de imagens de sensoriamento remoto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. v. 1, n. 1, 2009.

GREGO, C. R.; COUTINHO, A. C.; QUARTAROLI, C. F. **Aná-**

lise espacial e correlação entre dados de queimadas e desflorestamento no Estado do Mato Grosso, entre 2001 e 2005. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2008. 8 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Comunicação técnico, 25).

INPE. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite.** 2002. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php>>. Acesso em: 05 nov. 2010.

_____. **Queimadas.** 2007. Disponível em: <<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>>. Acesso em: 05 nov. 2010.

PANTOJA, N. V.; BROWN, I. F. Acurácia dos sensores AVHRR, GOES e MODIS na detecção de incêndios florestais e queimadas a partir de observações aéreas no estado do Acre. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13.,2007, Florianópolis, SC. **Anais...** p. 4501-4508.

PIROMAL, R. A. S.; RIVERA-LOMBARDI, R. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R.; KRUG, T. Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p.77-84, 2008.

Comunicado Técnico, 105

Embrapa Informática Agropecuária
Endereço: Caixa Postal 6041 - Barão Geraldo
13083-886 - Campinas, SP
Fone: (19) 3211-5700
Fax: (19) 3211-5754
<http://www.cnptia.embrapa.br>
e-mail: sac@cnptia.embrapa.com.br



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



1ª edição on-line - 2010

Todos os direitos reservados.

Comitê de Publicações

Presidente: *Sílvia Maria Fonseca Silveira Massruhá*

Membros: *Poliana Fernanda Giachetto, Roberto Hiroshi Higa, Stanley Robson de Medeiros Oliveira, Maria Goretti Gurgel Praxedes, Neide Makiko Furukawa, Adriana Farah Gonzalez, Carla Cristiane Osawa (secretária)*

Suplentes: *Alexandre de Castro, Fernando Attique Máximo, Paula Regina Kuser Falcão*

Expediente

Supervisão editorial: *Neide Makiko Furukawa*

Normalização bibliográfica: *Maria Goretti Gurgel Praxedes*

Revisão de texto: *Adriana Farah Gonzalez*

Editoração eletrônica: *Neide Makiko Furukawa*