

OCORRÊNCIAS DE RAIOS E QUEIMADAS NATURAIS NO PARQUE NACIONAL DAS EMAS, GO, NA ESTAÇÃO CHUVOSA DE 2002-2003

LIGHTNING AND WILDFIRES OCCURRENCES IN THE EMAS NATIONAL PARK, GO, DURING THE 2002-2003 RAINY SEASON

HELENA FRANÇA¹
ALFREDO PEREIRA²
OSMAR PINTO JR.³
WIDINEI A. FERNANDES⁴
RAUL P. S. GÓMEZ⁵

RESUMO

Localizado no sudoeste de Goiás, o Parque Nacional das Emas (PNE) possui 1330 km² e é uma das mais importantes unidades de conservação do Cerrado brasileiro. Queimadas originadas por raios são comuns nesse Parque e têm abrangido entre 20% e 30% da sua área a cada estação chuvosa (outubro a abril) nos últimos anos. Durante o período de 01/out./2002 a 31/mar./2003 os raios que atingiram o PNE foram quantificados e mapeados com os dados da Rede Integrada Nacional de Detecção e Localização de Descargas Atmosféricas. As queimadas naturais ocorridas na mesma estação foram mapeadas pela interpretação de imagens ETM/Landsat-7. Foram detectados 1884 raios e 13 queimadas naturais na estação chuvosa 2002/03. A eficiência de ignição dos raios foi ~1%. A análise espacial mostrou a maior densidade de probabilidade de ocorrência de raios no sul do Parque e a menor no centro. A área das queimadas naturais variou de valores inferiores a 0,5 km² até 129 km², totalizando 374 km² (28% do PNE). Entretanto, esses resultados referem-se a uma única estação chuvosa e é necessário estender o estudo para caracterizar o padrão de ocorrência de raios no PNE.

ABSTRACT

The Emas National Park (ENP) is located in the Southwest of the Goiás state. It has 1330 km² and it is one of the most important conservation units of the Brazilian savanna. Wildfires caused by lightning normally occurs in the ENP and, during the last years, burned between 20% and 30% of its area each rainy season (Oct. to Apr.). The lightning that struck the ENP throughout the period between Oct/01/2002 and Mar/31/2003 were quantified and mapped using the National Lightning Detection Network data. The fires that occurred in the same season were mapped by visual interpretation of the ETM/Landsat-7 images. 1884 lightning strikes were detected in the ENP and 13 natural fires during the 2002/03 rainy season. The lightning ignition efficiency was ~1%. Spatial analysis of the lightning strikes showed the highest density of probability in the south region of the ENP and the smallest in the centre. The lightning burnt area ranged from less than 0,5 km² to 129 km² and the total was 374 km²

¹ Bióloga; Mestre em Sensoriamento Remoto; Doutora em Ecologia; Prof. Dep. Eng. Civil da Univ. de Taubaté - UNITAU; helena.franca@unitau.br.

² Engenheiro Agrônomo, Mestre em Sensoriamento Remoto, Doutor em Ecologia, Div. de Sensoriamento Remoto - DSR / Inst. Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, alfredo@dsr.inpe.br.

³ Engenheiro Eletrônico, Mestre e Doutor em Ciências Espaciais e Atmosféricas; Div. de Geofísica Espacial - DGE / Inst. Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, osmar@dge.inpe.br.

⁴ Físico, Mestre em Ciências Espaciais e Atmosféricas, DGE/INPE; widinei@dge.inpe.br.

⁵ Engenheiro Geomensor, Mestre em Sensoriamento Remoto; DSR / INPE; rsilva@dsr.inpe.br.

(28% of ENP). However, these results refer to a single rainy season and it is necessary to extend the investigation to better characterise of lightning pattern in the ENP.

INTRODUÇÃO

Entre as possíveis causas não-humanas de queimadas na vegetação, os raios são as mais comuns (Whelan, 1995). Queimadas em vegetação provocadas por raios são bastante conhecidas e documentadas em vários ecossistemas do mundo, como nas florestas boreais e temperadas. No Canadá, por exemplo, as queimadas atingem 2,5 milhões de hectares anualmente, e 85% dessa área decorre de incêndios iniciados por raios (Canadian Forest Service, 2004). No Brasil, por outro lado, pouco se sabe sobre queimadas na vegetação originadas por raios pois, com raras exceções, elas não foram cientificamente estudadas.

Atualmente, a principal fonte de ignição das queimadas em vegetação de cerrado é originada de atividades humanas. Entretanto, queimadas naturais também ocorrem. A vegetação de cerrado convive com o fogo antes mesmo da ocupação humana, e as descargas elétricas da atmosfera eram os agentes iniciadores das queimadas (Laboriau et al., 1997, Coutinho, 1990). Queimadas no cerrado ocasionadas por raios foram mencionadas nos relatos do naturalista Langsdorff, no início do séc. XIX (Silva, 1997). Coutinho (1990) aponta para a importância desses eventos na ecologia do Cerrado e chama a atenção para a falta de pesquisa científica a esse respeito.

O Parque Nacional das Emas (PNE) é uma das maiores e mais importantes unidades de conservação do Cerrado brasileiro. É bastante conhecida a ocorrência de queimadas antrópicas nesse Parque durante a estação seca, pois esses eventos foram frequentes até 1994 (França e Setzer, 1999). Porém, a partir dessa data, quando ocorreu um incêndio catastrófico, medidas efetivas de proteção ao fogo foram implementadas pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Desde então, as queimadas antrópicas tornaram-se raras. A maioria das queimadas ocorridas no PNE depois de 1994 foram originadas por raios, conforme documentado por Ramos-Neto (2000). No período 1995-99, os eventos de queima da vegetação foram monitorados e mapeados *in loco*. Foram registradas 45 queimadas, das quais 40 iniciaram-se por raios. Todas as queimadas naturais ocorreram no período de setembro a maio e sempre estiveram associadas às tempestades de raios. As queimadas naturais abrangeram anualmente cerca de 20% da área do PNE. Os locais de queda dos relâmpagos foram determinados em campo e mapeados, evidenciando distribuição espacial aleatória.

O Brasil é o país com maior incidência de relâmpagos do mundo em virtude de sua grande extensão e proximidade do Equador geográfico (Pinto Jr e Pinto, 2000). Atualmente, a terceira maior rede de detecção de descargas elétricas atmosféricas do mundo está instalada no Brasil, totalizando 25 detectores e recobrimdo cerca de 1/3 do território nacional. O sistema é administrado pela CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), FURNAS (Furnas Centrais Elétricas), CIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Seus dados fornecem informações sobre localização temporal e espacial bem como de outras características das descargas elétricas que atingem o solo. A expansão da rede com a instalação de novos sensores, dentre estes o situado em Campo Grande – MS, permitiu o recobrimento do PNE a partir de outubro de 2002.

Os objetivos desse trabalho foram: a) quantificar a incidência de relâmpagos nuvem-solo e analisar sua distribuição espacial PNE do período outubro-2002 a março 2003; b) mapear

e quantificar as queimadas ocasionadas por raios no mesmo período pela interpretação de imagens do satélite Landsat e informações de campo.

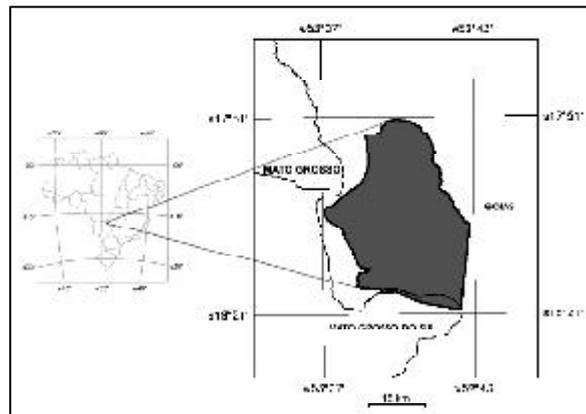
MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Localizado no sudoeste de Goiás, na área nuclear do Cerrado, o PNE possui 133.000 ha — Figura 1. A maior parte da área do Parque está localizada sobre uma chapada, com relevo predominantemente plano e altitudes variando entre 800 e 900 m. O clima é tropical quente subúmido, com temperatura média anual em torno de 22°C. O regime pluviométrico define uma estação úmida, de outubro a abril, e outra seca, de junho a agosto. Os meses de maio e setembro são de transição entre as duas estações. Campos limpos e campos sujos de cerrado ocorrem predominantemente no topo da chapada e recobrem cerca de 80% do PNE. O restante é ocupado por campos úmidos, veredas de buritis, campos de murunduns e florestas (Ramos-Neto, 2000).

O PNE possui aceiros no limite externo e também uma rede interna. Esses aceiros são mantidos anualmente, desde 1995 e totalizam cerca de 300 km.

Figura 1 – Localização do Parque Nacional das Emas.



Materiais

- Dados diários de localização de raios nuvem-solo no período de 01 de Outubro de 2002 a 31 de março de 2003, compreendidos entre as seguintes coordenadas geográficas: 52° 35' e 53° 15' de longitude oeste e 17° 40' e 18° 28' de latitude sul.

- Duas imagens digitais de satélite, com as seguintes especificações: ETM-Landsat 7, órbita/ponto 224/73, bandas 3, 4, 5 de 16/out./02 e 26/mar./03.

- “Quick-looks” de todas as imagens Landsat do período de estudo.

- Dados de precipitação diária coletados por estação automática no interior do PNE

fornecidos pela TNC (The Nature Conservancy do Brasil) do período outubro de 2002 a março de 2003.

- Sistema de Informações Geográficas SPRING.

Método

Inicialmente, foi criado um banco de dados no Sistema de Informações Geográficas (SIG) contendo as imagens Landsat, os limites do Parque, redes hidrográfica, de estradas e de aceiros. Os dados de descargas elétricas foram processados e transferidos para o SIG, resultando em mapas diários com a localização dos raios que atingiram o interior do PNE. Posteriormente, foram criados mapas mensais e um mapa final contendo todos os dados relativos ao período de estudo. Os relâmpagos foram quantificados quanto ao total mensal e de todo o período e sua distribuição foi analisada espacialmente utilizando a função Kernel quadrática (DPI-INPE, 2004). Foi gerada uma grade numérica de densidade de probabilidade de relâmpagos no PNE e entorno e, a partir dela foi criada uma imagem. As imagens Landsat foram interpretadas visualmente para identificação e delimitação das queimadas ocorridas na estação chuvosa de 2002/03. Com as informações fornecidas por funcionários e pesquisadores do PNE, as queimadas foram classificadas segundo seu agente iniciador em: naturais, antrópicas e desconhecido. A data aproximada de ocorrência das queimadas foi determinada pela observação de imagens e/ou “quick-looks” sequenciais e com dados de campo. Foi gerado um mapa de queimadas e obtida a área de cada uma delas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorrências de raios no interior do PNE

O período de estudo abrangeu 182 dias, nos quais foram detectados 1.884 raios no interior do PNE — Tabela 1 — com média de cerca de 7 raios por dia e densidade de 0,9 raios/km². Esse valor encontra-se bastante abaixo da média nacional e regional, que é de 5 a 10 raios/km² por ano (Pinto Jr. e Pinto, 2000). Entretanto, o período de estudo foi inferior doze meses, insuficiente, portanto para caracterizar a densidade anual de raios. Além disso, ainda não há uma boa caracterização da quantidade de descargas elétricas na região, visto que só a partir de 2002 ela foi recoberta pela rede nacional de detecção de raios. A Figura 2 mostra a distribuição de todos os raios detectados interior do PNE no período de estudo.

Tabela 1 - Raios detectados diariamente no interior do PNE na estação no período outubro/2002 a março/2003.

Mês	Outubro/02		Novembro/02		Dezembro/02		Janeiro/03		Fevereiro/03		Março/03	
Dia	Nº Raios	Prec. (mm)	Nº Raios	Prec. (mm)	Nº Raios	Prec. (mm)	Nº Raios	Prec. (mm)	Nº Raios	Prec. (mm)	Nº Raios	Prec. (mm)
1	18	sd	0	0	6	0,4	6	1,8	0	0,6	0	5,8
2	4	sd	0	0,2	6	12,4	14	5,6	0	0,2	53	6,2
3	0	sd	18	4,8	0	11,2	0	23,8	3	5	7	5,9
4	2	0	0	19	0	0,2	0	9,8	4	0	3	5,9
5	41	19	0	1	0	0,2	0	10,8	20	2,2	1	5,2
6	8	28,8	0	0	14	11,2	0	28	2	4,8	7	6,5
7	1	0,6	0	0	0	0	0	5,4	6	15,2	0	5,2
8	46	5,8	0	0	9	0,2	0	0,2	0	2,4	1	5,8
9	2	6,4	0	0	18	16	1	0	0	0	3	8,8
10	1	0	22	28,8	8	23,4	0	0	17	0	0	8
11	5	1	5	0,8	1	2,8	7	0	3	12	12	9,5
12	0	0	0	0	72	6	16	5,8	0	0	0	8,5
13	15	14,4	1	1,8	13	45,6	0	3	2	4,6	1	7,1
14	43	31	63	26,6	9	0,8	0	2,6	4	12,6	0	4,1
15	28	40,4	3	0	0	1,4	3	4,8	0	9,8	11	6,4
16	0	0	7	20,4	0	2	0	5,8	1	5	1	5,6
17	10	70,2	0	5,4	34	39,4	0	7,2	0	1,2	2	7,2
18	1	1,2	0	0	0	0	0	14	27	33,8	5	6,4
19	4	0	34	3	0	0	0	0,2	5	10,6	0	8,5
20	11	3	6	0,2	4	0,6	4	47,6	0	0,2	0	6
21	120	19,8	4	4,2	0	0,2	0	0,8	63	25,4	6	6
22	17	0	0	0	0	0	0	0,4	0	13,6	0	6,9
23	0	0	7	3,4	0	0	7	79,6	4	4,6	5	7,1
24	1	0	0	1,6	0	0	0	41	0	0,8	2	5,9
25	3	0,2	7	0,6	2	3	0	0,6	1	0	0	6
26	6	0	2	0,2	17	0	9	20,2	1	0	0	5,9
27	0	0	24	10	0	0,2	0	5	0	0,2	0	7,6
28	2	2,8	19	34	0	0,2	0	21,2	1	2,4	0	5,7
29	5	13	0	9,8	0	0	0	3,4			0	7,4
30	1	5,2	1	19,4	1	0,4	0	10,8			0	6,2
31	0	0,4			0	1,6	1	11,8			0	5
Total	395	263,2	223	418,2	214	179,4	68	371,2	64	167,2	120	202,3
%	33		19		18		6		14		10	

sd = sem dados.

Análise espacial da distribuição de ocorrências de raios

A função Kernel foi aplicada aos pontos correspondentes à localização dos raios no PNE e seu entorno. Gerou-se uma grade de 300 m de resolução espacial e o

número de raios foi contado num raio de 5 km a partir do centro de cada célula, resultando num mapa de densidade de probabilidade da ocorrência do evento raio no PNE —

Figura 3. Constatou-se que no período de estudo os maiores valores de densidades de probabilidade de ocorrência de raios foram encontradas na região sul e os menores valores na região central do PNE. Ressalta-se que os dados utilizados foram de apenas uma estação chuvosa e os resultados só permitiram caracterizar a distribuição espacial dos raios no período em questão.

Figura 2 – Localização dos raios no PNE no período de out./2002 a mar./2003.

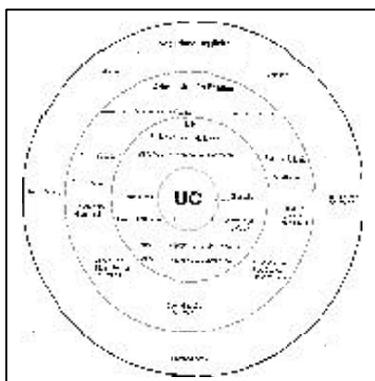
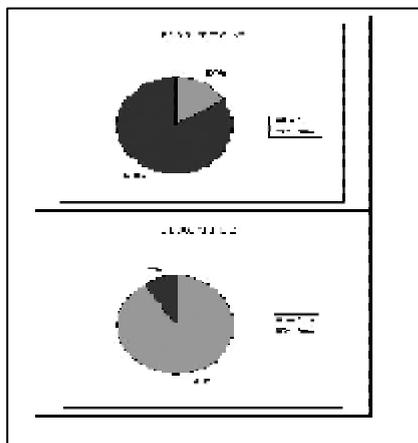


Figura 3 – Densidade de probabilidade de ocorrência de relâmpagos no PNE. A cor preta corresponde à menor probabilidade (ausência de relâmpagos num raio de 5 km); a cor branca corresponde à máxima probabilidade (1,7 relâmpagos num raio de 5 km) e os tons de cinza correspondem aos valores intermediários.



Out/02 a Mar/03

PNE a ocorrência de 15 queimadas no período de outubro de 2002 a março de 2003. Dessas, duas delas tem causas desconhecidas. Nenhuma queimada de origem confirmadamente antrópica foi constatada no período – Tabela 2 e Figura 4.

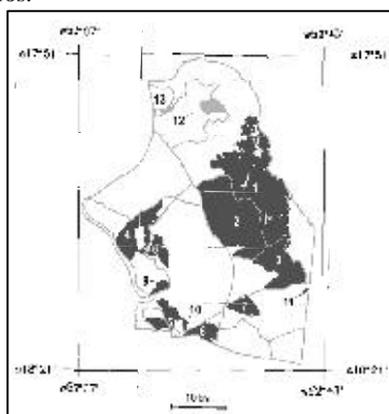
Quanto às datas das queimadas, foram determinados subperíodos de ocorrência, quando informações precisas coletadas em campo não estiveram disponíveis — Tabela 2. Notar que duas queimadas podem ter ocorrido em abril, além, portanto, do período de estudo.

Tabela 2 – Tamanho, período de ocorrência, e número de raios nas queimadas naturais durante a estação chuvosa de 2002-03.

Polígono de queimada	Tamanho (km ²)	Período de ocorrência	n ^o de raios no polígono
1	129	1 ^a quinzena de out/2002	13
2	104	1 ^a quinzena de out/2002	6
3	48	1 ^a quinzena de out/2002	2
4	34	entre 16/10/02 e 19/12/02	17
5	16	entre 16/10/02 e 19/12/02	8
6	13	entre 16/10/02 e 19/12/02	10
7	12	entre 19/12/02 e 26/04/03	4
8	11	entre 16/10/02 e 19/12/02	4
9	5	entre 16/10/02 e 19/12/02	7
10	2	entre 19/12/02 e 26/04/03	2
11	0*	março de 2003	1
12	0*	1 ^a quinzena de out/2002	2
13	0*	1 ^a quinzena de out/2002	2
Total	374		

* indica tamanho inferior a 0,5 km²

Figura 4 – Queimadas ocorridas no PNE entre outubro de 2002 e abril de 2003. A cor preta indica queimadas naturais e a cinza queimadas de origem desconhecida; as linhas em cinza correspondem aos aceiros.



A área abrangida pelas queimadas naturais totalizou 374 km², correspondendo a cerca de 28% do PNE. Esse valor é bastante superior ao encontrado por Ramos-Neto (2000), que estimou em 200 km² a área queimada naturalmente nos 4 anos de observação no PNE.

Quanto ao tamanho, ocorreram desde queimadas pequenas, inferiores a 0,5 km², até queimadas de grandes dimensões, com mais de 100 km². As três maiores queimadas ocorreram na primeira quinzena de outubro, coincidindo com a maior incidência quinzenal de raios no PNE no período estudado. Ressalta-se que em muitas queimadas os aceiros interromperam o avanço do fogo, e o tamanho final delas não foi portanto, determinado por causas naturais. A área das duas queimadas de origem desconhecida foi 2 e 9 km², respectivamente, e ambas ocorreram primeira quinzena de outubro.

Considerando a ocorrência de 13 queimadas naturais e a incidência de 1184 raios no PNE, constata-se que ~1% dos raios iniciou efetivamente uma queimada. Entretanto, esse valor pode ser maior, pois queimadas pequenas, rapidamente extintas pela chuva podem não ter sido detectadas nas imagens Landsat com 30 m de resolução espacial. De qualquer forma, essa é uma medida preliminar e são necessárias mais pesquisas para se estimar um valor confiável de eficiência de ignição dos raios no PNE.

CONCLUSÕES

Pela primeira vez as ocorrências de relâmpagos no Parque Nacional das Emas foram quantificadas. Ao mesmo tempo, as queimadas naturais ocorridas no mesmo período foram mapeadas. Este trabalho, complementando o de Ramos-Neto (2000), mostrou que, ao menos para o Cerrado, a frequência de queimadas originadas por raios durante a estação chuvosa pode ser alta. Informações dessa natureza são fundamentais para o manejo do fogo e monitoramento de queimadas do PNE e outras unidades de conservação do Cerrado. Por isso, é necessário prosseguir o monitoramento de raios e queimadas naturais e, dessa forma, caracterizar a densidade média, a distribuição espacial, a eficiência de ignição dos raios e o regime de queimadas naturais nesse Parque. Outras características das descargas elétricas poderão ser consideradas, tais como intensidade e polaridade.

Pesquisas científicas sobre queimadas naturais da vegetação são praticamente inexistentes no Brasil. O reconhecimento da existência de um regime de queimadas natural no cerrado, com características bem diferentes do regime antrópico, abre novas perspectivas de estudo em ecologia e práticas de manejo, sobretudo em unidades de conservação.

AGRADECIMENTOS

Watson Azevedo (TNC), Mario Barroso Ramos Neto (CI), Marcio M. Valeriano (INPE) e Arline Alana Gomes (EPI).

REFERÊNCIAS

- CANADIAN FOREST SERVICE – Disponível em http://fire.cfs.nrcan.gc.ca/facts_e.php. Acesso em 19/06/04.
- COUTINHO, L.M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: Goldammer, J.G., ed. Fire in the tropical biota. Springer-Verlag, Cap. 6, p. 82-105. New York.

- DPI-INPE – Divisão de Processamento de Imagens-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2004. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring>. Acesso em 19/06/04.
- FRANÇA, H.; SETZER, A. 1999. A história do fogo no Parque das Emas. *Ciência Hoje* 26(153): 69-73.
- LABORIAU, M.L.S.; CASSETI, V.; VICENTINI, K.R.F.; MARTIN, L.; SOUBIÈS, E; SUGUIO, K.; TURQ, B. 1997. Late quaternary and climatic changes in cerrado and palm swamp from central Brazil. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 128: 215-226.
- PINTO JR.O.; PINTO, I.C.A. 2000. Tempestades e relâmpagos no Brasil. INPE. São José dos Campos.
- RAMOS-NETO, M.B. 2000. O Parque Nacional das Emas (GO) e o fogo: implicações para a conservação biológica. Tese de doutoramento. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- SILVA, D.G.B. 1997. Os diários de Langsdorff. Vol. II. AIEL, Fiocruz. Campinas, Rio de Janeiro.
- WHELAN, R.1995. The ecology of fire. Cambridge University Press. Cambridge.