

13002

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL
data _____/_____/_____
cod. F03 03 162

**REGIME DE QUEIMADAS NO PARQUE NACIONAL DAS EMAS, GO:  
1973-1995**

Helena França

Alberto Setzer

Relatório de Pesquisa

apresentado à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP

Proc. 95/2674-9

INPE

São José dos Campos

Outubro de 1997

**REGIME DE QUEIMADAS NO  
PARQUE NACIONAL DAS EMAS, GO: 1973 - 1995**

H. França e A. Setzer  
INPE/DSR, set/1997  
e mail: helena@LTID.INPE.BR

**RESUMO**

Este trabalho teve por objetivo a caracterização do regime de queimadas no Parque Nacional das Emas (PNE), localizado no sudoeste de Goiás, no período 1973-1995, utilizando 39 imagens em forma fotográfica dos sensores MSS ("Multi Spectral Scanner"), RBV ("Return Beam Vidicon") e TM ("Thematic Mapper") a bordo dos satélites da série Landsat. Para tanto, as áreas queimadas anualmente foram identificadas e mapeadas nas escalas 1:250.000 e 1:100.000 a partir da interpretação desta série ineditamente longa de imagens. Esses mapas foram, então, digitalizados num Sistema de Informações Geográficas (SIG) e, em seguida, obteve-se a extensão das queimadas. Verificou-se que em intervalos de 3 anos, ocorreram grandes incêndios no PNE, atingindo mais de 70% de sua área. Antes de 1984, quando a reserva ainda era ocupada por fazendeiros criadores de gado, a área queimada anualmente, entre as ocorrências dos grandes incêndios, freqüentemente totalizou mais de 30% e, as vezes, mais de 50% da área total dessa reserva. Depois de 1984, quando o gado foi retirado, e implantou-se uma rede de aceiros "corta-fogo", a área queimada entre os grandes incêndios raramente excedeu 20% da superfície do Parque. Um mapa de freqüência de queimadas foi gerado e indicou que 72% da área do Parque já queimou, no mínimo, de 7 a 10 vezes, 21% no mínimo, de 11 a 14 vezes e apenas 7% queimou 6 vezes ou menos. A maior reincidência de queimadas ocorreu no noroeste, norte e centro da reserva. Os dados obtidos mostraram que o fogo tem sido uma ocorrência regular e de grande abrangência no PNE, indicando que o resultado do atual manejo de queimadas nessa reserva, baseado em aceiros "corta-fogo", está em desacordo com a legislação e regulamentos que regem os Parques Nacionais. Todos os grandes incêndios, conforme relatos, tiveram origem nas propriedades vizinhas ao Parque.

**FIRE REGIME AT THE EMAS NATIONAL PARK: 1973-1995.**

A. Setzer and H. França

INPE/DSR, set/1997

e-mail: [helena@LTID.INPE.BR](mailto:helena@LTID.INPE.BR)

**ABSTRACT**

## ÍNDICE

	Pag.
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 - INTRODUÇÃO	
1.1 - Fogo e cerrado.....	1
1.1.1 - Queimadas no Parque Nacional das Emas.....	5
1.1.2 - Objetivos.....	6
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA - DETECÇÃO LANDSAT DE QUEIMADAS	
2.1 - Sensores imageadores dos satélites Landsat.....	7
2.1 - Estudo de queimadas com imagens Landsat.....	8
2.1.2 - Estudo de queimadas em cerrados com imagens Landsat.....	9
3 - MATERIAIS	
3.1 - O Parque Nacional das Emas.....	14
3.2 - Informações sobre ocorrência de queimadas.....	10
3.3 - Imagens, cartas e Sistema Geográfico de Informações.....	12
3.4 - Dados pluviométricos.....	14
4 - METODOLOGIA	
4.1 - Seleção das imagens.....	15
4.2 - "Overlay" de referência.....	16
4.3 - Interpretação das imagens.....	16
4.3.1 - Identificação das queimadas.....	17
4.3.1.1 - Queimadas recentes com presença de cinzas.....	17
4.3.1.2 - Queimadas recentes com solo exposto.....	17
4.3.1.3 - Queimadas não-recentes com rebrota da vegetação.....	17
4.3.2 - Outras classes.....	18
4.4 - Digitalização dos dados.....	18
4.5 - Determinação da frequência de queimadas.....	20
4.6 - Geração de produtos finais.....	20
4.7 - Erros associados.....	20

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	
5.1 - Composição de cores das imagens MSS.....	24
5.2 - Digitalização dos limites do Parque.....	24
5.3 - Ocorrência de queimadas no período 1973 a 1995.....	24
5.4 - Aproveitamento das imagens Landsat.....	36
5.5 - Variação temporal da área queimada.....	48
5.6 - Frequência de queimadas.....	50
5.7 - Possíveis efeitos na ciclagem de nutrientes.....	51
5.8 - Periodicidade dos grandes incêndios.....	56
5.9 - Origem dos incêndios.....	57
6 - CONCLUSÕES.....	59
7- RECOMENDAÇÕES	
7.1 - ESPECÍFICAS.....	60
7.2 - GERAIS.....	61
8 - AGRADECIMENTOS.....	64
9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS.....	69

## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 - Fogo e Cerrado.

Os cerrados brasileiros são sistematicamente expostos a queimadas periódicas, acidentais ou intencionais. Queimadas naturais, provocadas por raios também ocorrem, mas são bem menos freqüentes (Pivello e Coutinho, 1992). Há evidências de utilização do fogo pelo homem na região há pelo menos 8.600 anos (Coutinho, 1990b). Vicentini (citado por Dias et al., 1996) localizou indícios de ocorrência de fogo há mais de 32.000 anos A.P. na região de Brasília, DF. Nas últimas décadas, com o acelerado processo de ocupação das terras desse bioma, a freqüência de queimadas aumentou drasticamente. Essa prática é associada principalmente à expansão das fronteiras agrícolas, à conversão de florestas e savanas em pastagens e à renovação de pastos e cultivos agrícolas (Dias e Miranda, 1996). A conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro, em 1992, identificou, dentre os fatores que mais impactam o clima e a biodiversidade, a queima de biomassa nos ecossistemas tropicais, refletindo crescente preocupação nacional e internacional com o problema (Miranda et al., 1996).

Kaufman et al. (1990) apontam também para a substancial diminuição da capacidade da Terra em fixar CO<sub>2</sub>, devido à perda de fitomassa. Crutzen e Andreae (1990), Ward et al. (1992) e Kauffman et al. (1992) afirmam que queimadas em florestas e savanas são uma das principais fontes de material particulado e de emissão de gases-traços para a atmosfera e mais de 80% dessas fontes estão nos trópicos. Alguns dos gases emitidos (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e CH<sub>3</sub>Cl) contribuem para o aquecimento da atmosfera através do efeito estufa. NO<sub>x</sub> e CH<sub>4</sub> afetam também a química atmosférica, causando elevação no nível de ozônio (O<sub>3</sub>) e chuvas-ácidas. Tais queimadas são também importante fonte de partículas higroscópicas orgânicas que afetam a micro-física das nuvens, aumentando o número de núcleos de condensação disponíveis. Essas partículas podem também modificar o albedo das nuvens, alterando o balanço de radiação solar refletida. Adicionalmente, a queima de biomassa emite carvão gráfico que pode aumentar a absorção da radiação solar pela atmosfera e pelas nuvens. Artaxo et al. (1996a e 1996b) constataram altas concentrações de aerossol nas regiões Amazônica e dos cerrados, sendo que 56% dessa massa era proveniente de queimadas, com participação de 15% de carvão

gráfico. O aumento da concentração de aerossóis também foi medido sazonalmente por Holben et al. (1996) em várias regiões do país, mediante utilização de radiômetros espectrais e, novamente, foi confirmado o aumento da concentração de material particulado na atmosfera em função da queima de vegetação, inclusive na região dos cerrados.

Particular atenção deve ser dada ao aumento da concentração de ozônio na troposfera, cuja produção está relacionada com a queima de fitomassa, pois esse é um dos poluentes atmosféricos mais fitotóxicos (Krupa e Kickert, 1989). A queima de biomassa no hemisfério sul foi apontada como uma das principais causas do aumento da concentração de ozônio na troposfera (Pszenny e Brausser, 1997). A exposição prolongada de plantas a concentrações elevadas de ozônio provoca alterações graves em vários processos fitofisiológicos levando, no caso de cultivos agrícolas, à diminuição da produção (Rudorff, 1993). Vários experimentos relatam os efeitos desse gás na vegetação (Rudorff, 1993; Jacobson e Hill, 1970; Hueter et al., 1974; Krupa e Kickert, 1989) mas não há informações dessa natureza acerca de plantas nativas do cerrado. Os exemplos seguintes referem-se a algumas das espécies mais cultivadas na região, segundo alguns resultados de Hueter et al. (1974): plantas de soja (*Glycine max*) expostas a concentração de 100 ppb de O<sub>3</sub>, 8h/dia, 5 dias/semana, durante 3 semanas, tiveram perda de fitomassa fresca da ordem de 21 a 24%, e exposições mais prolongadas (6h/dia durante 133 dias) reduziram em 55% a produção de sementes e em 65% a fitomassa fresca; no milho (*Zea mays*), exposto a 100 ppb de O<sub>3</sub>, 6h/dia, durante 64 dias, observou-se 45% de redução no peso dos grãos, e em concentração de 120 ppb, 5,5h/dia, durante 60 dias, levou a 90% de inibição da germinação; no feijão (*Phaseolus vulgaris*), concentrações crescentes de 150 a 300 ppb de O<sub>3</sub> durante 14 dias, com exposições variando de 0,5 a 6h/dia, provocaram de 8 a 76% de diminuição de fitomassa foliar. Diminuição de 15% na produção de grãos e de 11% da fitomassa seca em cultivos de trigo foram observados por Rudorff (1993) quando as plantas ficaram expostas a variações cíclicas das concentrações de O<sub>3</sub> (de 20 a 120 ppb), 7h/dia, 5 dias/semana, durante quase 4 meses.

Aumentos de concentrações de O<sub>3</sub> nas camadas da atmosfera próximas à superfície, em consequência de queimadas nos cerrados, foram constatadas por Kirchhoff et al. (1996) e Kirchhoff e Pavão (1996). Em setembro de 1994, p. ex., as médias diárias da concentração de O<sub>3</sub> oscilaram entre 30 e 70 ppb em Cuiabá, com picos em torno de 100 ppb. No mesmo período do ano seguinte, as concentrações

mantiveram-se semelhantes, mas em agosto registrou-se, no mesmo local, um pico de 140 ppb. É evidente, portanto, que as concentrações desse gás na baixa atmosfera durante o período de queimadas permanece elevada, dentro de limites que comprovadamente causam sérios danos à vegetação comprometendo, inclusive, a produção agrícola e a saúde pública.

Vários aspectos podem ser abordados quanto aos efeitos bióticos e abióticos das queimadas nos cerrados, em escala local. Coutinho (1990a; 1990b) mostrou alterações de temperatura em várias profundidades do solo e no ar durante a passagem do fogo em queimadas controladas, registrando valores em torno de 74 °C próximo à superfície do solo. Entre 2 e 5 cm de profundidade, a temperatura, durante a passagem do fogo, elevou-se apenas alguns graus, insuficiente para destruir sistemas subterrâneos das plantas. Dias et al. (1996) observaram que, em campo sujo de cerrado, a amplitude diária de temperatura a 1cm de profundidade no solo era 10 °C antes da queimada, passando para 25 °C depois da passagem do fogo. Em profundidades maiores, no entanto, a amplitude térmica praticamente não se alterou depois da queimada. Verificou-se também, nesse experimento, que o albedo médio, avaliado em 0,15 antes da queimada, foi reduzido para 0,05 depois da passagem do fogo. Neves e Miranda (1996) registraram temperatura máxima de 873 °C a 30 cm do solo durante uma queimada prescrita em campo sujo de cerrado. A maior variação de amplitude térmica foi encontrada a 1 cm no solo, passando de ~14°C antes da queimada para 26 °C depois da queimada. O fluxo médio de calor para o solo também aumentou de ~55 W/m<sup>2</sup>, antes da queimada, para ~74W/m<sup>2</sup> depois dela. O albedo médio passou de 0,11 antes da queimada para 0,03 nos primeiros dias que a ela se seguiram.

A ciclagem de nutrientes no cerrado é marcadamente afetada pelas queimadas (Pivello e Coutinho, 1992), já que grandes quantidades de macronutrientes são depositadas sobre o solo na forma de cinzas e também transferidas para a atmosfera como partículas e componentes voláteis na fumaça. Conforme esses autores, cerca de 95% de N, 51% do P, 44% do K, 52% do Ca, 42% do Mg e 59% do S, inicialmente contidos na fitomassa de um campo cerrado em Pirassununga, SP, foram liberados para a atmosfera. O retorno desses nutrientes pela chuva, se completou ao fim de três anos. Embora esse valor não possa ser generalizado para todo o cerrado, atentou-se para a extrema importância do regime de queimadas no processo de ciclagem de nutrientes.



A presença de numerosas espécies pirofíticas que muitas vezes são não só tolerantes ao fogo como dependentes dele, sugerem que a vegetação atual do cerrado é resultado de sua convivência com o fogo de origem natural que teria atuado como um fator de forte pressão seletiva. Dessa forma, as espécies mais adaptadas ao fogo teriam sido favorecidas. De fato, as plantas do cerrado possuem numerosos mecanismos de resistência às altas temperaturas, como, por exemplo a espessa camada suberizada que recobre os troncos de árvores, propiciando assim, um isolamento térmico que mantém os tecidos internos vivos durante a queimada (Coutinho, 1990a e 1990b). Algumas espécies necessitam desse estímulo térmico para florescer ou para que suas sementes germinem (Coutinho, 1990b; Eiten, 1972). Porém, apesar dessa tolerância, a ocorrência de queimadas pode alterar a fisionomia da vegetação. Queimadas freqüentes reduzem a renovação de árvores cuja densidade tende a diminuir progressivamente. Moreira (1996) comparou a abundância de elementos lenhosos em áreas queimadas com áreas protegidas do fogo durante 18 anos, analisando as fisionomias cerradão, cerrado denso, cerrado ss, campo cerrado e campo sujo. Verificou-se que a proteção às queimadas levou ao aumento da abundância de indivíduos do estrato arbóreo e favoreceu o surgimento de espécies sensíveis ao fogo. O número de árvores foi maior nas áreas protegidas do fogo em todas as fisionomias estudadas. Por esse motivo, queimadas sucessivas em cerradões podem, com o passar do tempo, transformá-los em campos sujos ou campos limpos. Ao contrário, a proteção de áreas de campo sujo contra o fogo tem levado a sua transformação em formas mais densas de cerrado, conforme discutido por Eiten (1972; 1990) e Coutinho (1990a; 1990b). Silva et al. (1996) verificaram as taxas de mortalidade de plantas lenhosas em uma área de campo sujo de cerrado submetida a duas queimadas prescritas com 2 anos de intervalo entre elas. Constatou-se que a taxa de mortalidade após a primeira queimada foi de 7,2%, mas aumentou para 19,1 % depois da segunda, indicando que o regime de queimada causa, de fato, alterações na estrutura da vegetação. Franco et al. (1996) mostraram que o fogo é um fator de mortalidade importante no primeiro ano de vida de plântulas de *Dalbergia miscolobiun*, espécie arbórea típica dos cerrados. Por outro lado, foi verificado que a taxa de sobrevivência ao fogo é alta em indivíduos com idade superior a um ano.

É evidente, portanto, que o regime intensivo e excessivo de queimadas no cerrado tem inúmeras implicações, tanto do ponto de vista da ecologia e da manutenção de seu patrimônio biológico, como de efeitos ambientais diversos, inclusive mudanças climáticas.

### 1.1.1 - Queimadas no Parque Nacional das Emas

Segundo o IBAMA (1989), dentre todas as unidades de preservação no bioma dos cerrados, o Parque Nacional das Emas - PNE, no extremo sudoeste do Goiás, é a mais extensa e a que tem sofrido menor ação antrópica. Ela abriga também um raro patrimônio florístico e faunístico (Redford, 1987).

Não há registros sistemáticos publicados e, possivelmente, nem mesmo documentados sobre a ocorrência de incêndios no PNE informando sua origem, data, duração, localização e extensão. O IBAMA dispõe apenas de informações esparsas e incompletas sobre o histórico de ocorrência de fogo no PNE (Anexo 1). Segundo Ramos-Neto e Machado (1996), informações de antigos fazendeiros da região atestam que, nas décadas de 60 e 70, a área do Parque era completamente queimada ao longo da estação seca para provocar a rebrota da vegetação que servia de pasto para o gado que era criado no interior da reserva. Acredita-se também, que em intervalos regulares de três anos, incêndios de grandes proporções atingem, não raro, mais do que 70% da área do Parque. A partir de 1985, o IBAMA iniciou a implantação de uma rede de aceiros "corta-fogo" que foi concluída em 1987, totalizando cerca de 350 km de extensão, cujo objetivo era evitar a entrada de fogo, bem como impedir sua propagação no interior da reserva. No entanto, tais aceiros não têm sido suficientes para evitar a ocorrência de incêndios significativos a cada três anos, tempo suficiente para acúmulo de grande quantidade de biomassa combustível.

Apesar da ocorrência regular de grandes queimadas no interior do PNE, quase nada se sabe sobre suas conseqüências ecológicas e implicações na conservação dessa unidade. Também não existem avaliações dos resultados da implantação da rede de aceiros "corta-fogo" que pode, inclusive, estar aumentando o risco de incêndios de grandes proporções e de alta intensidade, conforme alertam Ramos-Neto e Machado (1996).

### 1.1.2 - Objetivos

O objetivo deste trabalho foi a caracterização do regime de queimadas no Parque Nacional das Emas no período 1973-1995, utilizando imagens dos satélites Landsat.

Para tanto, e como objetivo secundário, procurou-se identificar, mapear e estimar anualmente as áreas queimadas, gerando-se uma base de dados georeferenciados.

Desta forma, torna-se possível fornecer subsídios para pesquisas sobre ecologia do fogo e conservação de cerrados, e apresentar dados para o planejamento de manejo de fogo no PNE.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA - DETECÇÃO LANDSAT DE QUEIMADAS

### 2.1 - Sensores imageadores dos satélites Landsat

O primeiro satélite da série norte-americana Landsat foi lançado em 1972, levando a bordo o sensor MSS ("Multi Spectral Scanner"), e as câmaras de televisão RBV ("Return Beam Vidicon") que geravam imagens multiespectrais da superfície terrestre. O Brasil passou a receber esses dados em 1973, através de uma antena receptora do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) instalada em Cuiabá, MT.

As imagens digitais MSS têm ~80m de resolução no terreno e são geradas em 5 canais espectrais, conforme relacionado na Tabela 2.1. Esse sensor integrou a carga útil de todos os satélites Landsat e continua em operação, atualmente, no Landsat-5 (Joly, 1988). Até 1983, as imagens MSS enviadas pelos três primeiros satélites Landsat foram recebidas e arquivadas regularmente pelo INPE.

O sensor RBV é um sistema de câmaras de televisão e não opera com a conversão do sinal analógico para digital. No Landsat-1 e 2, foi utilizado um sistema de três câmaras RBV com resolução espacial de 80m. Todas as câmaras focavam a mesma área, porém em distintos intervalos espectrais — ver Tabela 2.1. A partir do Landsat-3, o número de câmaras foi reduzido a duas, as quais focavam áreas contíguas da superfície terrestre num único intervalo espectral. A resolução espacial, no entanto, passou a ser de ~40m. Esse sistema foi desativado e já não integrou a carga útil do Landsat-4 (Freden e Gordon; 1983; Joly, 1988).

O sensor TM ("Thematic Mapper") foi levado a bordo a partir do Landsat-4, lançado em 1982. As imagens digitais TM são geradas em 7 canais espectrais e têm resolução de ~30m no terreno — ver Tabela 2.1. O Landsat-5, lançado em 1984, continua em operação até o presente momento.

Tabela 2.1. Características dos sensores imageadores dos satélites Landsat

SENSOR		MSS		RBV		TM
Landsat		1, 2 e 3	4 e 5	1 e 2	3	4 e 5
Resol. Espacial		80 m	80 m	80 m	40 m	30 m
Canais Espectrais, $\mu\text{m}$	1	---	0,5-0,6	0,47-0,75	0,50-0,75	0,45-0,52
	2	---	0,6-0,7	0,58-0,68	---	0,52-0,60
	3	---	0,7-0,8	0,7-0,83	---	0,63-0,69
	4	0,5-0,6	0,8-1,1	---	---	0,76-0,90
	5	0,6-0,7	10,4-12,6 <sup>a</sup>	---	---	1,55-1,75
	6	0,7-0,8	---	---	---	10,4-12,5 <sup>b</sup>
	7	0,8-1,1	---	---	---	2,08-2,35
	8	10,4-12,6	---	---	---	---

a) Somente no Landsat-3; b) Resolução espacial 120 m neste canal.

## 2.2 - Estudo de queimadas com imagens Landsat

Desde o lançamento dos primeiros satélites na década de 1960, tem-se avaliado o potencial de seus dados para a identificação e mapeamento de queimadas em várias regiões do mundo. Wightman (1973) mapeou queimadas ocorridas em 1972, no leste e sul da África durante a estação seca pela interpretação visual de imagens da banda 6 do ERST-1 (posteriormente denominado Landsat-1). Foram estimadas as taxas de avanço de queimadas na região, bem como área atingida por alguns incêndios de grandes proporções. Desher (1974) fez análises visuais de imagens do ERST-1, bandas 6 e 7, e observou a progressão sazonal de incêndios em campos e savanas na África, ao sul do Saara. Bruneau (1978) fez um estudo multitemporal, utilizando imagens do Landsat 1 e 2 de 1973 e 1975, bandas 5 e 7, da região norte da Tailândia, concluindo que os dados da banda 7 evidenciavam a progressão dos incêndios durante a estação seca. Um incêndio em floresta

implantada de *Pinus elliottii* ocorrido em 1973, no interior de São Paulo, Brasil, foi objeto de pesquisa de Chen et al. (1979) em imagens do ERST-1. A avaliação da área queimada por classificação digital correspondeu a ~87% da área estimada em campo. Hall et al. (1980) monitoraram uma área queimada de tundra no Alasca, utilizando imagens MSS-Landsat, dados de aeronave e de campo. Foi possível classificar na imagem três categorias de severidade da queimada que correspondiam àquelas observadas em campo. Avaliou-se também, a regeneração da cobertura vegetal nas imagens e no campo, no ano seguinte ao incêndio. Tanaka et al. (1980) mapearam a extensão de um incêndio ocorrido em Etajima, Japão, em 1978, utilizando classificação digital de imagens MSS-Landsat, bandas 6 e 7. Os mapas gerados produziram resultados precisos, compatíveis às estimativas oficiais. Chuvieco e Congalton (1988) avaliaram dados TM para mapeamento e inventário de incêndios florestais na costa mediterrânea semi-árida da Espanha, mas concluíram que as técnicas de processamentos empregadas não discriminaram perfeitamente as áreas queimadas daquelas não queimadas, principalmente nas regiões de vegetação esparsa. Pereira e Setzer (1993) descreveram as características espectrais de marcas de queimadas na Amazônia em imagens TM-Landsat, mostrando a viabilidade de detecção e avaliação de incêndios em florestas com dados orbitais.

### 2.2.2 - Estudo de queimadas em cerrados com imagens Landsat

Santos e Aoki (1981), mostraram a possibilidade de detecção, mapeamento e avaliação de áreas queimadas em cerrados do Parque Nacional de Brasília, utilizando imagens MSS-Landsat. Foram empregadas imagens digitais, bandas 4, 5, 6 e 7 de 1975 e 1977. A classificação visual e automática permitiu a identificação e a avaliação de um incêndio de grandes proporções que atingiu ~60% dessa reserva em 1975, sendo que a banda 7, forneceu os melhores resultados. Outra queimada ocorreu em 1985, também no Parque Nacional de Brasília (Ponzoni et al., 1986), abrangendo cerca de 40% de sua área. Os autores concluíram que, tanto na análise visual quanto na automática, os dados das bandas 4 e 5 do TM foram os melhores para identificação da área queimada. Shimabukuro et al. (1991) analisaram imagens digitais TM-Landsat para avaliação da área queimada no Parque Nacional das Emas após ocorrência de um incêndio de grandes proporções, em 1988. Concluiu-se, também, que a banda 5 foi a que melhor discriminou a área queimada.

### 3 - MATERIAIS

#### 3.1 - O Parque Nacional das Emas

O Parque Nacional das Emas - PNE, localiza-se no Planalto Central Brasileiro, domínio morfoclimático dos cerrados, segundo classificação de Ab'Saber (1971). Situa-se no município de Mineiros, extremo sudoeste do estado de Goiás, entre as latitudes 17° 49' e 18° 28' S e as longitudes 52° 39' e 53° 10' W, conforme Figura 3.1. A área do Parque é estimada em 131.868 ha (IBAMA, 1989).

Seu clima é sazonal tropical e a temperatura média anual varia de 22° a 24°C, com máximas absolutas entre 36° e 38°C, e mínimas absolutas entre -4° e 0°C. A pluviosidade anual atinge 1500 a 1750 mm, mas sua distribuição não é homogênea, pois há uma estação marcadamente seca entre maio e setembro. O relevo é suave ondulado, variando em altitude de 650 a 1000 m. A rede de drenagem na área do Parque é formada pelos rios Formoso, Jacuba, e seus tributários (IBAMA, 1989; IBDF/INCAFO, 1978) — ver Figura 3.1.

A vegetação é típica de cerrados, com predomínio das fisionomias de campos limpos e campos sujos. Há, no entanto, registro dos outros gradientes de cerrado *latu sensu*: campo cerrado, cerrado *stritu sensu* e cerradão (IBDF/INCAFO, 1989). A área do Parque inclui ainda mata ciliar, campos úmidos, veredas e mata mesófila.

#### 3.2 - Informações sobre ocorrência de queimadas

Os dados fornecidos pelo IBAMA acerca da ocorrência de queimadas no PNE encontram-se no Anexo 1. Como esses dados são incompletos, buscaram-se informações adicionais junto a funcionários que estiveram ou ainda estão vinculados ao Parque. Dessa forma, utilizaram-se também, os depoimentos e documentos manuscritos obtidos em entrevistas pessoais. O Sr. Antônio Malheiros da Cruz trabalhou na fiscalização do PNE desde sua fundação, em 1961, até 1984. A partir desse ano, tornou-se chefe dessa unidade de conservação, cargo que ocupou até 1992. Ele foi entrevistado em Goiânia, em novembro de 1995. Em seguida, entrevistou-se, no PNE, o Sr. José Carlos Bernardes que é funcionário daquela unidade desde 1979 e mantém anotações pessoais sobre ocorrência de queimadas na reserva. Nessa ocasião, também foram fornecidas informações pelo Sr. Ari Soares dos Santos, chefe da unidade desde 1995. Adicionalmente, foram utilizadas as

anotações pessoais resultantes de entrevista anterior feita com o Sr. Luiz Alberto Fernandes, chefe do PNE no período 1992-1994.

**Fig. 3.1 - Localização do Parque Nacional das Emas**



A compilação dos dados obtidos nas entrevistas e anotações pessoais encontram-se no Anexo 2. Informações sobre queimadas recentes, ocorridas em 1996 e início de 1997 foram fornecidas pelo pesquisador Mario Barroso Ramos Neto, vinculado ao Departamento de Ecologia Geral do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

### 3.3 - Imagens, Cartas e Sistema Geográfico de Informações

Foram utilizadas as cartas geográficas abaixo

1) Cartas Aeronáuticas de Pilotagem, escala 1:250.000, IBGE/Ministério da Aeronáutica:

- Folha Mineiros - SE.22-V-C, 1ª ed., 1986.
- Folha Parque Nacional das Emas - SE - 22-Y-A, 1ª ed., 1985.

2) Cartas do Brasil, IBGE, escala 1:100.000

- Folha Parque Nacional das Emas - SE-22-Y-A-III, 1ª ed. 1978.
- Folha Baús - SE-22-Y-A-II, 1ª ed., 1978.
- Folha Mineiros - SE-22-V-C-VI, 1ª ed., 1977.

Não foram localizadas informações cartográficas sobre vegetação, estradas, solos, aceiros, etc. Também não foi possível utilizar dados topográficos da região, pois a Folha Parque Nacional das Emas não traz essas informações.

Utilizaram-se 39 imagens dos sensores MSS, RBV e TM Landsat, referentes ao período 1973-1995. A Tabela 3.1, abaixo, relaciona as imagens analisadas, em ordem cronológica. Para cada uma, identifica-se o sistema sensor pelo qual ela foi gerada, os parâmetros de localização (órbita/ponto) e eventuais deslocamentos no sentido norte-sul, bandas espectrais com composição de cores e escala. A última coluna informa a situação da imagem quanto à origem institucional que possibilitou sua aquisição para uso nesse trabalho. Assim, "FAPESP" significa que a imagem foi adquirida com auxílio financeiro dessa Instituição; "INPE" significa que a imagem foi fornecida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e passou a integrar a coleção de imagens utilizadas no trabalho; "ATUS" refere-se à imagem pertencente ao acervo do setor de "Atendimento ao Usuário" do INPE e, portanto, não integra a

referida coleção. Todas as imagens desta coleção foram dispostas em um álbum de 1m X 1,30m, com papel neutro intercalado para preservá-las — ver Figura 3.2. Devido às dimensões do álbum, e seu peso de cerca de 30kg, o mesmo não se encontra anexo ao relatório, estando, no entanto, à disposição de interessados no INPE.

**Tabela 3.1 - Relação e características das imagens fotográficas utilizadas.**

Imagem	Data	Sensor	Órbita/Ponto	Características	Escala	Situação
1	22/08/73	MSS	240/73	Banda 7 (P&B)	1:250.000	FAPESP
2	14/05/75	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
3	21/08/75	MSS	240/73	Banda 7(P&B)	1:250.000	FAPESP
4	08/09/75	MSS	240/73	Banda 7 (P&B)	1:250.000	FAPESP
5	19/07/76	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
6	29/09/76	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
7	17/10/76	MSS	240/73	Banda 7 (P&B)	1:250.000	FAPESP
8	17/06/77	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 6(R)	1:250.000	FAPESP
9	10/08/77	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
10	10/08/77	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(R), 7 (G)	1:250.000	FAPESP
11	21/10/77	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
12	27/07/78	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
13	28/02/79	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
14	02/05/79	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
15	04/07/79	RBV-A	240/73 N+	Pancromático, (P&B)	1:250.000	FAPESP
16	11/10/79	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
17	05/05/80	RBV-A	240/73 N+	Pancromático, (P&B)	1:250.000	FAPESP
18	10/06/80	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
19	30/08/80	MSS	240/73	Banda 7(P&B)	1:250.000	FAPESP
20	14/10/80	RBV-A	240/73 N+	Pancromático, (P&B)	1:250.000	FAPESP
21	03/04/81	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
22	20/07/81	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
23	25/08/81	MSS	240/73	Banda 7(P&B)	1:250.000	FAPESP
24	18/10/81	MSS	240/73	Bandas 4(B), 5(G), 7(R)	1:250.000	FAPESP
25	04/09/84	TM	224/73 B	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	FAPESP
26	04/09/84	TM	224/73 N+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	FAPESP
27	09/10/85	TM	224/73 N+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	FAPESP
28	10/09/86	TM	224/73 N+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	FAPESP
29	15/10/87	TM	224/73 N+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	FAPESP
30	29/07/88	TM	224/73 N+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	ATUS
31	30/08/88	TM	224/73 N+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	INPE
32	18/09/89	TM	224/73 N+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	INPE
33	07/10/90	TM	224/73 N+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	INPE
34	10/10/91	TM	224/73 N+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	INPE
35	25/08/92	TM	224/73 N+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	FAPESP
36	11/07/93	TM	224/73 B+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	FAPESP
37	25/04/94	TM	224/73 N+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	FAPESP
38	02/10/94	TM	224/73 N+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	INPE
39	18/08/95	TM	224/72 D+	Bandas 3(R), 4(G), 5(B)	1:100.000	INPE

B=Blue/Azul; G=Green/Verde, R=Red/Vermelho; P&B=Preto e Branco



**Fig. 3.2 - Álbum com a coleção de imagens Landsat**

#### **3.4 - Dados pluviométricos**

Utilizaram-se também, os dados pluviométricos de Mineiros, GO, período 1985-1996, fornecidos pelos monges beneditinos do Mosteiro São José, localizado nessa cidade (Anexo 3). Esta é a localidade mais próxima do PNE (~70 km) para a qual foram localizados registros de precipitação.

## 4 - METODOLOGIA

### 4.1 - Seleção das imagens

Inicialmente, elaborou-se uma lista preliminar de datas de ocorrência provável de incêndios de grande porte no PNE baseada, principalmente, nos depoimentos e anotações constantes no Anexo 2. Com base nessas informações, verificaram-se os negativos de 70 mm das imagens MSS e RBV e os "quick-looks", em fotografias ou vídeo, das imagens TM. Quando foram constatados sinais de queimadas de grande porte, selecionou-se, sempre que possível, a primeira imagem sem cobertura de nuvens de data imediatamente posterior a ela. Para alguns anos em particular, foi obtida mais de uma imagem, permitindo averiguar a ocorrência de eventuais queimadas anteriores ou posteriores à data de referência inicial. Mesmo para os anos em que não foram obtidas informações preliminares acerca da ocorrência de incêndios, ou quando elas indicavam a não ocorrência de queimada, procurou-se adquirir uma imagem, preferencialmente do final da estação seca, para verificação da existência de marcas deixadas pelo fogo.

As imagens digitais MSS do acervo do INPE, Cachoeira Paulista, SP, não estão disponíveis para processamento, por problemas técnicos. Assim, a seleção de imagens desse sensor só pôde ser feita dentre aquelas que já possuíam negativos gerados anteriormente, impondo limitações, por vezes sérias, para o âmbito desse projeto, na escolha de material para ampliação em papel fotográfico. Ressalta-se que, em muitos casos, só estavam disponíveis imagens MSS de baixa qualidade e, as vezes, em um único canal espectral.

Também não foram obtidas imagens TM de 1982 e 1983, pois nesses anos não houve recepção dos dados desse sensor no Brasil. Recentemente, foram localizados dois negativos de imagens MSS de 1983: o primeiro de maio e o segundo de setembro. No entanto, não houve possibilidade de incluir essas imagens nesse trabalho, mas pretende-se adquiri-las em breve.

As imagens TM foram selecionadas também com base em datas prováveis de incêndios, sendo que, para 1988, 1992 e 1994 essas informações eram mais precisas. Dado o custo elevado desse produto (R\$ 500,00), quando comparado com aqueles dos sensores MSS (R\$ 146,00) e RBV (R\$ 134,00), não foi possível, salvo para o ano de 1988 e 1994, utilizar mais do que uma imagem anual.

Antes do pedido das imagens MSS, foi selecionada uma data para testar a composição de cores mais adequada; adquiriram-se, portanto, duas imagens de 10/08/77, nas seguintes composições coloridas: azul (MSS-4), verde(MSS-5), vermelho (MSS-7) para a primeira, e azul (MSS-4), vermelho (MSS-5), verde (MSS-7) para a segunda.

#### **4.2 - "Overlay" de referência**

Primeiramente, foram feitos dois "overlays" de referência com o contorno do PNE e o traçado dos principais rios e córregos de seu interior. O primeiro deles, em escala 1:250.000, foi extraído das cartas aeronáuticas e corresponde à escala nominal das imagens MSS e RBV. O segundo, em escala 1:100.000, foi produzido a partir das cartas IBGE e corresponde à escala nominal dos quadrantes das imagens TM utilizadas. Foram feitas várias cópias dos "overlays" de referência para utilização na interpretação das imagens.

#### **4.3 - Interpretação das imagens**

Para cada ano analisado, utilizou-se uma cópia do "overlay" de referência na mesma escala da imagem que estava sendo interpretada. O "overlay" foi sobreposto à imagem, em mesa de luz, e os contornos das queimadas, bem como de outras classes foram traçados segundo descrição abaixo. Produziu-se, portanto, um "overlay" para cada ano do período analisado. Quando mais de uma imagem de um mesmo ano era disponível, as informações extraídas delas foram transferidas para o "overlay" referente ao ano em questão. Assim, por exemplo, a interpretação das quatro imagens MSS de 1981 resultou em um único "overlay" com a soma de todas as queimadas ocorridas nesse ano. Como apresentado adiante, queimadas não imageadas no ano de sua ocorrência puderam, com frequência, ser identificadas em imagens do ano seguinte e, nesse caso, foram incluídas no "overlay" referente ao ano em que ela presumivelmente ocorreu.

#### **4.3.1 - Identificação das queimadas**

As queimadas foram identificadas segundo os padrões descritos abaixo e incluídas numa classe única, denominada "queimada", representada por "Q".

##### **4.3.1.1 - Queimadas recentes com presença de cinzas**

As queimadas recentes em relação à data de aquisição da imagem, nas quais as cinzas ainda estão presentes, são de fácil identificação, aparecendo sempre em tons escuros, próximos de preto, tanto nas composições coloridas MSS e TM quanto nas imagens de uma única banda (infravermelho próximo) ou de imagens pancromáticas RBV — ver exemplo na Figura 4.1.

##### **4.3.1.2 - Queimadas recentes com solo exposto**

Queimadas recentes, nas quais as cinzas já foram removidas pela ação da chuva e/ou vento, expõem o solo. Nesses casos, a vegetação queimada ainda não rebrotou ou está nos estágios iniciais da regeneração e a influência do solo na reflectância é grande. Assim, nas composições coloridas MSS utilizadas, solos expostos aparecem geralmente em matizes de verde claro e nas imagens TM, aparecem em róseo e magenta claro. Mas imagens MSS-7 e nas pancromáticas (RBV) elas não foram distinguidas.

##### **4.3.1.3 - Queimadas não-recentes com vegetação em rebrota**

Nos locais atingidos por queimadas, a vegetação regenera-se de forma vigorosa e, após alguns meses destaca-se, na imagem, daquela não atingida pelo fogo. É possível fazer a identificação da vegetação rebrotada após o fogo, pois sua reflectância na região do infravermelho próximo é maior do que naquela relativa à vegetação que não queimou (França, 1994; França e Setzer, 1997). Essa diferença permanece no ano posterior a queimada e, muito comumente, nos seguintes também, desde que outra queimada não reincida no local. Assim, nas composições utilizadas, a rebrota aparece com bastante contribuição da cor vermelha nas imagens MSS e da verde nas imagens TM — ver Figura 4.1. Nas imagens MSS em P&B, banda 7, a vegetação rebrotada aparece em tons de cinza mais claros de que aquela que não queimou. Nas imagens RBV não foi possível fazer essa distinção.



#### 4.3.2- Outras Classes

Adicionalmente à classe "queimada" foram criadas cinco outras adicionais na análise temática das imagens:

— não-queimada ("NQ"). Nessa classe, incluiu-se toda a área do Parque na qual não havia evidências de ocorrência de queimadas no ano analisado.

— provável queimada ("PQ"). Incluiu-se nessa classe as regiões em que havia indício de ocorrência de fogo mas que, no entanto, não eram suficientes para inclusão na classe "Q". Geralmente essas áreas caracterizaram-se por coloração indicativa de vegetação vigorosa, ocorrência típica após queimada. No entanto, dada a baixa qualidade da imagem e/ou da data, muito posterior à presumível queimada, não foi possível determinar com segurança, se ela, de fato, ocorreu.

— não-classificada ("NC"). Referiu-se às regiões em que a classificação era duvidosa. Essas áreas corresponderam, *grosso modo*, às regiões de ocorrência de campos úmidos. A confusão foi causada pela resposta espectral da água, presente na superfície, que é muito parecida à da queimada, principalmente nos canais do infravermelho próximo.

— nuvem ("NU"). Referiu-se às porções recobertas por nuvens ou pela sombra delas.

— não-imageada ("NI"). Referiu-se às porções do PNE não incluídas nas imagens interpretadas.

#### 4.4 - Digitalização dos dados

Utilizou-se o Sistema de Informações Geográficas — SGI, desenvolvido pelo INPE. Primeiramente, digitalizou-se num Plano de Informação (PI) o limite do Parque, obtidos das cartas IBGE 1:100.000 e posteriormente corrigidas por imagem TM na mesma escala. Essas linhas foram copiadas para os planos gerados posteriormente, totalizando 21 PIs, ou seja, um para cada "overlay".

Os contornos das queimadas, bem como das outras categorias descritas acima, foram digitalizados e, posteriormente, identificaram-se os polígonos segundo as seguintes classes: 1) Área Queimada - Q; 2) Área provavelmente queimada - PQ; 3) Área não-queimada - NQ; 4) Área não-imageada - NI; 5) Área não-classificada - NC; 6) Nuvem e/ou sombra de nuvem - NU.



Em seguida, após os procedimentos rotineiros de ajuste de linhas, poligonalização, inserção de centróides, etc., obteve-se, através do SGI, a estimativa de área ocupada por cada classe, em km<sup>2</sup>, em cada PI.

#### 4.5 - Determinação da frequência de queimadas

Posteriormente, as classes "queimada" de todos os PIs gerados foram sobrepostas no SGI para obtenção de um mapa cumulativo de áreas atingidas pelo fogo. Assim, foram criadas 21 novas classes, sendo que a primeira, "Q1X", correspondeu às áreas em que uma única queimada foi identificada em todos os anos estudados. A classe "Q2X" correspondeu às áreas em que ocorreram duas queimadas, e assim sucessivamente até o limite máximo possível de 21 queimadas reincidentes. Obteve-se, em seguida, a estimativa de área ocupada por cada classe. Posteriormente, essas classes foram unidas, duas a duas. Dessa forma, obteve-se uma nova classificação: a) não queimou, b) queimou 1 ou 2 vezes, c) queimou 3 ou 4 vezes, e assim sucessivamente.

#### 4.6 - Geração de produtos finais

Finalmente, todos os mapas gerados no SGI foram impressos, resultando em 21 ilustrações anuais e mais uma adicional de frequência de queimadas do PNE. Gerou-se também, uma figura localizando as possíveis áreas com balanço negativo de nutrientes, baseado nos resultados de Pivello e Coutinho (1992). em seguida, em um micro-computador convencional, as figuras foram elaboradas na sua forma final, através de programa comercial de processamento de imagens.

#### 4.7 - Erros associados

No sensoriamento remoto, a obtenção de produtos está sujeita a imprecisões e erros, associados a vários instrumentos e etapas do processo: sensor/imageador, plataforma orbital, geometria terrestre, transmissão/recepção de dados, geração da imagem em papel, interpretação/classificação de imagens, digitalização de cartas e feições em imagens, e cálculos diversos com os dados. A análise de precisão e acurácia dos dados é complexa e transcende os objetivos do presente trabalho, e as fontes de erros assim como sua magnitude são resumidas a seguir para justificar as aproximações feitas nas estimativas de área. No caso ideal, sem nenhum dos erros

acima, a melhor acurácia que pode ser obtida é a própria resolução espacial do sensor, ou seja,  $\pm 1$  píxel, equivalente a  $\pm 30$  m no TM, e  $\pm 80$  m no MSS. Os erros são dados a seguir em unidades de milímetros (mm), cujos correspondentes em metros dependem da escala de trabalho; por exemplo, um erro de  $\pm 0,2$  mm equivale a  $\pm 20$  m na escala 1:100.000 e a  $\pm 50$  m em 1:250.000.

As imagens MSS e TM Landsat apresentam distorções geométricas externas e internas ao sistema de imageamento. As principais fontes de distorções externas relacionam-se à plataforma orbital e são as alterações dinâmicas de atitude ("roll", "pitch" e "yaw"), altitude e velocidade do satélite; os desvios resultantes podem chegar a vários mm nestes casos para as imagens Landsat, e são minimizadas a partir de informações do próprio satélite; nos casos de integração com pontos de controle, no processo denominado "registro", estes erros caem para menos de 0,5 mm, que é o valor padrão em cartografia.

Distorções internas causadas pelo sensor incluem não linearidade do movimento do espelho e irregularidades no seu perfil, variação do tempo útil de varredura e amostragem, com a conseqüente alteração na distância entre píxeis e tamanho de linhas; neste caso, os desvios, quando ocorrem, costumam ser pequenos, inferiores a 0,1 mm, e não são corrigidos.

Cálculos de navegação de imagens Landsat supõem um geóide terrestre uniforme e de elevação constante, não levando em conta variações locais; os desvios reais trazem erros desprezíveis, em geral compensados nos processos de registro.

A acurácia pontual em diversas imagens analógicas MSS compensadas para desvios da plataforma, indicou um erro médio quadrático em torno de 1,5 píxeis ou,  $\pm 1,20$  mm, com variação da escala da imagem até 0.1% (Silva, 1988). No caso da imagens TM, o erro médio quadrático é de  $\pm 0,5$  mm (Silva e d'Alge, 1986).

Problemas de transmissão e recepção resultam em perdas de linhas, e no deslocamento de linhas em direção perpendicular à do movimento norte-sul do satélite. Essas falhas costumam ser detectadas por inspeção visual no controle de qualidade de ampliações fotografias das imagens, e quando ocorrem, resultam na sua não distribuição. Entretanto, nos casos em que a seleção é falha, erros de muitos mm são esperados.

Na geração da imagem em modo fotográfico, após a sensibilização do papel em escala pré-definida, o mesmo passa por banhos líquidos e secagem, que provocam alterações nas dimensões da folha com conseqüente alteração da escala original. Variações na umidade relativa no ambiente onde se armazena a imagem também levam à mudanças nas suas dimensões. Estas variações resultam em erros da ordem de até 1,5 mm, e que tendem a se reduzir quando a imagem é registrada.

Erros de classificação digital decorrem da incerteza intrínseca dos algoritmos empregados, e como no presente trabalho utilizou-se apenas interpretação visual, os mesmos não precisam ser considerados. Quanto à interpretação visual das classes mapeadas nas imagens, como "queimada", "provável queimada", etc., sem dúvida são esperadas variações dependendo do fôto-intérprete. Conforme Fidalgo (1995) tais diferenças seriam desprezíveis no caso de classes temáticas claramente separáveis. Por outro lado, situações em que uma queimada cõsumiu apenas a vegetação rasteira sob um dossel que permaneceu inalterado e assim se apresenta na imagem, ou então quando passaram-se vários meses entre a data da queimada e a da imagem, certamente introduzem erros inevitáveis, talvez quantificáveis apenas com trabalho de campo. Adicionalmente, áreas de campos úmidos têm resposta semelhante à de queimadas (Ponzoni, 1986), e imagens com problemas de contraste de cores criam situações de incerteza.

Com a finalidade de minimizar as incertezas, foram introduzidas na foto- interpretação as classes "provável queimada", e "não classificada".<sup>11</sup> Desta forma, para as classes "queimada", "não-queimada", "nuvem", e "não-imageada", espera-se erro de classificação pequeno, equivalente a demais erros do processo. Para a classe "provável queimada", supõe-se que exista cerca de 80% de chance que se trate realmente de uma queimada, e no caso da classe "não-classificada", em geral constituída de campos úmidos, optou-se por não associá-la a nenhuma das outras classes. De maneira geral, espera-se que os erros de interpretação afetem apenas o dígito das unidades nos valores de áreas mapeadas.

Erros ocorrem também na extração de informações das imagens. Dentre eles, cabe mencionar os seguintes, seguidos de valores incorridos esperados em relação à distâncias nas imagens ou mapas: resolução do olho humano, 0,2 mm; deformação do filme de poliéster com condições ambientais, 0,1 mm; traçado do grafite/tinta, 0,2 mm. Adicionalmente, erros no processo de digitalização devem também ser considerados: posicionamento do cursor, 0,2 mm; precisão da mesa digitalizadora,

0,1 mm; calibração da mesa por pontos de controle, 0,5 mm; precisão das cartas geográficas, 0,5 mm.

A combinação de todos erros dos parágrafos anteriores é dada pela raiz quadrada da soma dos quadrados dos erros individuais, resultando em aproximadamente 1 mm para localizações pontuais. Esse valor, nas escalas usadas no trabalho, correspondeu a  $\pm 250$  m em 1:250.000, e a  $\pm 100$  m em 1:100.000.

Os erros resultantes no cálculo de áreas são mais complexos, e não são encontrados na bibliografia convencional. Com certeza, o dígito das unidades nos valores de áreas obtidas é incerto, e em muitos casos, possivelmente também o dígito das dezenas. Os valores medidos estão apresentados em duas versões: na primeira, em forma bruta, apenas sem as várias casas decimais fornecidas pelo SGI, ou seja, como km<sup>2</sup> inteiros arredondados; na segunda, com os dígitos das dezenas arredondados segundo os dígitos das unidades. Tal procedimento está de acordo com a recomendação de Brown, Turco and Alechandre (1995). Apenas para as áreas menores que 10 km<sup>2</sup> foram mantidos os valores brutos, pois por exemplo, uma área de 2 km<sup>2</sup> resultaria em 0 km<sup>2</sup>, eliminando algo que efetivamente foi detectado.

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 - Composição de cores das imagens MSS.

A análise visual das duas imagens MSS de 10/08/77 em diferentes composições de cores indicou que aquela com maior contraste entre as áreas queimadas e as que não queimaram no PNE foi a azul (MSS-4), verde (MSS-5), vermelho (MSS-7). Essa composição foi utilizada, sempre que possível, nas outras imagens desse sensor.

### 5.2 - Digitalização dos limites do Parque.

Observaram-se pequenas diferenças entre os limites oficiais ao sul do Parque, obtidos das cartas IBGE/1:100.000, e aqueles definidos, de fato, nas imagens. Para efeito desse trabalho, optou-se pelos limites observados na imagem que coincidem com aqueles observados no campo e com o mapa publicado pelo IBAMA (1989) em escala aproximada de 1:300.000. Dessa forma, o limite sul da reserva foi corrigido pela imagem TM. A área oficial do PNE é estimada em 1.319 Km<sup>2</sup> (IBAMA, 1989), enquanto aquele obtido pelo SGI, corrigindo o limite sul pelas imagens 1:100.000, foi de ~1.328 Km<sup>2</sup>. Ou seja, a área avaliada nesse trabalho é cerca de 0.7 % maior do que a área oficial.

### 5.3 - Ocorrência de queimadas no período 1973 a 1995.

Foi possível determinar, quase anualmente, a localização e a área de abrangência de pequenas e grandes queimadas nas imagens do PNE. A inexistência de imagens nos arquivos do INPE, passíveis de ampliação, para os anos de 1974, bem como para outras datas específicas, anteriores a 1981 prejudicou a obtenção de informações completas em alguns períodos, conforme será relatado adiante.

A partir da interpretação das imagens adquiridas, obtiveram-se mapas simplificados anuais de queimadas, digitalizados no SGI, que permitiram a localização e avaliação da área de abrangência delas. A avaliação de área na forma "bruta", ou seja, com arredondamentos das unidades é apresentada na Tabela 5.1. A Tabela 5.2 mostra as estimativas de áreas das classes identificadas com aproximação das dezenas também, conforme discutido no item 4.7.

Tabela 5.1 - Resultados brutos da classificação das imagens Landsat do Parque Nacional das Emas, GO.

ANO	Q km <sup>2</sup>	% Q	PQ km <sup>2</sup>	% PQ	NQ km <sup>2</sup>	% NQ	NC km <sup>2</sup>	%NC	NU km <sup>2</sup>	% NU	NI km <sup>2</sup>	% NI	Total	Datas das imagens utilizadas mês / ano
73	437	33	---	---	834	63	---	---	---	---	57	4	1328	08/73
74	---	---	176	14	1152	87	---	---	---	---	---	---	1328	05/75
75	1139	86	---	---	189	14	---	---	---	---	---	---	1328	05/75, 08/75, 09/75
76	38	3	444	36	846	64	---	---	---	---	---	---	1328	07/76, 09/76, 10/76
77	804	60	2	---	521	39	---	---	---	---	---	---	1327	06/77, 08/77, 10/77
78	---	---	---	---	1106	83	---	---	---	---	222	17	1328	07/78
79	78	6	---	---	1213	91	---	---	---	---	37	3	1328	02/79, 07/79, 10/79
80	768	58	42	3	449	34	13	1	---	---	56	4	1328	05/80, 06/80, 08/80, 04/80,
81	453	34	150	12	690	52	---	---	---	---	34	3	1327	04/81, 07/81, 08/81, 10/81
84	189	14	---	---	1139	86	---	---	---	---	---	---	1328	09/84
85	1034	78	4	---	250	19	40	3	---	---	---	---	1328	10/85, 09/86
86	15	1	3	---	1310	98	---	---	---	---	---	---	1328	09/86,
87	474	36	---	---	854	64	---	---	---	---	---	---	1328	10/87, 07/88
88	983	74	---	---	345	26	---	---	---	---	---	---	1328	07/88, 08/88, 09/89
89	70	5	---	---	1258	95	---	---	---	---	---	---	1328	09/89, 10/90
90	21	2	48	4	1260	95	---	---	---	---	---	---	1329	10/90, 10/91
91	1016	76	---	---	259	19	28	2	26	2	---	---	1329	10/91, 08/92
92	300	23	---	---	1028	77	---	---	---	---	---	---	1328	08/92
93	102	8	---	---	1226	92	---	---	---	---	---	---	1328	07/93, 04/94
94	1238	93	---	---	29	2	12	1	49	4	---	---	1328	10/94
95	74	6	---	---	1023	90	---	---	---	---	51	4	1328	08/95

Q = área queimada; PQ = área provavelmente queimada; NQ = área não queimada; NC = área não classificada; NU = área com cobertura de nuvens; NI = área não imageada

**Tabela 5.2 - Resultados da classificação das imagens Landsat do Parque Nacional das Emas, GO**

ANO	Q km <sup>2</sup>	% Q	PQ km <sup>2</sup>	% PQ	NQ km <sup>2</sup>	% NQ	NC km <sup>2</sup>	%NC	NU km <sup>2</sup>	% NU	NI km <sup>2</sup>	% NI	Total	Datas das imagens utilizadas mês / ano
73	440	33	---	---	830	62	---	---	---	---	60	5	1330	08/73
74	---	---	180	14	1150	86	---	---	---	---	---	---	1330	05/75
75	1140	86	---	---	190	14	---	---	---	---	---	---	1330	05/75, 08/75, 09/75
76	40	3	440	33	850	64	---	---	---	---	---	---	1330	07/76, 09/76, 10/76
77	800	61	---	---	520	39	---	---	---	---	---	---	1322	06/77, 08/77, 10/77
78	---	---	---	---	1110	83	---	---	---	---	220	17	1330	07/78
79	80	6	---	---	1210	91	---	---	---	---	40	3	1330	02/79, 07/79, 10/79
80	770	58	40	3	450	34	10	1	---	---	60	5	1330	05/80, 06/80, 08/80, 04/80,
81	450	34	150	11	690	52	---	---	---	---	30	2	1320	04/81, 07/81, 08/81, 10/81
84	190	14	---	---	1140	86	---	---	---	---	---	---	1330	09/84
85	1030	78	---	---	250	19	40	3	---	---	---	---	1324	10/85, 09/86
86	20	2	---	---	1310	98	---	---	---	---	---	---	1333	09/86,
87	470	36	---	---	850	64	---	---	---	---	---	---	1320	10/87, 07/88
88	980	74	---	---	350	26	---	---	---	---	---	---	1330	07/88, 08/88, 09/89
89	70	5	---	---	1260	95	---	---	---	---	---	---	1330	09/89, 10/90
90	20	2	50	4	1260	95	---	---	---	---	---	---	1330	10/90, 10/91
91	1020	76	---	---	260	19	30	2	30	2	---	---	1340	10/91, 08/92
92	300	23	---	---	1030	77	---	---	---	---	---	---	1330	08/92
93	100	8	---	---	1230	92	---	---	---	---	---	---	1330	07/93, 04/94
94	1240	93	---	---	30	2	10	1	50	4	---	---	1330	10/94
95	70	5	---	---	1020	91	---	---	---	---	50	4	1320	08/95

Q = área queimada; PQ = área provavelmente queimada; NQ = área não queimada; NC = área não classificada; NU = área com cobertura de nuvens; NI = área não imageada

**1973** - A única imagem disponível para esse ano, sem cobertura de nuvens, é de 22/08/73, banda 7. Apesar do extremo norte do PNE não estar incluso na imagem e da sua má qualidade, foi possível a constatação de marcas de queimadas recentes, nitidamente delimitadas, ao sul do Rio Formoso, norte, sudoeste e centro do Parque, conforme ilustrado na Figura 5.1. Observou-se também, a ocorrência de uma cicatriz de queimada, entre o centro e o limite leste do PNE. A tonalidade clara dessa mancha indica a presença de cobertura vegetal vigorosa, provavelmente relacionada à ocorrência de queimada em 1972.

Assim, em 1973 estimou-se que pelo menos 33% da área do PNE, cerca de 440 km<sup>2</sup>, foi queimada — ver Tabela 5.2. Nota-se que a imagem utilizada é do mês de agosto e como a estação seca ainda estava em curso, outras queimadas poderiam ter ocorrido ainda nesse ano. Entretanto, a inexistência de imagens desde essa data até maio de 1975 impossibilitou uma avaliação definitiva da área queimada em 1973.

**1974** - A ausência de imagens desse ano não permitiu a quantificação segura da área queimada em 1974 nem a verificação de eventuais queimadas ocorridas no ano anterior, depois de 22/08. No entanto, algumas informações foram obtidas a partir da imagem de 14/05/1975, na qual foi possível distinguir regiões definidas por um vermelho mais intenso, indicativas da presença de cobertura vegetal em rebrota pós-queimada, no norte, centro-sul, nordeste e sul do Parque — ver Figura 5.2. Esses indícios de queimadas foram incluídas na classe "PQ", totalizando cerca de 13% da área do Parque, conforme Tabela 5.2.

**1975** - A primeira imagem, de 14/05, evidenciou três queimadas recentes: ao sul, próxima à atual sede; no centro, na região entre os rios Buritizal e Avoador; ao norte do PNE. Identificou-se também, uma queimada no limite sudeste, estendendo-se desde a propriedade limítrofe até o interior do Parque. Nessa última, a cor esverdeada indicou exposição do solo com regeneração ainda incipiente da cobertura vegetal. A imagem de 21/08, banda 7, mostrou a ocorrência de uma grande queimada no interior da reserva. Até essa data, só algumas áreas no sudeste, sudoeste, no norte e uma última entre o centro e o nordeste do PNE não haviam sido atingidas pelo fogo. As queimadas constatadas na imagem de maio permaneceram evidentes. A imagem de 08/09/75 mostrou que a região sudeste também foi



queimada. A soma da área de todas as queimadas identificadas em 1975, apresentada na Figura 5.3 e na Tabela 5.2, totalizou ~1140 Km<sup>2</sup>, cerca de 86% da área do PNE. Essa constatação concordou com as observações do Sr. Antônio Malheiros (Anexo 2) que mencionou a ocorrência de um grande incêndio nesse ano.

**1976** - A imagem de 19/07, conforme ilustrado na Figura 5.4, mostrou ocorrência de queimada de médio porte no sudoeste, exatamente em uma das regiões não atingidas pelo fogo no ano anterior. Até essa data não foram localizadas evidências de outras queimadas, embora o extremo norte do PNE não tenha constado nessa imagem. A imagem de 29/09, composição colorida, mostrou uma queimada na região do limite sul da reserva, também representada na Figura 5.4. Na imagem de 17/10, foi possível identificar duas pequenas queimadas: uma no nordeste e a outra no oeste da reserva. A área das queimadas somadas correspondeu a ~3% da área do Parque.

A imagem de 29/09 mostrou, no entanto, diferenças de coloração, embora sem muito contraste, na região central, noroeste e sudoeste, com maior contribuição do vermelho nestas do que nas outras áreas, indicando provável ocorrência de queimada depois de 19/07, conforme também ilustrado na Figura 5.4. A possibilidade dessa região ter sido, de fato, queimada é reforçada pelas imagens de 17/10/76, banda 7, e do ano seguinte, em 17/06/77. Na primeira, as marcas identificadas na imagem de 29/09 persistem e aparecem em tonalidades mais claras de cinza do que nas outras regiões do Parque, indicando a possibilidade de recobrimento do solo por vegetação em rebrota. Na segunda, igualmente, os mesmos contornos são perceptíveis. O baixo contraste entre as áreas possivelmente queimadas e aquelas não-queimadas pode estar relacionado ao fato de, no ano anterior, o PNE ter sido atingido por um grande incêndio. Assim, toda a região queimada em 1975 estaria recoberta por vegetação também em rebrota em 1976, diminuindo o contraste com aquela que teria queimado em ambos os anos. Nota-se também que a composição de bandas na imagem de 29/09 é 4(B), 5(G) e 6(R), quando em outras composições MSS utilizaram-se as bandas 4(B), 5(G) e 7(R). O emprego da banda 6 ao invés da 7, que estava com baixa qualidade para processamento, pode, também, ter minimizado o contraste que se esperaria no caso de ocorrência de queimada. Dessa forma, essa área foi incluída na classe "PQ" e totalizou ~440 km<sup>2</sup>, cerca de 33% da área do PNE, conforme Tabela 5.2. A confirmação da ocorrência dessa queimada, depois de 19/07

poderia ser feita mediante análise de imagem posterior a essa data e anterior a 17/10, porém não existe imagem disponível para esse período no INPE.

**1977** - Na imagem de 17/06 constatou-se uma marca de queimada recente no extremo oeste do Parque e indício de outra, pequena, junto ao limite leste. Na imagem de 10/08, uma grande queimada recente foi identificada, abrangendo toda a região central e atingindo os limites leste e oeste da reserva — ver Figura 5.5. A imagem de 21/10 mostrou uma queimada na região norte do Parque e evidenciou as cicatrizes das queimadas anteriores. O total de área queimada nesse ano, indicado na Figura 5.5 e Tabela 5.2, foi cerca de 800 km<sup>2</sup>, aproximadamente 61% da área do PNE.

**1978** - A única imagem disponível, 27/07/78, não evidenciou ocorrência de queimadas, embora o extremo norte do Parque não tenha conste nela, conforme Figura 5.6. Entretanto, o Sr. Antônio Malheiros informou-nos que no período 1961-1992, o maior incêndio que ocorreu no PNE foi exatamente em agosto desse ano (Anexo 2). Nessa ocasião, segundo ele, praticamente toda a extensão da reserva teria sido atingida pelo fogo. Também não foi possível identificar essa queimada na imagem de 02/79, pois seu resultado seria uma superfície inteiramente homogênea, em consequência da igualdade do estágio de regeneração da cobertura vegetal depois da passagem do fogo no ano anterior. Para efeito dos cálculos mostrados no gráfico da Figura 5.22, considerou-se, com respaldo nessa informação pessoal, que 100% do Parque queimou.

**1979** - Na imagem de 28/02 não foram identificadas queimadas recentes, embora o extremo norte tenha constado nela. A imagem de 02/05, no entanto, mostrou ocorrência de queimada ao norte e uma pequena queimada no oeste. Novamente, o extremo norte não foi incluído nessa imagem. Na imagem RBV de 04/07, na qual todo o Parque está imageado, não se observaram evidências de queimadas recentes. A imagem de 11/10, que também não inclui o extremo norte do Parque, mostrou ocorrência de queimadas, sendo a maior delas no noroeste da reserva, conforme Figura 5.7. O total de queimadas identificadas nesse ano, mostrado na Tabela 5.2, correspondeu a ~6% da área da reserva, aproximadamente 80 Km<sup>2</sup>.

**1980** - A imagem RBV de 05/05 mostrou uma queimada na região oeste do Parque que, no entanto, não atingiu sua fronteira. Uma queimada na região central e oeste da reserva, chegando ao limite sul foi evidenciada na imagem de 10/06. A imagem de 30/08, banda 7, mostrou uma queimada que se estendeu pelo extremo oeste em direção ao sudoeste até a região central, "contornando" a queimada identificada na imagem de 05/05. A soma de toda a área queimada, mostrada na Figura 5.8 e na Tabela 5.2, totalizou cerca 770 km<sup>2</sup>, aproximadamente 58% da área do PNE. Na imagem RBV de 14/10, não foram identificados sinais de novas queimadas e as marcas das anteriores praticamente estavam invisíveis. A imagem de 03/04/81 mostrou as marcas das queimadas de 1980, indicando também, que elas atingiram uma área ao sul do rio Formoso, no sudeste do Parque, classificada como "PQ" e assinalada na Figura 5.8.

**1981** - A imagem de 03/04 mostrou ocorrência de queimada ao norte do PNE. O extremo norte do Parque não constou nessa imagem. A imagem de 20/07 mostra outra queimada, recente, também ao norte da reserva. Um grande incêndio, recente, atingindo a região norte, noroeste e centro do Parque foi evidenciado na imagem de 25/08/81. Essa imagem mostrou também, uma queimada na região sudeste, ao sul do rio Formoso. A soma delas é mostrada na Figura 5.9, e área total de abrangência do fogo foi estimada em ~450 Km<sup>2</sup>, cerca de 34% da área do PNE, conforme Tabela 5.2. No entanto, certamente esse valor está subestimado, pois a queimada interpretada na imagem de 25/08 atingiu o limite desta que, por sua vez, não abrange o extremo norte da reserva. A imagem de 18/10 mostrou as marcas da queimada identificada na imagem anterior, indicando que uma faixa na região sudoeste do Parque e outra no centro-leste foram queimadas também. Essas porções foram classificadas como "PQ", conforme ilustrado na Figura 5.9. Como o extremo norte da reserva novamente não constou nessa imagem, também não foi possível estimar nessa região a extensão da queimada identificada na imagem de 25/08.

**1982** - Não há imagens disponíveis no INPE. No entanto, o Sr. José Carlos Bernardo, funcionário do PNE nessa época, registrou, em suas anotações pessoais, ocorrência de queimada provocada por fazendeiros que ainda criavam gado dentro da reserva (Anexo 2). Tais queimadas teriam se localizado na região do Córrego Buriti Torto, Cabeceirão e Jacubinha, mas não foram registradas suas datas de ocorrência nem

área de abrangência. O Sr. Antônio Malheiros da Cruz mencionou ocorrência de uma queimada na região ao sul do Rio Formoso, estimada em cerca de 15% da área do Parque.

**1983** - O Sr. José Carlos Bernardo observou, em suas anotações pessoais, que não ocorreram incêndios no PNE nesse ano (Anexo 2). Essa informação foi confirmada pelo Sr. Antônio Malheiros da Cruz. Recentemente, foram localizadas duas imagens MSS de 1983, sendo a primeira do início de maio e a segunda do final de setembro. A aquisição dessas imagens será providenciada em breve, através do INPE, e, possivelmente, permitirão suprir satisfatoriamente a falta de dados de 1983 e, talvez de 1982 também.

**1984** - As imagens de 04/09/84, mostraram queimadas recentes no sudoeste e sul do PNE, além de outra, no norte. Identificou-se também, uma pequena queimada recente no extremo oeste. A área total atingida pelo fogo foi estimada em 14% da área da reserva, cerca de 190 Km<sup>2</sup>, conforme Tabela 5.2 e Figura 5.10. Eventuais queimadas ocorridas após 04/09, ao norte do Rio Formoso, não puderam ser identificadas na imagem de 09/10/95, devido a um incêndio de grandes proporções nela registrada (Figura 5.11). Essa imagem mostrou também, marcas de queimadas anteriores, possivelmente ocorridas em 1982 ou 1983, porém não foi possível estabelecer seus limites nem estimar o ano de ocorrência. Como aproximação grosseira, talvez 20% do Parque tenha queimado em 1982 e 1983.

**1985** - A imagem de 09/10, evidenciou a ocorrência de uma grande queimada no Parque, poupando apenas a região ao sul do Rio Formoso, como mostrado na Figura 5.11. Estimou-se que ~78% de sua área, cerca de 1030 km<sup>2</sup>, foi atingida pelo fogo nesse ano. Segundo os Srs. Antônio Malheiros e José Carlos Bernardo, em 1985, de fato, o Parque foi atingido pelo fogo em cerca de 70% de sua área (Anexo 2) e sua origem foi externa à reserva. A imagem de 86, no entanto, indicou que queimadas de médio porte ocorreram ainda em 1985 no centro-sul do PNE, depois de 09/10, conforme Figura 5.11.

**1986** - Na imagem de 10/09 foi possível verificar ocorrência de queimada recente no sudoeste do Parque bem como outras pequenas queimadas isoladas no extremo oeste, no centro, no noroeste, no leste, no sul e sudeste, conforme Figura 5.12. A soma da área dessas queimadas foi estimada em cerca de 2% da área da reserva.

**1987** - A imagem de 15/10 mostrou ocorrência de várias queimadas no PNE neste ano. Por outro lado, nessa ocasião, funcionários do Parque fizeram observações *in locu*, bem como localização das queimadas em mapas (Anexo 2). Segundo eles, ocorreu uma queimada em 10/09, próxima à cabeceira do Córrego do Avoador. De fato, a região assinalada por esses servidores no mapa como área queimada (Anexo 2), também foi interpretada como queimada na imagem Landsat. Uma segunda queimada foi registrada por esses funcionários em 20/09, abrangendo o norte e o noroeste do Parque, entre os rios Jacuba, Cabeceira Alta, Cabeceira do Buriti Torto e o Córrego do Avoador. Essa queimada também foi identificada na imagem e é contígua àquela descrita anteriormente. Uma terceira queimada, registrada nos dias 08 e 09/10 entre as cabeceiras dos rios Água Ruim, Furna Grande e o Córrego Buriti Torto (Anexo 2), também encontrou correspondência na imagem. Houve registro de outra queimada em 12/10 no sul do PNE, na região da estrada da Lagoa das Capivaras, Rio dos Porcos, chegando ao limite sul do Parque, até o portão principal, segundo anotações dos funcionários e relatório do IBAMA (Anexos 1 e 2). Essa queimada também encontrou correspondência na imagem, embora não como a área contínua assinalada no mapa pelos funcionários, e sim como duas áreas separadas por uma faixa não atingida pelo fogo, conforme ilustrado na Figura 5.13. Pequena queimada foi registrada em 13/10, próxima à sede do Parque, mas, embora anterior à data da imagem, ela não foi confirmada e também não se verificaram indícios de sua ocorrência na imagem de 29/07/88. Nova queimada, pequena, foi registrada na noite de 25/10 nas mediações do Rio Cabeceira Alta. Essa ocorrência também não encontrou correspondência na imagem de imagem de 1987, pois a data dela é anterior a da queimada. Na imagem de 07/88 ela também não foi identificada, mesmo porque uma queimada maior teria se sobreposto a ela, ainda em 1987. Nova queimada foi registrada por funcionários do Parque entre os dias 31/10 e 01/11 nas mediações dos Córregos Cabeceirão e Cabeceira Alta. De fato, a imagem de 29/07/88, confirmou sua ocorrência. Outras duas queimadas foram observadas pelos funcionários no mesmo ano: a primeira ocorreu em 14/12 na região central do Parque e a segunda ocorreu entre os dias 21

e 23/12 no sudoeste, junto à cerca. Ambas foram identificadas nas imagens de 29/07/88.

A área total de queimada nesse ano foi estimada em 36% da área do PNE, cerca de 470 km<sup>2</sup>, conforme Tabela 5.2, e Figura 5.13.

**1988** - Nesse ano, também foram feitas observações *in locu* por servidores do Parque (Anexo 2). A primeira anotação de campo fez referência a uma queimada natural, controlada pela chuva, no dia 12/05 nas mediações do Rio Cabeceirão. Na imagem, de 29/07 identificou-se uma marca de queimada na região, porém de dimensões bem inferiores àquela indicada no mapa pelos funcionários do PNE. Na imagem de 29/07, verificou-se também uma queimada pequena, não registrada nas observações dos funcionários, entre o campo de pouso e o limite sul do Parque — ver Figura 5.14.

Uma grande queimada, de origem externa ao Parque, ocorreu entre os dias 29/07 e 02/08, atingindo toda a região central até os limites leste, sudoeste e oeste da reserva, conforme anotações em campo (Anexo 2). Essa queimada foi identificada na imagem de 30/08. Segundo o Sr. Antônio Malheiros, a região norte queimou posteriormente, em setembro. De fato, a imagem de 1989 confirmou essa informação. A área total queimada nesse ano foi estimada em cerca de 980 km<sup>2</sup>, ~74% da área do Parque, conforme apresentado na Tabela 5.2 e Figura 5.14. Shimabukuro et al. (1991) estimaram em cerca de 738 km<sup>2</sup> a extensão desse incêndio, mediante classificação da imagem digital TM de 30/08/88. A diferença de estimativas deve-se ao fato de, nesse último valor, não ter sido incluída a área queimada na região norte, já que ela teria ocorrido em setembro, posteriormente à data da imagem utilizada.

**1989** - Na imagem de 18/09, as marcas das queimadas do ano anterior foram reconhecidas, inclusive daquela que atingiu o norte do Parque. Os aceiros queimados foram identificados em praticamente toda extensão da reserva. Queimadas recentes ocorreram entre os rios Avoador e Buritizal — ver Figura 5.15. Constatou-se ocorrência de uma pequena queimada no centro, próxima à cabeceira do Córrego Buriti Torto, e outra entre os rios Furna Grande e Água Ruim. Evidenciou-se, também, uma pequena queimada no sudoeste, junto ao limite do PNE. Outra região, também no sudoeste, queimou, conforme interpretação da imagem de 89. Praticamente todas

as queimadas identificadas estão junto aos aceiros, indicando prováveis acidentes durante sua queima. O total queimado neste ano foi  $\sim 70 \text{ km}^2$ , cerca de 5% da área do Parque.

**1990** - A imagem de 07/10 mostrou as marcas da queimada de 88, bem como as de 89. Uma queimada ocorrida em 1990, no extremo sudeste do Parque, foi identificada nessa imagem e sua área estimada em cerca de 2% da área da reserva — ver Tabela 5.2 e Figura 5.16. Provavelmente, ocorreram outras queimadas após 07/10, como indica a imagem de 91 e mesmo a de 92. No entanto, a sobreposição de novas queimadas em 1991 e mesmo em 1992 dificultou suas identificações. Apesar disso, foi possível delimitar três áreas, na imagem de 1991, como prováveis queimadas ocorridas ainda em 1990.

**1991** - Segundo informações de funcionários do Parque, em setembro ocorreu um incêndio, originado fora da reserva, atingindo cerca de 80% da área do Parque (Anexo 2). A imagem de 10/10, evidenciou, de fato, sua ocorrência. O resultado da interpretação da imagem é mostrado na Figura 5.17. A avaliação de área indicou que pelo menos 76% da reserva foi atingida pelo fogo nesse ano, aproximadamente  $1020 \text{ Km}^2$  — ver Tabela 5.2. Se considermos a área encoberta por nuvens também como queimada, esse percentual passa para 78%.

**1992** - A imagem de 25/08 mostrou uma queimada recente abrangendo a região sudeste, ao sul do Rio Formoso, estendendo-se pelo centro e oeste do Parque e atingindo a região entre as os rios Avoador e Buritizal, conforme Figura 5.18. Segundo dados do IBAMA (Anexo 1) e do Sr. Luiz Alberto Fernandes (Anexo 2), esse incêndio, de origem externa ao PNE, ocorreu entre os dias 09 e 12 de agosto. A avaliação de área indicou que  $\sim 300 \text{ km}^2$ , cerca de 23% da área do PNE queimou nessa ocasião, conforme Tabela 5.2. Essa estimativa concorda com a de Hlavka et al. (1996) que avaliaram a área da mesma queimada em imagens digitais MSS, banda 4, por classificação automática, e é ligeiramente superior àquela obtida por França (1994) em interpretação de imagem TM de 1993.

**1993** - A imagem de 11/07 mostrou apenas duas pequenas queimadas na região leste do Parque, ambas ocasionadas por raios, segundo o Sr. Luiz Alberto Fernandes (Anexo 2). A imagem de 25/04/94, no entanto, permitiu identificar outras queimadas ocorridas provavelmente em 1993, principalmente no norte da reserva. A soma das áreas queimadas nesse ano indicou que ~8% do PNE foi atingido pelo fogo — ver Tabela 5.2 e Figura 5.19.

**1994** - A imagem de 02/10 mostrou que praticamente toda a extensão do PNE queimou nesse ano. Além das matas ciliares e das manchas de mata mesófila ao norte da reserva, apenas uma pequena área no centro-oeste, com cerca de ~3km<sup>2</sup>, não foi atingida pelo fogo. Sobre as matas, no entanto, não se pode afirmar que não tenham sido atingidas pelo fogo, já que o dossel não foi removido e, nessa situação, é impossível a identificação de eventuais queimadas. A ocorrência de algumas nuvens encobrindo parcialmente a região entre os córregos Cabeceirão e Buriti Torto, e avaliadas em cerca de 4% da área do Parque dificultou a interpretação integral dessa imagem — ver Figura 5.20. Avaliou-se que pelo menos ~93% da reserva foi queimada, cerca de 1240 km<sup>2</sup> conforme Tabela 5.2. Se considerarmos a área encoberta como queimada também, esse valor sobe para 97%. Segundo o Sr. Antônio Carlos Bernardes, o incêndio, originado fora da reserva, ocorreu em duas etapas: a primeira entre os dias 14 e 23 de agosto e a segunda entre 06 e 11 de setembro. Os dados do IBAMA (Anexo 1) informam que o fogo ocorreu entre os dias 12 e 18 de agosto, atingindo 100% da área do Parque.

**1995** - A imagem de 18 de agosto mostrou ocorrência de duas queimadas no noroeste do Parque, atingindo sua fronteira, conforme Figura 5.21. A superfície queimada foi avaliada em 6% da área do Parque — ver Tabela 5.2. Segundo o Sr. Ari Soares dos Santos, elas ocorreram nos dias 11 e 13 de agosto por acidente, durante a queima dos aceiros (Anexo 2). O extremo oeste do PNE não constou dessa imagem e, portanto, não foi avaliado.

**1996** - O pedido da imagem foi feito ao INPE em abril de 1997, mas até o presente momento, não foi recebido. Nesse ano, há vários registros de queimadas, mas suas localizações e avaliações de áreas só serão feitas futuramente, por ocasião do recebimento da imagem.



Segundo o pesquisador Mario Barroso Ramos Neto, em 23/08 ocorreu um incêndio no sudoeste do PNE, região da cabeceira do Rio Glória, originado fora da fronteira do Parque. Posteriormente, registraram-se cinco queimadas causadas por raios nos meses de setembro, outubro e dezembro.

#### 5.4 - Aproveitamento das imagens Landsat

O conjunto de imagens utilizado nesse trabalho foi suficiente para estimar com segurança a totalidade de áreas queimadas ocorridas em vários anos. No entanto, conforme assinalado anteriormente, em alguns anos específicos as imagens foram insuficientes para uma avaliação completa do total anual de queimadas e, em anos específicos, a ausência de imagens impossibilitou qualquer tipo de estimativa. A Tabela 5.3 informa se as imagens analisadas foram suficientes, insuficientes ou inexistentes para a finalidade deste trabalho.

**Tabela 5.3 - Aproveitamento das imagens Landsat**

Ano	Suficiente	Insuficiente	Inexistente
73		X	
74		X <sup>b</sup>	
75	X		
76		X	
77	X		
78			X
79	X <sup>a</sup>		
80	X <sup>a</sup>		
81	X <sup>a</sup>		
82			X
83			X
84		X	
85	X		
86	X		
87	X		
88	X		
89	X		
90		X	
91	X		
92	X		
93	X		
94	X		
95		X	

a=exceto para o extremo norte; b=a partir da imagem de 1975

## Identificação das queimadas no Parque Nacional das Emas, GO.



Fig. 5.1

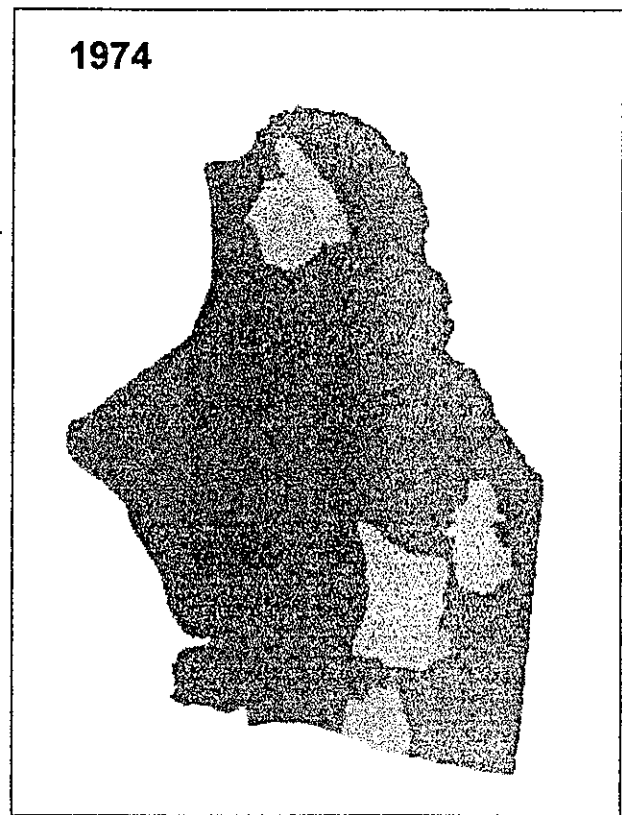








Fig. 5.2

### Áreas Identificadas:

-  Queimada
-  Provável queimada
-  Não queimada
-  Não classificada
-  Nuvem
-  Não imageada

## Identificação das queimadas no Parque Nacional das Emas, GO.

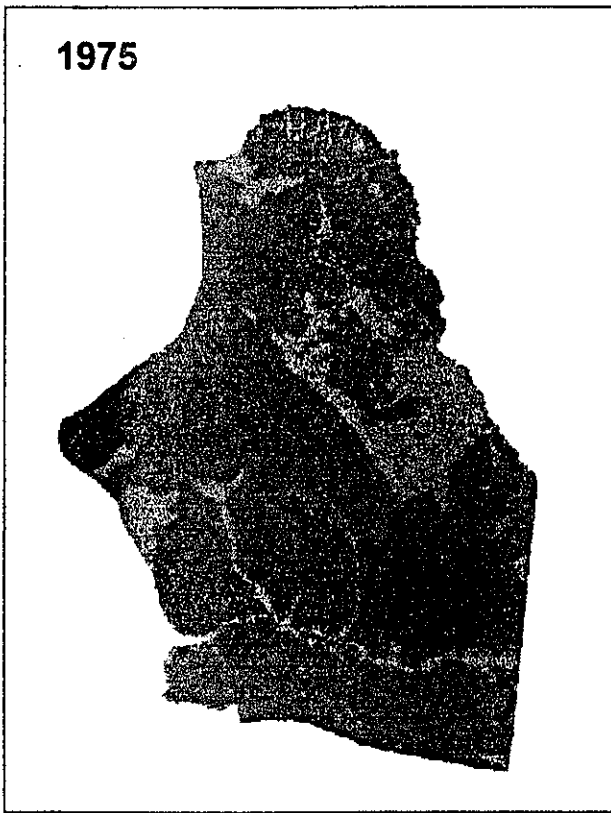


Fig. 5.3

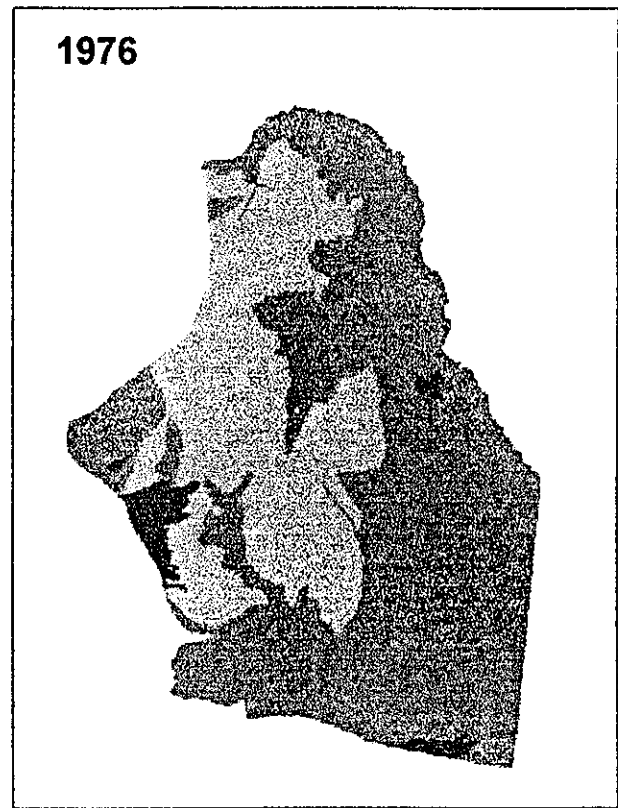








Fig. 5.4

### Áreas Identificadas:

-  Queimada
-  Provável queimada
-  Não queimada
-  Não classificada
-  Nuvem
-  Não imageada

### Identificação das queimadas no Parque Nacional das Emas, GO.

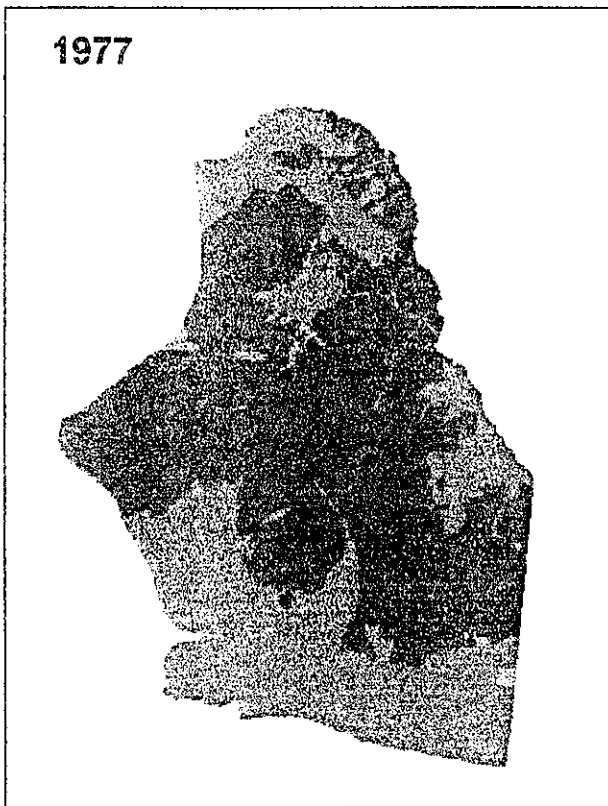


Fig. 5.5

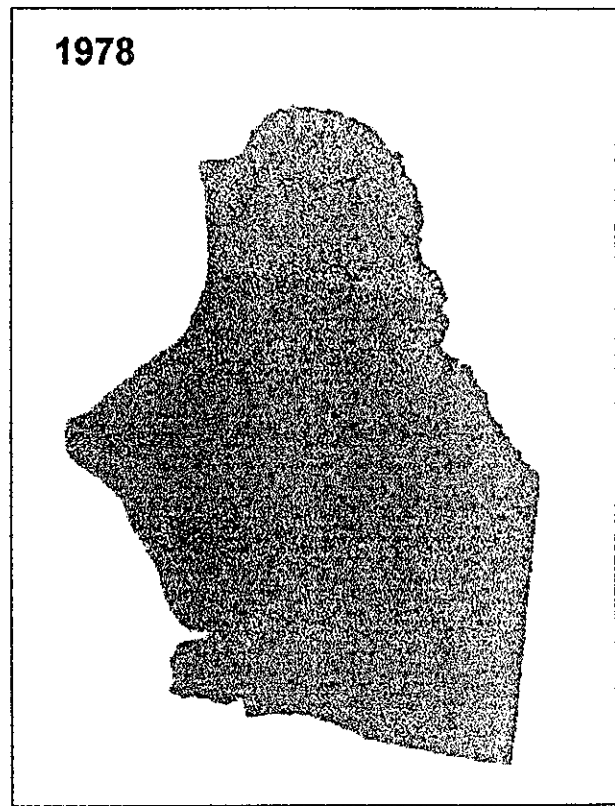








Fig. 5.6

#### Áreas Identificadas:

-  Queimada
-  Provável queimada
-  Não queimada
-  Não classificada
-  Nuvem
-  Não imageada

### Identificação das queimadas no Parque Nacional das Emas, GO.

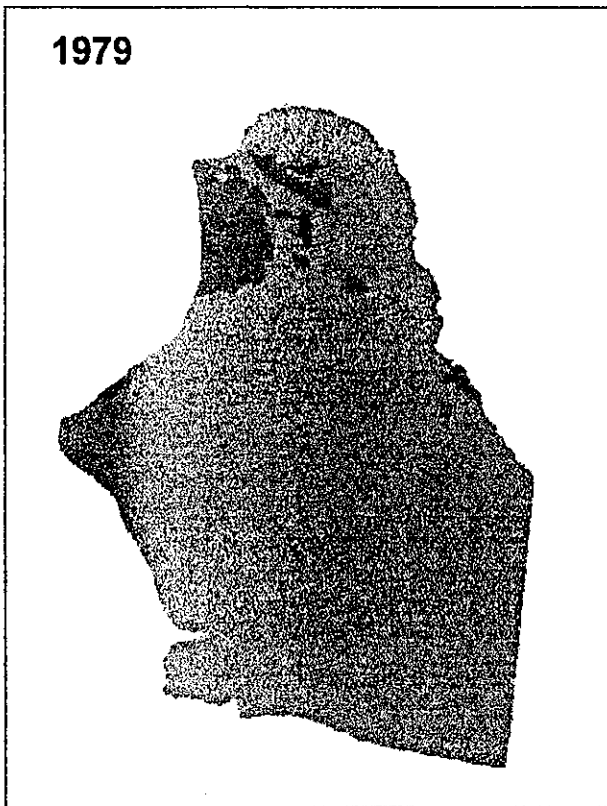








Fig. 5.7



Fig. 5.8

#### Áreas Identificadas:

-  Queimada
-  Provável queimada
-  Não queimada
-  Não classificada
-  Nuvem
-  Não imageada

## Identificação das queimadas no Parque Nacional das Emas, GO.

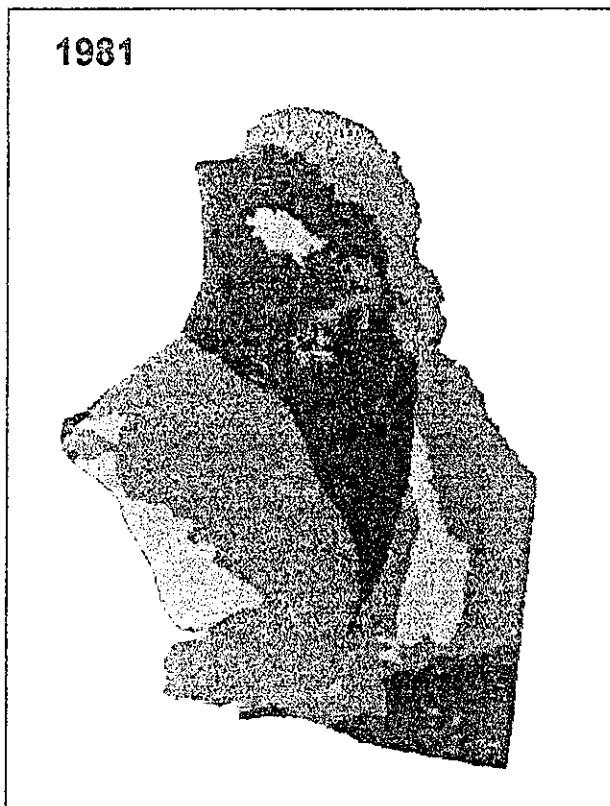








Fig. 5.9



Fig. 5.10

### Áreas Identificadas:

-  Queimada
-  Provável queimada
-  Não queimada
-  Não classificada
-  Nuvem
-  Não imageada

## Identificação das queimadas no Parque Nacional das Emas, GO.

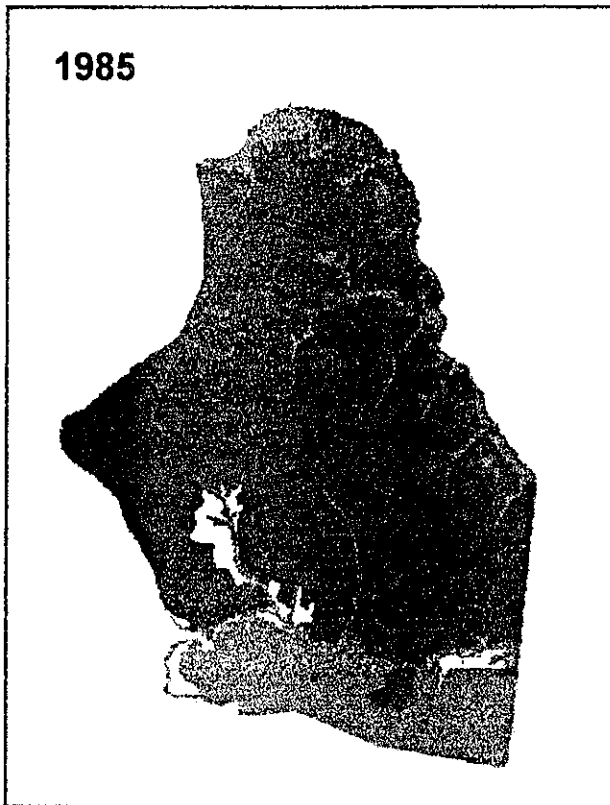


Fig. 5.11

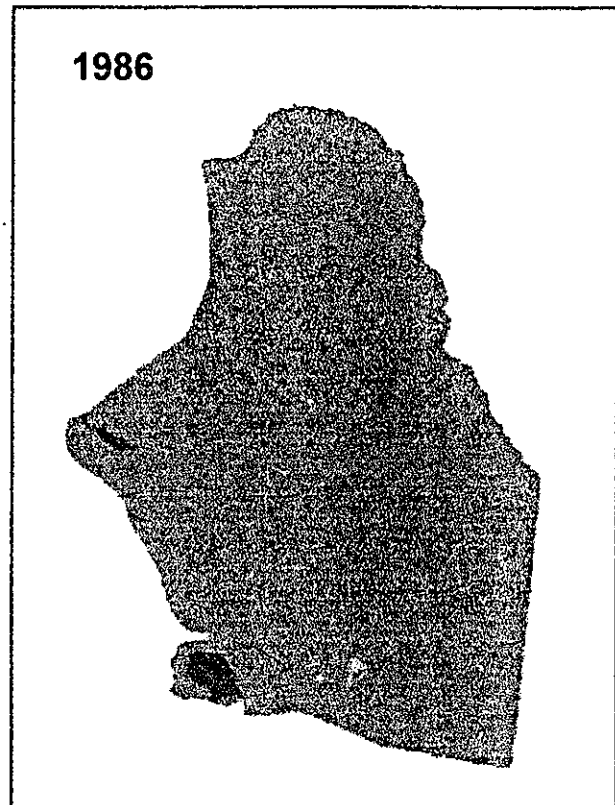








Fig. 5.12

### Áreas Identificadas:

-  Queimada
-  Provável queimada
-  Não queimada
-  Não classificada
-  Nuvem
-  Não irrigada

### Identificação das queimadas no Parque Nacional das Emas, GO.

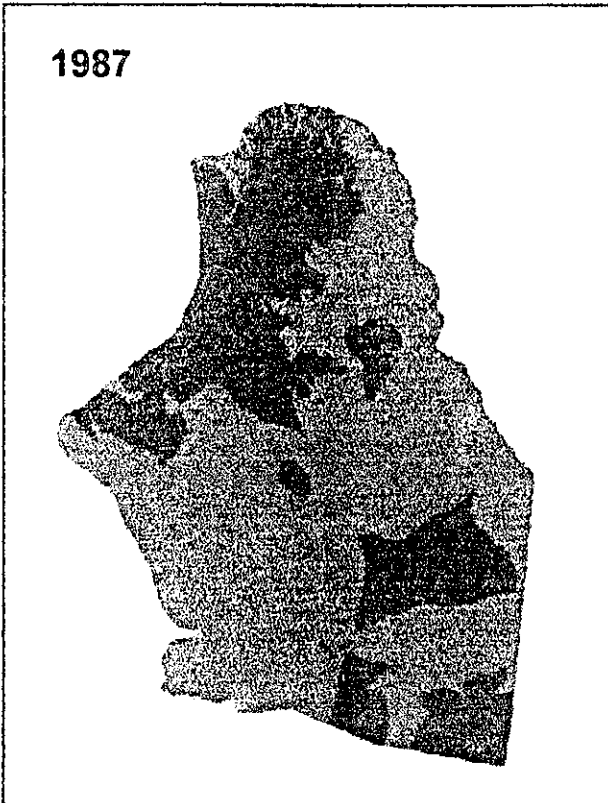








Fig. 5.13



Fig. 5.14

#### Áreas Identificadas:

-  Queimada
-  Provável queimada
-  Não queimada
-  Não classificada
-  Nuvem
-  Não imageada



### Identificação das queimadas no Parque Nacional das Emas, GO.

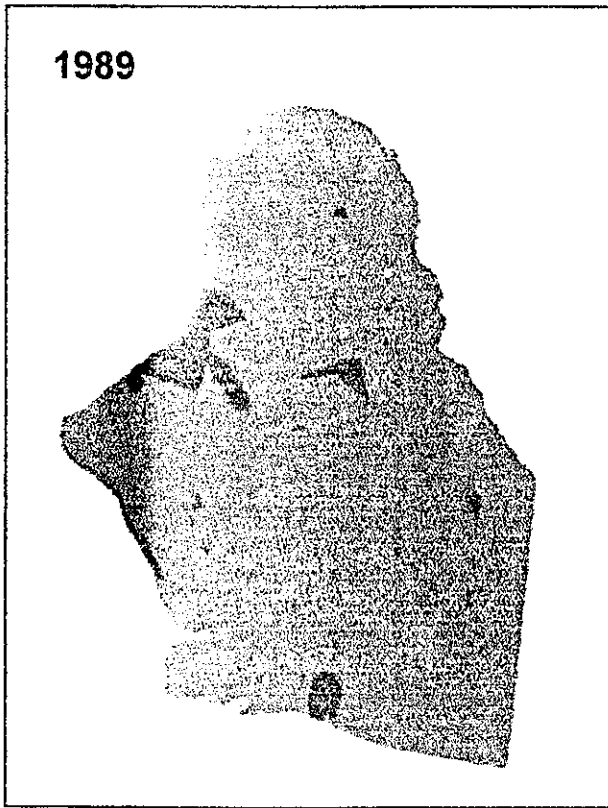


Fig. 5.15

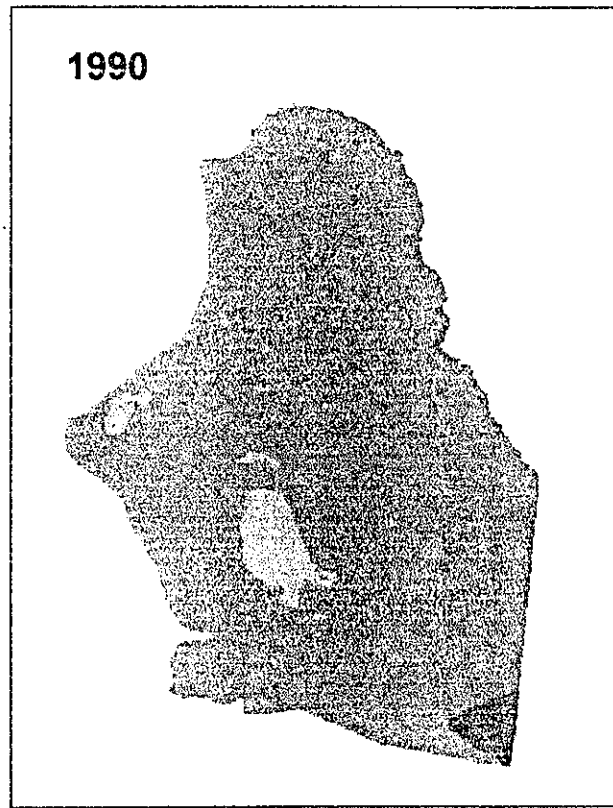








Fig. 5.16

#### Áreas Identificadas:

-  Queimada
-  Provável queimada
-  Não queimada
-  Não classificada
-  Nuvem
-  Não imageada

## Identificação das queimadas no Parque Nacional das Emas, GO.

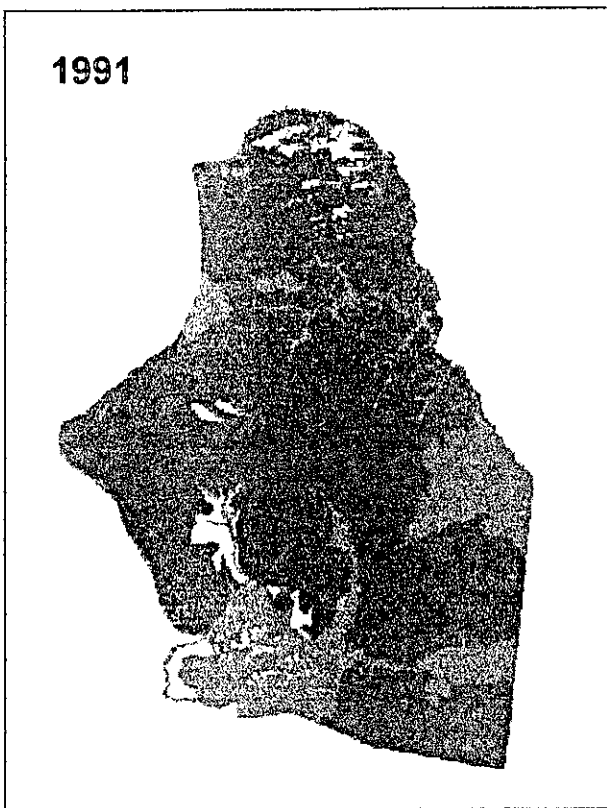


Fig. 5.17

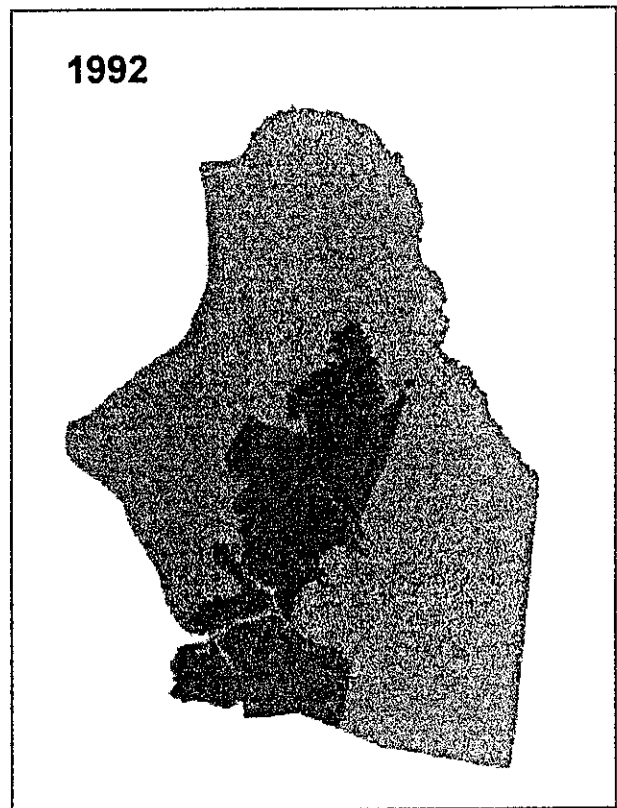








Fig. 5.18

### Áreas Identificadas:

-  Queimada
-  Provável queimada
-  Não queimada
-  Não classificada
-  Nuvem
-  Não imageada

### Identificação das queimadas no Parque Nacional das Emas, GO.

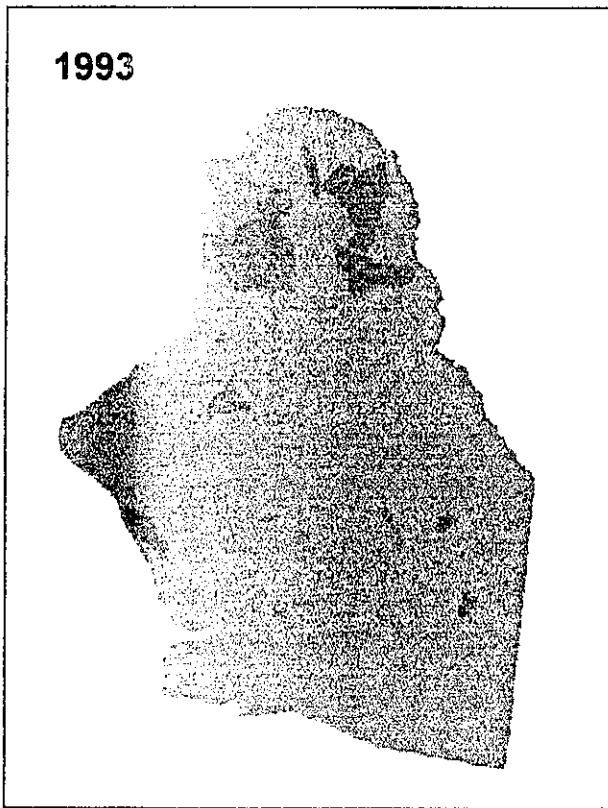








Fig. 5.19



Fig. 5.20

#### Áreas Identificadas:

-  Queimada
-  Provável queimada
-  Não queimada
-  Não classificada
-  Nuvem
-  Não imageada

## Identificação das queimadas no Parque Nacional das Emas, GO.

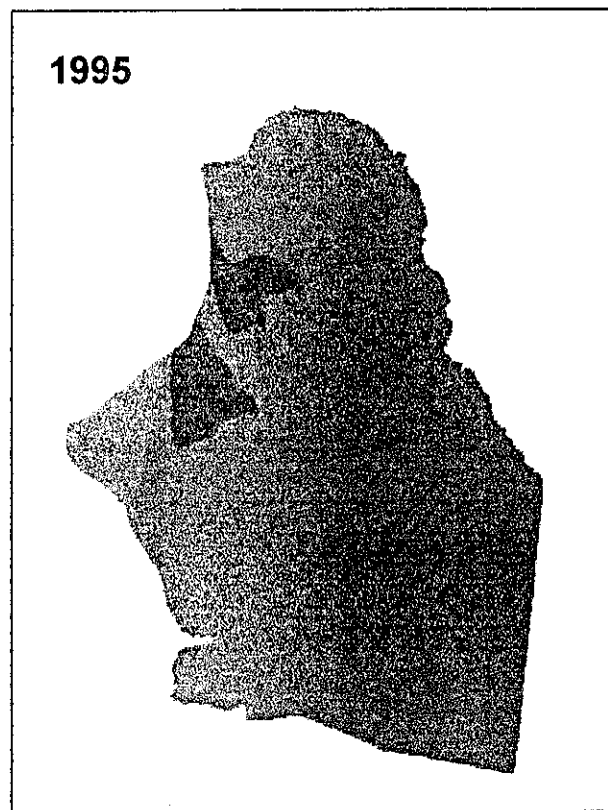








Fig. 5.21

### Áreas Identificadas:

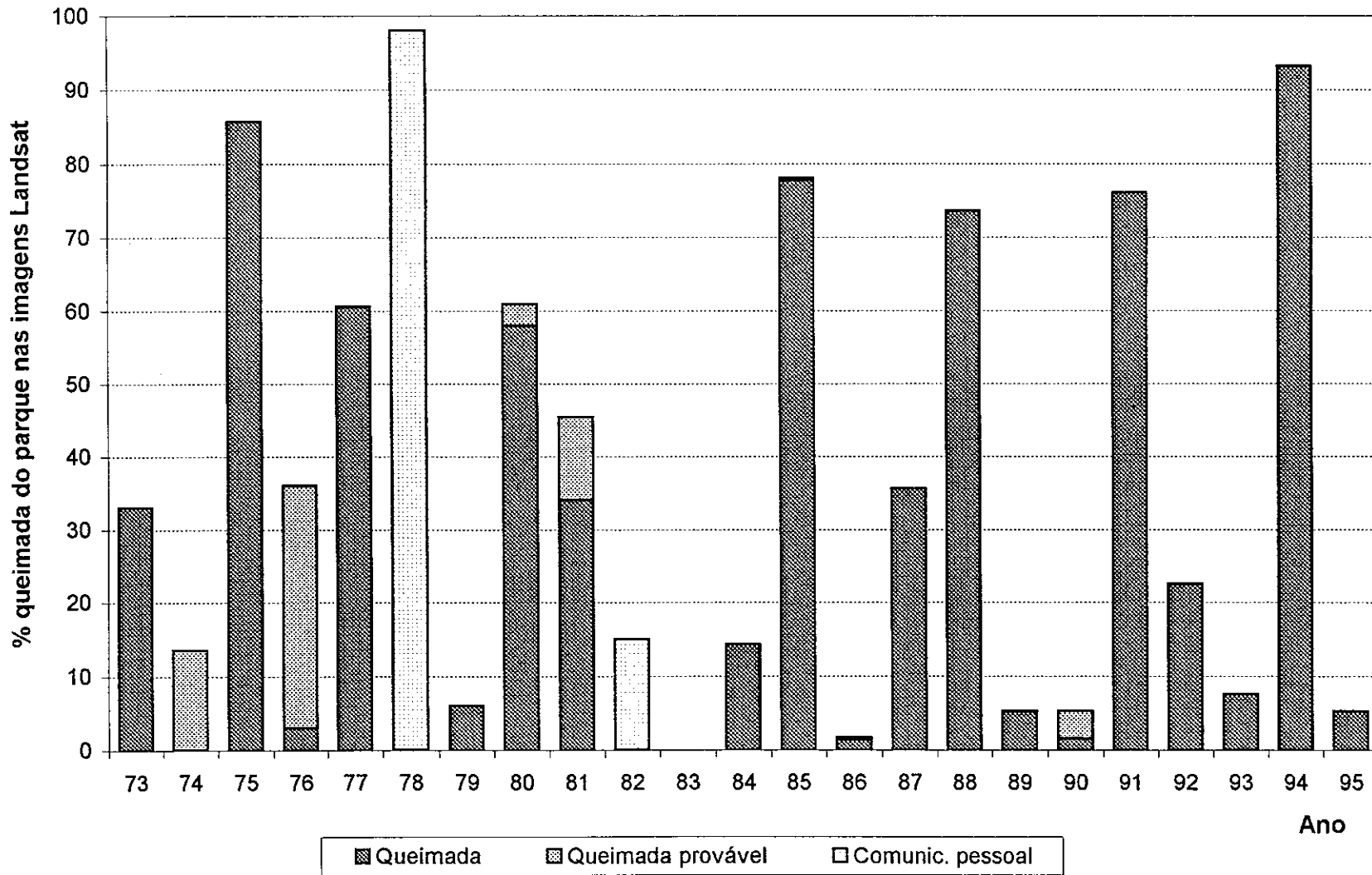
-  Queimada
-  Provável queimada
-  Não queimada
-  Não classificada
-  Nuvem
-  Não imageada

### 5.5 - Variação temporal da área queimada

A Figura 5.22 mostra a variação da área queimada do período 1973-1995. As barras indicam a porcentagem de área queimada e também daquela provavelmente queimada. Foram incluídas ainda, as estimativas relativas a 1978 e 1982, conforme informação colhida em entrevista — ver Anexo 2, embora não tenha sido possível obter imagem em data adequada para estimar suas áreas de abrangência. Nota-se que os seis grandes incêndios, totalizando cada um pelo menos 70% da área do Parque, ocorreram em intervalos regulares de três anos nos períodos 1975-1978 e 1985-1995, conforme Figura 5.22 e Tabela 5.2. Queimadas abrangendo entre 50 e 70% da área total do PNE ocorreram em 1977 e 1980, mas não ocorreram até 1984. Esse fato provavelmente está relacionado com a ocupação do Parque por fazendeiros criadores de gado até esse ano. Esses fazendeiros freqüentemente queimavam o capim para promover sua rebrota (Anexo 2). Ressalta-se que, conforme assinalado anteriormente, os dados de 1973 e 1974 podem estar subestimados, pois no primeiro caso, as informações foram obtidas de uma única imagem em meados de agosto e, no segundo, a interpretação foi feita em imagem de 1975, pois não foram obtidas imagens de 1974.

A partir de 1984, com a regularização da situação fundiária da reserva, a área queimada nunca atingiu 30% da área total do Parque no período entre os grandes incêndios. A única exceção foi no ano de 1987, quando a área queimada totalizou cerca de 36%, conforme Figura 5.22 e Tabela 5.2. Essas estimativas, entretanto, precisariam ser confirmados com a interpretação de outras imagens de datas imediatamente anteriores aos grandes incêndios de 1985 e 1991 para verificação de ocorrência de queimadas no período que se seguiu às datas das imagens analisadas de 1984 e 1990, respectivamente. A interpretação de imagens gravadas duas semanas antes do incêndio de 1988 e cinco meses antes daquele ocorrido em 1994 confirmaram que esse procedimento é recomendável. Em ambos os casos, foram identificadas e mapeadas outras queimadas ocorridas depois de 15/10/87 e 11/07/93, mas que foram "descaracterizadas" pelos grandes incêndios de 1988 e 1994, respectivamente.

Fig 5.22 - Área queimada no Parque Nacional das Emas, GO: 1973-1995



## 5.6 - Frequência de queimadas

A sobreposição da classe "queimada" de todos os PIs permitiu mapear e estimar a área em km<sup>2</sup> das regiões mais atingidas pelo fogo bem como aquelas menos atingidas, conforme Tabela 5.4 e Figuras 5.23 e 5.24. O número máximo de queimadas reincidentes em um mesmo local foi 13. Nota-se que, nessa classificação não foi incluída a queimada de agosto de 1978 que teria atingido praticamente todo o Parque (Anexo 2), pois não foi obtida imagem que registrasse esse evento. Também não foram incluídas nessas estimativas a classe "Prováveis Queimadas". Segundo as Figuras 5.23 e 5.24 e a Tabela 5.4, cerca de 960 km<sup>2</sup> ou ~73% da área total da reserva já foi queimada 6 a 9 vezes no período estudado. Por outro lado, a soma das áreas queimadas 1 a 5 vezes perfizeram 280 km<sup>2</sup>, ou 21% da área total, e a soma das áreas que queimaram dez ou mais vezes totalizou ~84 km<sup>2</sup>, cerca de 6% da área total do PNE. As áreas classificadas como "não-queimada" foram pequenas e corresponderam, em geral, ao curso dos rios. Essa estimativa, no entanto, está dentro da margem de erro implícita no método utilizado. As informações acerca do extremo norte do Parque estão incompletas no período anterior a 1981, já que de 1979 a 1981 essa região não constou nas imagens MSS. Também estão subestimadas as informações de outros anos, conforme Tabela 5.2, já apresentada.

O mapa da Figura 5.24, no qual as classes de frequência de queimadas foram reagrupadas duas a duas, evidenciou que as regiões mais atingidas pelo fogo no período 1973-95 foram o noroeste, o norte e a região central do PNE. Por outro lado, localizaram-se nas regiões sudoeste, nordeste e leste as áreas com menor reincidentência de queimadas.

Se considerarmos também o incêndio de 1978, e aquele ocorrido em 1982, não registrado em imagens, logicamente, a frequência de queimadas aumentará. A discussão que se segue, leva em conta a ocorrência do incêndio de 1978 que teria atingido praticamente toda a reserva, por consideramos a informação confiável, mas não leva em consideração o de 1982, de ~15% do Parque, pois não há, até o momento, dados seguros acerca de sua localização. Assim, como decorrência imediata, as colunas do gráfico da Figura 5.23 seriam deslocadas uma unidade para a direita, resultando na estimativa de que 73% da área do PNE já queimou pelo menos de 7 a 10 vezes (ao invés de 6 a 9), 21% queimou de 1 a 6 vezes e 7% queimou de 11 a 14 vezes.

Tabela 5.4 - Reincidência de queimadas no Parque Nacional das Emas, GO

Frequência de queimada	Área (km2)	Frequência de queimada	Área (km2)
Q1X	10	Q8X	300
Q2X	20	Q9X	140
Q3X	40	Q10X	50
Q4X	90	Q11X	20
Q5X	120	Q12X	10
Q6X	210	Q13X	4*
Q7X	310	Q14X	0

### 5.7 - Possíveis efeitos na ciclagem de nutrientes

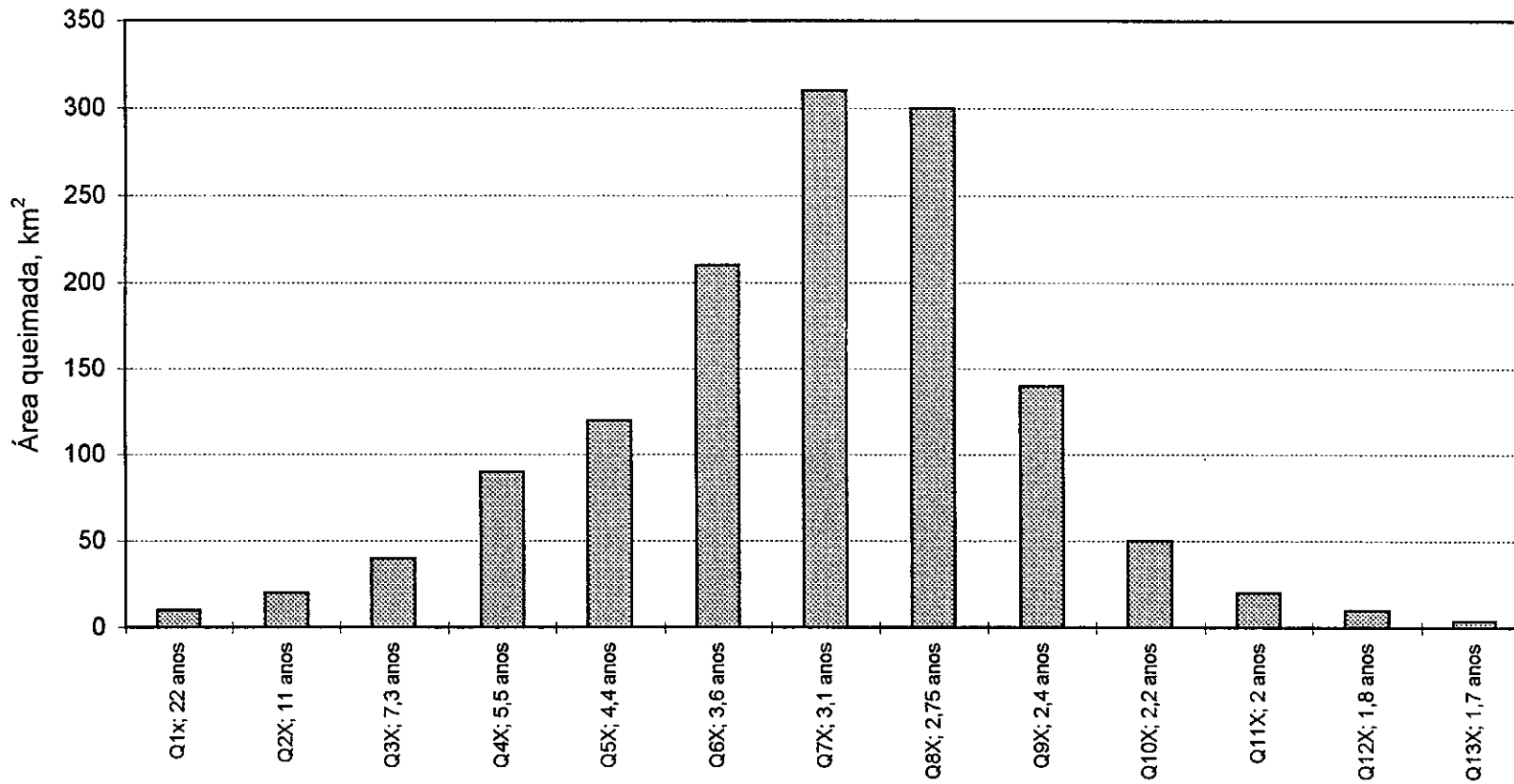
Pivello e Coutinho (1992), conforme comentado anteriormente, mediram a perda de macronutrientes da fitomassa para a atmosfera numa queimada experimental num campo cerrado em Pirassununga, SP. O tempo para que se completasse o retorno desses nutrientes ao solo pela água de chuva foi estimado em 3 anos. Assim, para que queimadas sucessivas não resultassem em balanço negativo de nutrientes naquela área, o intervalo entre elas não poderia ser menor do que três anos. Nesse experimento, no entanto, não foi avaliada a entrada de nutrientes por deposição seca. Naturalmente, esses resultados não podem ser transpostos diretamente para outro local, mas, como aparentemente não existem outros estudos publicados sobre ciclagem de nutrientes nos cerrados, a estimativa apresentada a seguir foi feita com base nos resultados de Pivello e Coutinho (1992). Para tanto, tomou-se o valor de três anos entre queimadas sucessivas como tempo mínimo para assegurar um balanço de nutrientes não negativo. Nesse caso, para o período de 22 anos em questão, reincidência de 8 ou mais queimadas apontariam para um possível balanço negativo de nutrientes. Assim, incluindo-se também a queimada de 1978, constatou-se que em cerca de 63% do PNE estaria havendo maior saída de nutrientes via atmosfera, em decorrência de queimadas, do que entrada via água de chuva — ver Figura 5.25. Ressalta-se, mais uma vez, que a estimativa de área queimadas obtidas nesse trabalho estão subestimadas, pois



sobre 1982 e 1983 e, para os anos de 1973, 1974, 1976, 1984, 1990 e 1995 elas não são conclusivas.

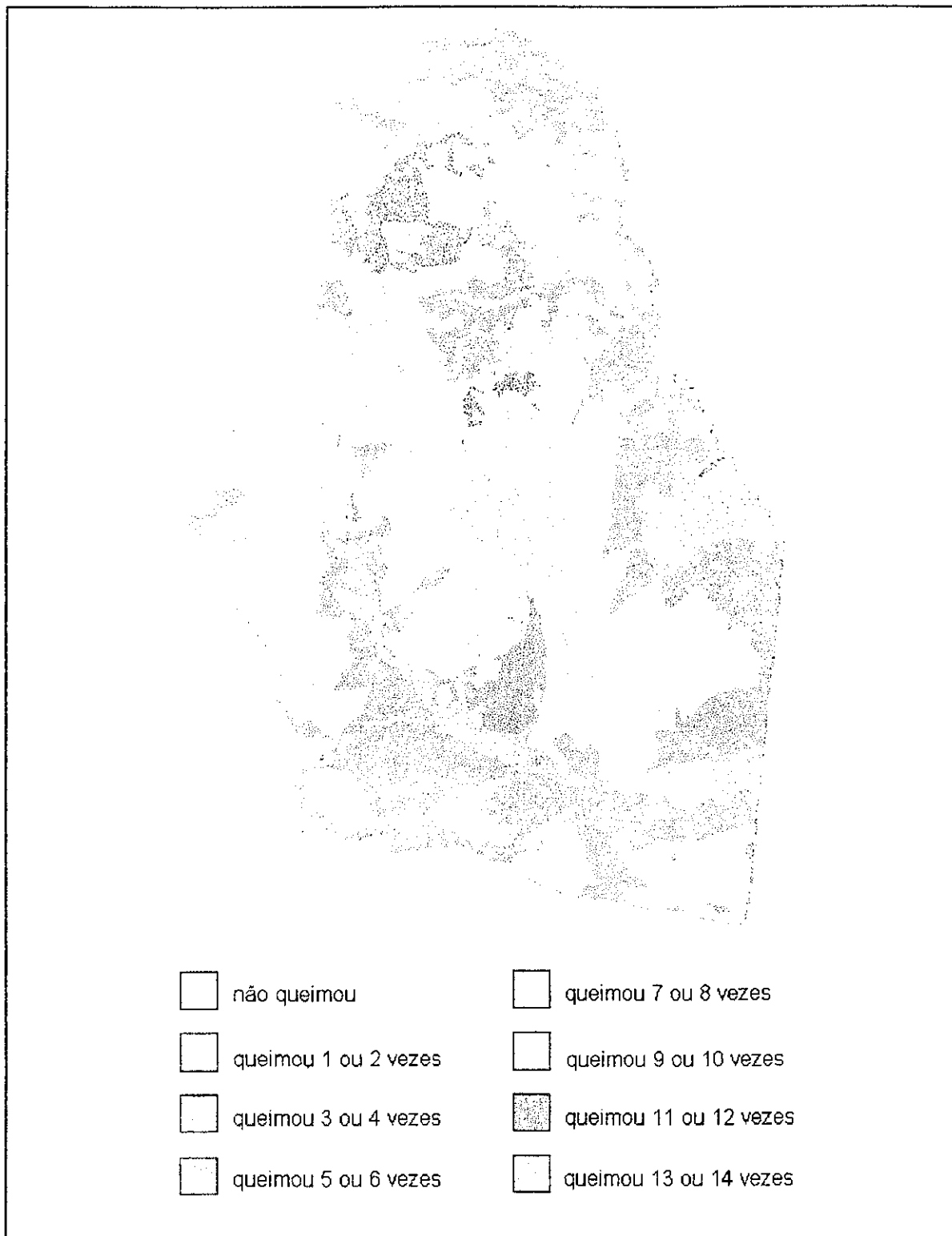
Em um experimento realizado em Brasília, DF, Castro e Kauffman (1996) estimaram a biomassa acima da superfície em  $5.542 \pm 322$ kg/ha no campo limpo e  $9.334 \pm 841$ kg/ha no campo sujo. Aquela correspondente às raízes foi  $16,317 \pm 2519$  kg/ha e  $30,083 \pm 4594$  kg/ha, respectivamente. Depois da queimada, verificou-se que 92% da biomassa epigéia foi consumida no campo limpo e 84% no campo sujo. Medidas de nutrientes antes e após a queimada mostraram que 95% do C estocado acima da superfície foi perdido para a atmosfera no campo limpo. Essa medida foi de 91% no campo sujo. Para o N essas medidas foram, respectivamente 90% e 75% para campo limpo e campo sujo. Para o S estimou-se a perda em 91%, em ambos. Essas perdas percentuais de nutrientes estocados acima da superfície nos campos limpo e sujo foram, em geral, maiores do que aquelas verificadas em formas mais densas de cerrado *sensu stricto*. Nessas, mediram-se perdas de 82% de C em cerrado aberto e cerrado denso; 35% e 56% de N e 80% e 94% de S, respectivamente. Tal fato foi atribuído à maior combustibilidade da vegetação de campo limpo e campo sujo do que no cerrado *sensu stricto*. Nota-se que no PNE predominam as formas campestres de cerrado que, portanto, teriam maior grau de combustibilidade e maior perda percentual de nutrientes da fitomassa epigéia para a atmosfera do que nas fisionomias mais densas de cerrado.

Fig. 5.23 - Reincidência de queimadas no Parque Nacional das Emas, GO, 1973-1995



Q1X, 22 anos = queimou 1 vez, média de 1 queimada a cada 22 anos;  
 Q2X, 11 anos = queimou 2 vezes, média de 1 queimada a cada 11 anos, etc.

**Fig. 5.24 - Frequência de queimadas no Parque Nacional das Emas, GO, 1973-1995**



Nota: não incluída a queimada de 1978 que teria atingido todo o Parque, nem as "prováveis queimadas" ocorridas em anos diversos.

**Fig. 5.25 - Possível Balanço de Nutrientes no Parque Nacional das Emas, GO**



## 5.8 - Periodicidade dos grandes incêndios

Os dados apresentados anteriormente confirmaram a ocorrência de grandes incêndios em períodos regulares de três anos, principalmente após 1985. As medidas pluviométricas mensais de Mineiros obtidas de 1985 a 1996 (Anexo 3) mostraram que no período de maio-setembro a precipitação média acumulada nesses cinco meses foi de ~183 mm — ver Tabela 5.5 e Figura 5.25. Nos meses de junho, julho e agosto ela nunca atingiu 100mm, e não raramente, registraram-se médias mensais nulas. De fato, a ocorrência de um grande incêndio em 1991 coincide com o ano de menor precipitação na estação seca no período 1985-1995. Outros incêndios de grande porte, verificados em 1985, 1988 e 1994, também ocorreram em anos bastante secos, com médias abaixo da média geral do período. Porém, esses dados não permitiram estabelecer uma relação direta entre precipitação e essas ocorrências, mesmo porque eles foram coletados em local distante ~70km do centro do PNE. Em outros anos, com precipitação abaixo da média no período, como 1987 e 1995, não se verificaram queimadas que superassem 36% da área do PNE. Provavelmente, os grandes incêndios estão relacionados antes com características de acúmulo de biomassa da vegetação do Parque do que com condições meteorológicas. Os resultados da pesquisa conduzida por Ramos-Neto e Machado (1996) indicaram que o capim-flecha (*Tristachya leiostachya*) é a espécie de maior importância no acúmulo de combustível e, possivelmente, a responsável pela periodicidade dos grandes incêndios no PNE. O capim-flecha é uma gramínea presente em grande densidade em cerca de 70% a 80% da área de cerrado do Parque e, a partir do segundo ano após a queima, apresenta um aumento substancial de biomassa. As medidas realizadas mostraram que, do primeiro para o segundo ano após uma queimada, a biomassa das folhas e hastes de capim-flecha aumentaram de 1,36 para 3,77 t/ha e de 0,01 para 2,05 t/ha, respectivamente. Por outro lado, em outras gramíneas esse aumento foi somente de 1,06 para 1,35 t/ha e nas não-graminóides a fitomassa diminuiu de 1,53 para 1,49 t/ha do primeiro para o segundo ano após a queimada.

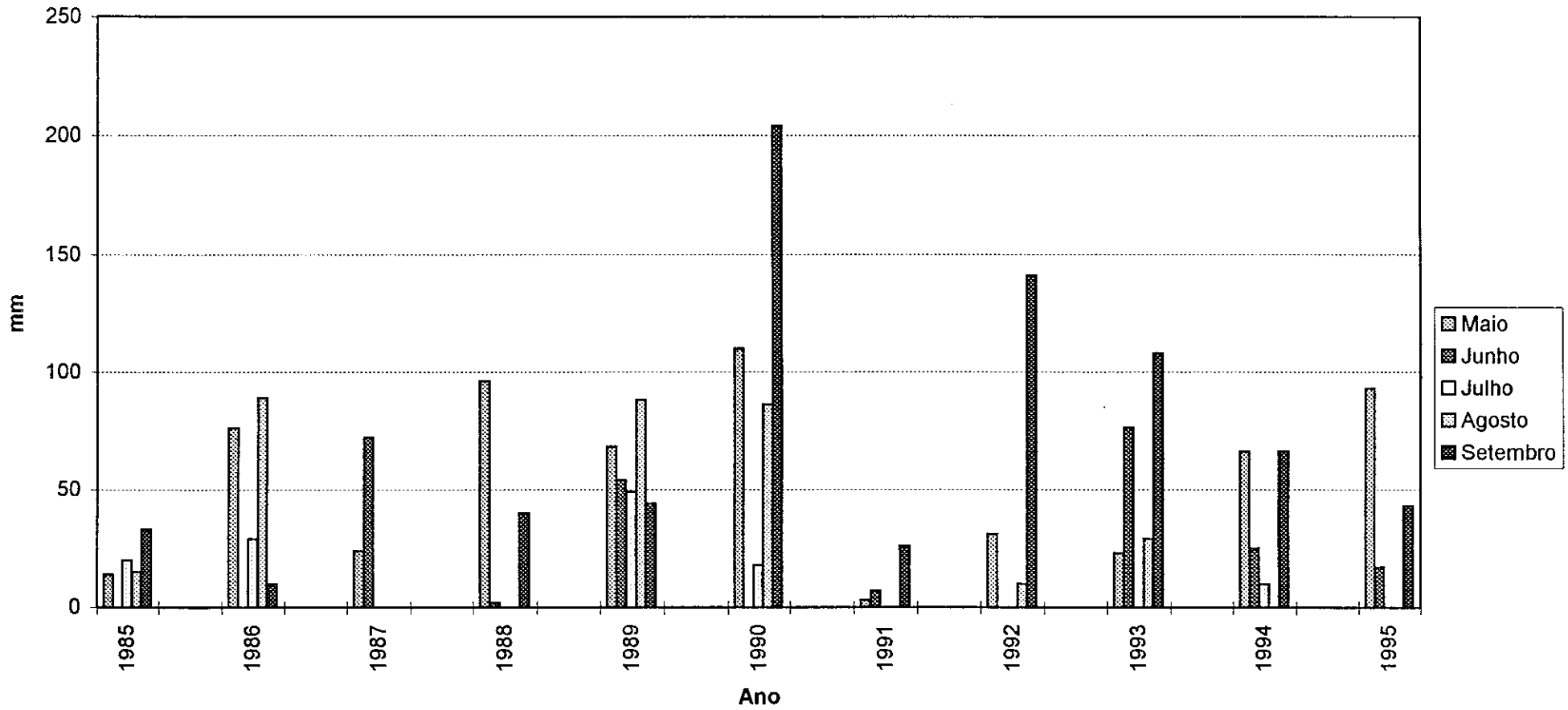
Tab. 5.5 - Precipitação na estação seca (mm) - Mineiros, GO

Mês	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Maio	14	76	24	96	68	110	3	31	23	66	93
Jun.	0	0	72	2	54	0	7	0	76	25	17
Jul.	20	29	0	0	49	18	0	0	0	10	0
Ago.	15	89	0	0	88	86	0	10	29	0	0
Set.	33	10	0	40	44	204	26	141	108	66	43
Total	82	204	96	138	303	418	36	182	236	167	153

### 5.9 - Origem dos incêndios

Conforme mencionado anteriormente, antes de 1984, grande parte das queimadas no interior da reserva era promovida por fazendeiros que ainda a ocupavam. Depois dessa data, conforme os relatos apresentados no Anexo 2, os grandes incêndios verificados em 1985, 1988, 1991 e 1995, bem como outras queimadas menores, em anos diversos, se originaram nas propriedades particulares vizinhas ao Parque. Essas ocorrências devem, portanto, ser consideradas também no âmbito das leis e regulamentos que regem os Parques Nacionais.

**Fig. 5.26 - Precipitação na estação seca, 1985-1995**  
**Mineiros, GO**



## 6 - CONCLUSÕES

A caracterização do regime de queimadas no PNE entre 1973-1995 com imagens Landsat, objetivo principal desse trabalho, foi alcançado. Da mesma forma, o objetivo secundário de gerar uma base de dados geo-referenciados com mapas e estimativas de áreas queimadas também foi atingido. Assim, pesquisas de ecologia do fogo e conservação em cerrados passam a contar com subsídios anteriormente inexistentes.

Em particular, os resultados desse trabalho mostraram que para o Parque Nacional das Emas:

- pelo menos 70% de sua área foi queimada a cada 3 anos entre 1973 -1995, inclusive após a implantação de aceiros "corta-fogo" em 1985;
- comumente 30% a 60% de sua área foi queimada entre os anos de grandes incêndios, até 1981, quando ainda havia pecuária no seu interior;
- após 1984, com o término da pecuária e a implantação de aceiros, a área queimada entre os anos de grandes incêndios raramente atingiu 20%;
- entre 1973-1995, 72% de sua área queimou no mínimo 7 a 10 vezes, 21% queimou 1 a 6 vezes e 7% 10 vezes ou mais.
- as queimadas originam-se em grande parte de propriedades vizinhas particulares.

Adicionalmente, o trabalho indicou que:

- a partir de dados de terceiros para ciclagem de nutrientes, mais da metade do Parque estaria com balanço negativo, devido a alta frequência de queimadas;
- imagens MSS e TM dos satélites Landsat permitem a identificação de queimadas durante um ano ou mais após sua data de ocorrência.

O PNE não corresponde às atribuições feitas pelo IBAMA no sentido que essa reserva sofreu poucas alterações antrópicas, sendo esse um dos principais motivos de sua importância (IBAMA, 1989; IBDF/INCAFO, 1979).

A metodologia empregada nesse trabalho permitiu o conhecimento do regime de queimadas no PNE. Assim, recomenda-se trabalhos semelhantes sejam feitos para outros Parques e Unidades de Conservação nos cerrados.



## 7 - RECOMENDAÇÕES

### 7.1 - ESPECÍFICAS

- Este trabalho possibilitou o estudo do regime de queimadas no PNE utilizando imagens fotográficas Landsat até 1995. Recomenda-se sua continuidade em base anual através de duas imagens, do final das estações chuvosa e seca.
- Tentar a aquisição no exterior de imagens MSS não disponíveis no INPE no presente, para completar a atual série de imagens, conforme a prioridade: 1978 - final de agosto ou início de setembro; 1974 - final da estação seca; 1973 - final da estação seca; 1976 - entre 19 de julho e 17 de outubro. Da mesma forma, adquirir as seguintes imagens TM disponíveis no INPE: início de 1984; imediatamente anterior a agosto de 1985; imediatamente anterior a setembro de 1991. Adquirir também, imagens MSS 241/72 para suprir informações do extremo norte do INPE dos seguintes anos: 1973, 1979, 1980, 1981.
- Investigar a possibilidade do processamento automático de imagens digitais na identificação de queimadas até um ano depois de sua ocorrência.

### 7.2 - GERAIS

Diante dos resultados obtidos nesse trabalho ficou evidente que a ocorrência de queimadas no PNE é um evento de alta incidência nessa reserva e que certamente tem conseqüências que, se não levadas em consideração, poderão comprometer ou mesmo já ter comprometido a manutenção do patrimônio biológico dessa importante unidade de conservação. O atual sistema de manejo do fogo, baseado em aceiros "corta-fogo", precisa ser imediatamente revisto, pois está claro que essa técnica tem sido ineficiente tanto para impedir a entrada do fogo na reserva como para evitar sua propagação dentro dela. É desconhecida a freqüência natural de ocorrência de fogo no cerrado, mas certamente é muito inferior àquela documentada neste trabalho. O manejo do fogo, visando a conservação do Parque, é uma necessidade e não pode continuar sendo feito sem fundamento em estudos científicos e monitoramento constante. Só após estudo e monitoramento, a conduta adotada poderá ser avaliada e modificada com vistas aos objetivos conservacionistas do Parque.

O aprofundamento da pesquisa iniciada por Ramos-Neto e Machado (1996) para verificar o papel do capim-flecha na ocorrência, abrangência e frequência dos grandes incêndios, é fundamental para a elaboração de um plano de manejo do fogo visando a manutenção e mesmo a recuperação do patrimônio biológico do PNE. Se, de fato, como indicaram os resultados iniciais dessa pesquisa, o capim-flecha é o responsável pela intensidade e extensão dos grandes incêndios que aí se verificaram regularmente a cada três anos, um futuro plano de manejo do fogo deve levar em conta a ocorrência, densidade, distribuição e ciclo fenológico dessa espécie. Ao mesmo tempo, deve-se investigar, conforme sugerido nessa referência, se a presença dessa gramínea no Parque, tal qual ela se apresenta atualmente, cobrindo cerca de 70% a 80% da área de cerrado do PNE, corresponde a uma condição dita "natural" ou se, ao contrário, ela decorre de intervenções antrópicas pretéritas, principalmente da incidência do fogo. Talvez o capim-flecha esteja sendo favorecido pela alta frequência de queimadas em detrimento de outras espécies, cujas densidades podem estar diminuindo. Se isso, de fato estiver ocorrendo, sem dúvida há implicações sérias e de conseqüências não mensuradas também para a fauna local. As respostas dessas questões são fundamentais para que se proponha um plano de manejo para o Parque visando, efetivamente, a manutenção e mesmo recuperação de sua diversidade.

Possivelmente, o manejo do fogo deve ser feito pela queima programada e controlada de parcelas do Parque em diferentes regimes de queimada e épocas do ano conforme as peculiaridades e histórico de fogo de cada região em seu interior. Dessa forma, seria minimizada a ocorrência periódica dos incêndios intensos e incontroláveis que atingem, de uma só vez, quase toda a extensão da reserva. Essa condição permitiria também, a realização de estudos dos efeitos de diferentes regimes de queimadas na vegetação, fauna, etc. No entanto, decisões como essa devem ser tomadas em conjunto com especialistas em diversas áreas de conhecimento científico implicadas na conservação do Parque.

Uma vez traçado um plano de manejo do fogo, é necessário o monitoramento constante da ocorrência de queimadas indesejáveis no Parque. Para tanto, dispõe-se no mercado, de sistemas eficientes e de baixo custo que poderiam informar, em tempo real, a ocorrência de focos de queimada nas propriedades limítrofes da reserva de forma que sua entrada no interior do Parque pudesse ser minimizada. As imagens AVHRR-NOAA permitem detecção e localização, em tempo real, de focos de fogo ativo em praticamente todo o território nacional. A instalação de um sistema

desse tipo permitiria a localização de queimadas no interior e nos arredores do Parque quatro vezes ao dia. O custo de uma pequena estação de recepção dos dados AVHRR-NOAA é, atualmente, em torno de U\$ 6.000 FOB. A título de exemplo, segue exemplo de imagem AVHRR-NOAA, banda 3, mostrando a ocorrência de focos de fogo no interior do Parque durante o dia 21 de setembro último — ver Figuras 7.1. Dispõe-se no mercado também, de sensores óticos que detectam focos de queimada num raio de ~10km. Esse sistema poderia suprir, portanto, a falta de informação entre as passagens do satélite NOAA, além de manter monitoramento mais acurado.

Também é necessária a realização de levantamentos de vegetação, solos, animais, topografia, bem como a aquisição regular de dados meteorológicos, hidrológicos e geoquímicos do Parque. Posteriormente, esses dados deverão ser integrados com aqueles de queimadas, permitindo avaliar mais amplamente os efeitos do fogo nessa reserva.

A origem do fogo nas ocorrências de grandes incêndios, foi sempre externa à reserva, como evidenciaram as imagens e os depoimentos dos funcionários do Parque. Deve-se, portanto, fazer cumprir as leis federais que proíbem o uso de fogo sem autorização, bem como punir os responsáveis nos casos de infração. Simultaneamente, deve-se implementar um programa de educação ambiental junto à comunidade do entorno para obter sua colaboração na preservação do Parque e, em particular, para evitar o uso indevido do fogo junto aos limites da reserva. Sugere-se ainda, estudos para implantação de uma zona tampão nos limites da reserva que tenha, entre outras funções a de impedir a entrada do fogo com mais eficiência que os atuais aceiros.

Fig 7.1 - Queimada de setembro de 1997 na Imagem AVHRR-NOAA

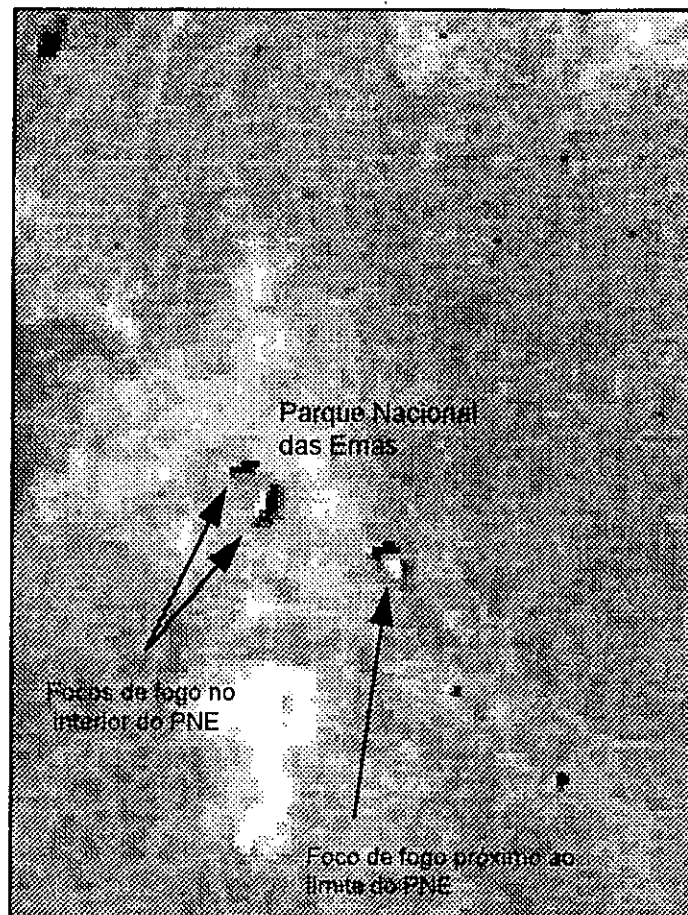


Imagem termal AVHRR/NOAA de 21/setembro de 1997, banda 3, mostrando ocorrência de queimada no interior e nas proximidades do Parque Nacional das Emas. Os pixels escuros indicam presença de fogo ativo.

## 8 - AGRADECIMENTOS

À FAPESP - Proc. 95/2674-9

Ao Sr. Antônio Malheiros da Cruz (IBAMA/ Parque Nacional das Emas); Celeste M. da Silva (Mineiros, GO); Sr. Ari Soares dos Santos (IBAMA/ Parque Nacional das Emas); Dr. Bernardo Rudorff (DSR/INPE, São José dos Campos); Dr. Carlos Alberto Felgueiras (INPE/DPI, São José dos Campos); Fundação Ecológica de Mineiros (Mineiros, GO); Sra. Íris M. Souza (INPE/LTID); Sr. Heber Reis Passos (INPE/DSR, São José dos Campos); Sr. José Augusto Mota (IBAMA/Goiânia); Sr. José Borges Escada Júnior (INPE/DGI, Cachoeira Paulista); Sr. José Carlos Bernardo (IBAMA/Parque Nacional das Emas); José Neto Soares Filho (Escola Técnica Federal de Goiás/Goiânia); Dr. Júlio Cesar Lima D'alge (DPI/INPE, São José dos Campos); Sr. Júlio Ricardo L. Aragão (INPE/LTID, São José dos Campos); Dr. Leopoldo Magno Coutinho (IB/USP, São Paulo); Sr. Luiz Alberto Fernandes (IBAMA); Sra. Maria Madalena G. Mello (INPE/ATUS/Cachoeira Paulista); Sra. Maria Aparecida T. da Silva (INPE/ATUS/Cachoeira Paulista); Sra. Marilene A. S. Moraes (INPE/DSR/ São José dos Campos); Mario Barroso Ramos Neto (IB/USP/São Paulo); Sr. Moacir Godoy (INPE/LTID, São José dos Campos); Mosteiro São José (Mineiros, GO); Prof. Paulo Roberto Martini (INPE/DSR); Dra. Thelma Krug (INPE/DSR); Sra. Valéria A.P. Esteves (INPE/LTID, São José dos Campo).

## 9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A.N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. In: Ferri, M.G., coord. **Simpósio sobre o cerrado, 3.**, São Paulo, Edgar Blücher/ Edusp, 1971, p. 1 - 14.
- Artaxo, P.; Fernandes, E.T.; Martins, J.V.; Yamasoe, M.A.; Longo, K.M.; Hobbs, P.; Maenhaut, W. Large scale elemental composition of atmospheric aerosols measured during SCAR-B. In: Kirchhoff, V.W.J.H. (ed.) **Scar-B Proceedings**. São José dos Campos, Transtec Editorial, 1996a. p.9-14.
- Artaxo, P.; Gerab, F.; Yamasoe, M.A.; Martins, J.V.; Longo, K.M.; Echalar, F. Long term measurements of aerosol composition at three monitoring sites in the Amazon basin. In: Kirchhoff, V.W.J.H. (ed.) **Scar-B Proceedings**. São José dos Campos, Transtec Editorial, 1996b. p.15-26.
- Brown, I.F.; Turq, B.; Alechandre, A. Teaching concepts of accuracy, precision, and opportunity cost in environmental sciences: arms, legs, and significant figures. **Ciência e Cultura**, 47(1/2):41-44. 1995
- Bruneau, M.; Toan, L.T. An interpretation of northern Thailand swiddening and multiple cropping systems using multirate Landsat images and computer compatible tapes. In: **International Symposium on Remote sensing of Environment, 12**. Ann Arbor, 20-26 April 1978. Ann Arbor, ERIM, V.3, p. 1833-89.
- Castro, E.A.; Kauffman, J.B. Total biomass, nutrient pools and response to fire in the Brazilian cerrado. In: Kirchhoff, V.W.J.H. (ed.) **Scar-B Proceedings**. São José dos Campos, Transtec Editorial, 1996a. p. 27-36.
- Chen, S.C.; Shimabukuro, Y.E.; Hernandez Filho, P. The mapping of burned area in forest by IMAGE-100 system. São José dos Campos, INPE, 1979. 9p. (INPE 1431-RPE/009).
- Chuvieco, E.; Congalton, R.G. Mapping and inventory of forest fires from digital processing of TM data. **Geocarto International**, 3(4):41-53, 1988.
- Coutinho, L.M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, 12(68):22-30.1990a
- Coutinho, L.M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: Goldammer, J.G., ed. **Fire in the tropical biota**. New York, Springer-Verlag, 1990b. Cap. 6, p. 82-105. (Ecological Studies, 84).
- Crutzen, P.J.; Andreae, M.O. Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. **Science**, 250:1669-1678. 1990.
- Deshler, W. An examination of the extent of fire in the grassland and savanna of Africa along the southern side of the Saara. In: **International Symposium on Remote sensing of Environment, 9**. Ann Arbor, 15-19 April 1974. Ann Arbor, ERIM, V.1, p. 22-30.
- Dias, B.F.S.; Miranda, H.S. Prefácio. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília, ECL/UnB, 1996. p: iii-iv.

- Dias, I.F.O.; Miranda, A.C.; Miranda, H.S. Efeitos de queimadas no microclima de solos de campos de cerrado-DF/Brasil. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília, ECL/UnB, 1996. p:11-19.
- Eiten, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, 38(2):201-341. 1972.
- Eiten, G. Vegetação do cerrado. In: Pinto, M.N.(org.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília, Ed. Univ. Brasília, 1990.Cap. 1, p. 9-66.
- Fidalgo, E.C.C. **Exatidão no processo de mapeamento temático da vegetação de uma área de mata Atlântica no Estado de São Paulo, a partir de imagens TM-Landsat**. (Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995. 167 p. (INPE-5944-TDI/570).
- França, H. **Um estudo fenológico com imagens AVHRR/NOAA nos cerrados do Parque Nacional das Emas, GO**. (Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994. 96 p. (INPE-6120-TDI/581).
- França, H. ; Setzer, A.W. Temporal spectral comparison of AVHRR response to areas burned and not burned in savanna. **Remote Sensing Reviews**. 1997 (submetido).
- Franco , A.C.; Souza, M.P.; Nardoto, G.B. Estabelecimento e crescimento de *Dalbergia miscolobium* Benth. em áreas de campo sujo e cerrado no D.F. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília, ECL/UnB, 1996, p.84-92.
- Freden, S.C.; Gordon Jr., Frederick. Landsat Satellites. In: Colwell, R.N. (ed). **Manual of remote sensing**. Falls Church. A.S.P, Vol 1, Cap. 12:517-570, 1983.
- Hlavka, C.A., Ambrosia, V.G., Brass, J.A. , Rezendez, A.R., Guild, L.S. Mapping fire scars in the Brazilian cerrado using AVHRR imagery. In: Levine, J.S (ed). **Biomass burning and global change**. London, MIT Press, 1996. Cap. 53, p. 555-560. V. 2.
- Hall, D.K.; Ormsby, J.P.; Johnson, L.;Brown, J. Landsat digital analysis of the initial recovery of burned tundra of Kokolik River, Alaska. **Remote Sensing of Environment**, 10(1): 263-272, 1980.
- Holben, B.N.; Eck, T.F.; Setzer, A.; Slutsker, I.; Pereira, A.; Markham, B.; Castle, J.V. Temporal and spatial variability of aerosol loading and properties during Amazon, North American temperate and boreal forest burning seasons. In: Levine, J.S (ed). **Biomass burning and global change**. London, MIT Press, 1996. Cap. 60, p. 618-636. V. 2.
- Hueter, G.F.; Goerke, H.W.; Berksan, N.A.; Liberti, A.; Ternisien, J. **Air quality for photochemical oxidants and related hydrocarbons**. Bruxelas, Committee on the challenges of modern society north Atlantic treaty organization, 1974.
- IBDF/INCAFO **Os Parques Nacionais do Brasil**. Madri, IBDF/INCAFO, 1979.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Unidades de conservação do Brasil**. Brasília, IBAMA, 1989.

- Jacobson, J.S.; Hill, A.C. (ed.). **Recognition of air pollution injury to vegetation: a pictorial atlas**. Pittsburgh, Air Pollution Control Association, 1970.
- Joly, G. **Les données-images**. Caen, Paradigme, 1988. 138 p.
- Kaufman, Y.J.; Setzer, A.; Justice, C.; Tucker, C.J.; Pereira, M.C.; Fung, I. Remote sensing of biomass burning in the tropics. In: Goldammer, J.G., ed. **Fire in the tropical biota**. New York, Springer-Verlag, 1990. Cap. 16, p. 371-399. (Ecological Studies, 84).
- Kaufman, Y.J.; Setzer, A.W.; Ward, D.; Tanre, D.; Holben, B.N.; Menzel, P.; Pereira, M.C.; Rasmussen, R. Biomass burning airborne and spaceborne experiment in the Amazonas (BASE-A). **Journal of Geophysical Research**, **97(D13)**:14.581-14.599. 1992.
- Kirchhoff, V.W.J.H.; Alves, J.R.; Motta, A.G.; Jacob, D.; Mauzerall, D.; McNamara, D.; Thompson, A.M. Ozonesonde observations in the cerrado troposphere during SCAR-B. In: Kirchhoff, V.W.J.H. (ed.) **Scar-B Proceedings**. São José dos Campos, Transtec Editorial, 1996. p.113-116.
- Kirchhoff, V.W.J.H.; Pavão, H.G. The biomass burning sequence of the Brazilian cerrado and observations of atmospheric ozone. In: Levine, J.S (ed). **Biomass burning and global change**. London, MIT Press, 1996. Cap. 58, p. 599-605. V. 2.
- Krupa, S.V.; Kickert, R.N. The greenhouse effect: impacts of ultraviolet-B (UV-B) radiation, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), and ozone (O<sub>3</sub>) on vegetation. **Environmental Pollution**, **61**:263-393. 1989 (Special Issue).
- Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília, ECL/UnB, 1996. 187 p.
- Moreira, A.G. Proteção contra o fogo e seu efeito na distribuição e composição de espécies de cinco fisionomias de cerrado. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília, ECL/UnB, 1996, p. 112-121.
- Neves, B.M.C.; Miranda, H.S. Efeitos do fogo no regime térmico do solo de um campo sujo de cerrado. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília, ECL/UnB, 1996, p. 20-30.
- Pereira, M.C.; Setzer, A.W. Spectral characteristics of fire scars in Landsat-5 TM images of Amazonia. **International Journal of Remote Sensing**, **14(11)**:2061-2078, 1993.
- Pivello, V.R.; Coutinho, L.M. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). **Journal of Tropical Ecology**, **8** (part 4):487-497. 1992.
- Ponzoni, F.J.; Lee, D.C.L.; Hernandez Filho, P. Avaliação da área queimada e da regeneração da vegetação afetada pelo fogo no Parque Nacional de Brasília através de dados do TM/Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1. **Anais**. Gramado, 10-15 Ago, 1986. **Anais**. São José dos Campos, INPE/SELPER/SBC, 1986, V. 1, p. 615-621.
- Pszenny, A.; Brausser, G. Tropospheric ozone: an emphasis of IGAC research. **IGBP Journal**, **30**:2-10. 1997.



- Ramos-Neto, M.B.; Machado, P.C. O capim flecha (*Tristachya leiostachya* Ness) e sua importância na dinâmica do fogo no Parque Nacional das Emas. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília, ECL/UnB, 1996, p.68-75.
- Redford, K.H. Parque das Emas. **Ciência Hoje**, 7(18):42-48. 1987.
- Rudorff, B.F.T. **Interactive effects of enhanced tropospheric ozone and carbon dioxide on wheat and corn**. (Doctoral Dissertation) - Univ. of Maryland, Maryland, 1993. 192 p.
- Santos, J.R.; Aoki, H. Monitoramento do Parque Nacional de Brasília, através de dados orbitais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1. São José dos Campos, 27-29 Nov. 1978. **Anais**. São José dos Campos, INPE/CNPq, 1981, V. 1, p. 118-134.
- Shimabukuro, Y.E.; Santos, J.R.; Lee, D.C.L.; Pereira, M.C. Dados sensoriados no monitoramento e avaliação de áreas queimadas: o caso do Parque Nacional das Emas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 26(10): 1589-98, 1991.
- Silva, G.T.; Sato, M.N.; Miranda, H.S. Mortalidade de plantas lenhosas em campo sujo de cerrado submetido a queimadas prescritas. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília, ECL/UnB, 1996, p.193-101.
- Silva, A.J.F.M. **Estudo da qualidade geométrica das imagens MSS-Landsat**. São José dos Campos, INPE, 1989. (INPE-4653-PRE/1360)
- Silva, A.J.F.M. **Avaliação da qualidade geométrica das imagens TM-Landsat**. São José dos Campos, INPE, 1986. (INPE 8118-PRE/113)
- Tanaka, S.; Kimura, H.; Suga, Y. Preparation of a 1:25000 Landsat map for assessment of burnt area on Etajima Island. **International Journal of Remote Sensing**, 4(1):17-31.
- Ward, D.E.; Susott, R.A.; Kauffman, J.B.; Babbitt, R.E.; Cummings, D.L.; Dias, B.; Holben, B.N.; Kaufman, Y.J.; Rasmussen, R.A.; Setzer, A.W. (1992). Smoke and fire characteristics for cerrado and deforestation burns in Brazil: BASE B experiment. **Journal of Geophysical Research**, 97 (14):601-619. 1992.
- Wightman, J.M. Detection, mapping and estimation of rate of spread of grass fires from southern African ERST-1 imagery. Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1. Maryland, 5-9 March 1973. **Proceedings**. Washington, NASA, 1973, V. 1, p. 593-601.

ANEXO 1

**Informações fornecidas pelo IBAMA acerca das ocorrências de queimadas no  
Parque Nacional das Emas, GO**

EVENTO	CAUSA	AGENTE CAUSAL	LOCAL DE INICIO	INICIO	TERMINO	AREA QUEIMADA
Incêndio	natural	***	Rio Formoso e Ribeirão dos Porcos	21/12/87	23/12/87	***
Incêndio	natural	***	Cabeceirão	***	***	***
Incêndio	natural	***	Cabeceirão e Cabeceira Alta	31/10/87	01/11/87	***
Incêndio	natural	***	Cabeceira Alta	25/10/87	26/10/87	***
Incêndio	natural	***	Sede do PNE	13/10/87	13/10/87	01 ha
Incêndio	natural	raio	Lagoa das Capivaras Ribeirão dos Porcos e Portão Principal	12/10/87	12/10/87	37 km de perímetro
Incêndio	natural	***	Água Ruim, Furna Grande e Buriti Torto	08/10/87	09/10/87	41 km de perímetro
Incêndio	natural	***	Rio Jacuba, Cabeceira Alta, Buriti Torto e Avoador	20/09/87	20/09/87	105 km de perímetro
Incêndio	natural	raio	Bandeira	14/09/91	15/09/91	***
Incêndio	natural	raio	Furna Grande	02/11/91	***	350 ha
Incêndio	natural	raio	Sul do Parque	14/09/91	15/09/91	14,000 ha
Incêndio	provocado	queima de pasto	Rio Jacuba orig. faz. Mombaça	31/08/91	09/09/91	112,087 ha
Incêndio	provocado	queima de pasto	Rio Formoso e Rio Jacuba	23/08/91	26/08/91	23,000 ha
Incêndio	natural	raio	Rio Formoso próximo a Sede PNE	26/02/91	27/02/91	110 ha
Incêndio	natural	raio	Furna do Peguí	19/02/91	19/02/91	100 ha
Incêndio	natural	raio	Cabeceira Alta	11/02/91	11/02/91	05 ha
Incêndio	natural	raio	Cabeceira Alta	09/01/92	10/01/92	***
Incêndio	natural	raio	Furna Grande	02/11/91	***	350 ha
Incêndio	provocado	queima de pasto	Água Ruim	24/08/91	26/08/91	23,800 ha
Incêndio	natural	raio	Rio Jacuba	09/01/92	10/01/92	2000 ha
Incêndio	natural	raio	Zona Intangível	22/02/92	23/02/92	3500 ha
Incêndio	provocado	queima de pasto	Z. Extensiva e Z. Intangível	09/08/92	12/08/92	40,000 ha
Incêndio	natural	raio	Z. Primitiva	16/10/92	16/10/92	04 ha
Incêndio	***	***	Ribeirão Glória	12/08/94	18/08/94	100% do PNE

\*\*\*: Não declarado no formulário de ocorrência de incêndios

Não possuímos os registros referentes aos anos de 1988, 1989, 1990, 1993.

Os registros de 1987, 1991, 1992 e 1994 estão incompletos. Não foram remetidos e/ou se encontram parcialmente preenchidos.

## ANEXO 2

**Compilação das informações obtidas em entrevistas**

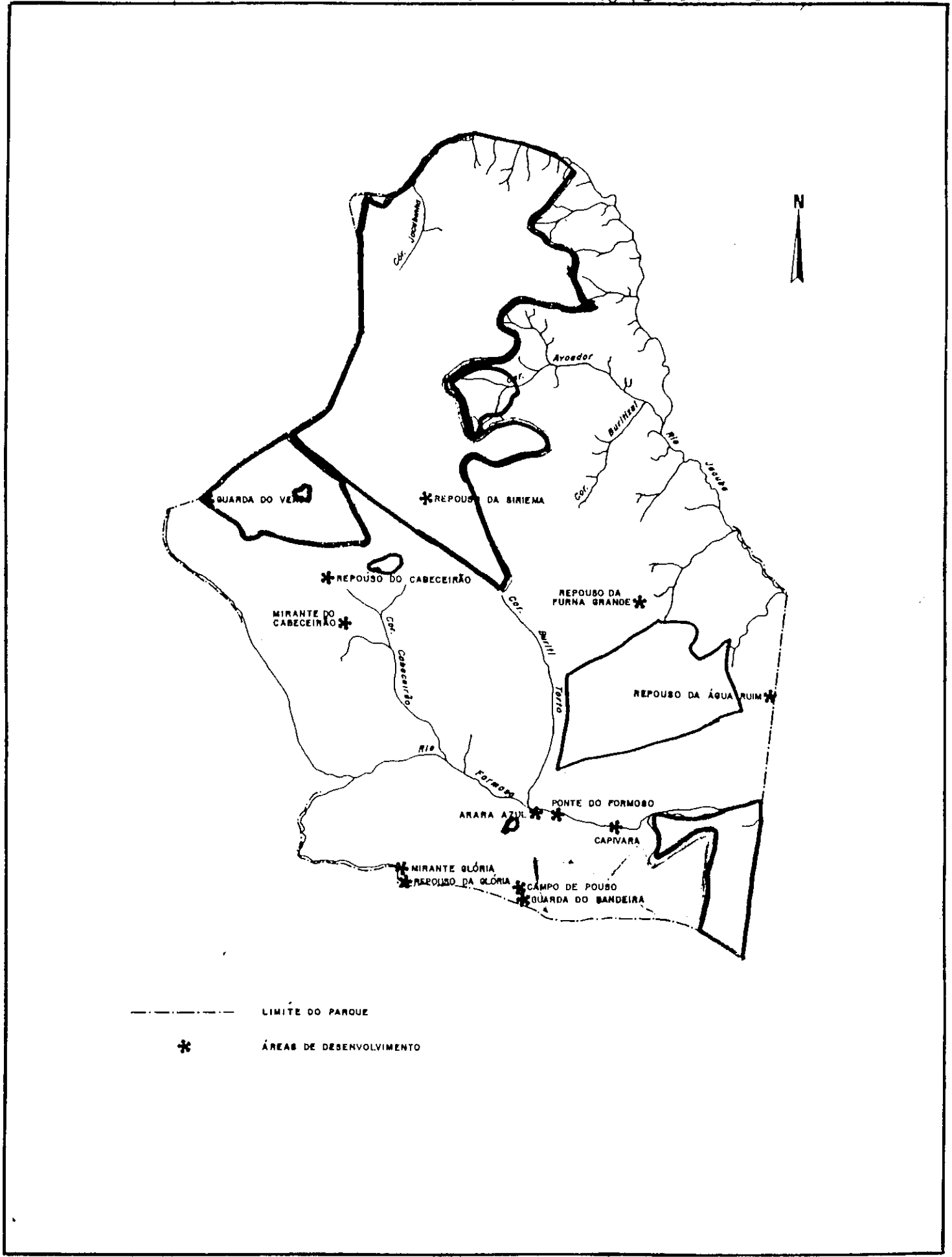
## 1 - Informações coletadas junto ao Sr. Antônio Malheiro da Cruz em novembro de 1995, Goiânia, GO.

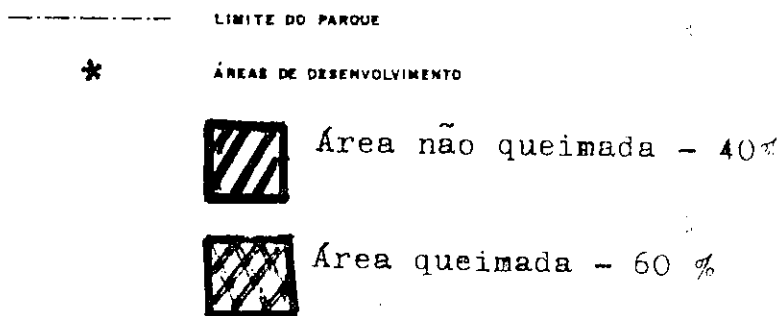
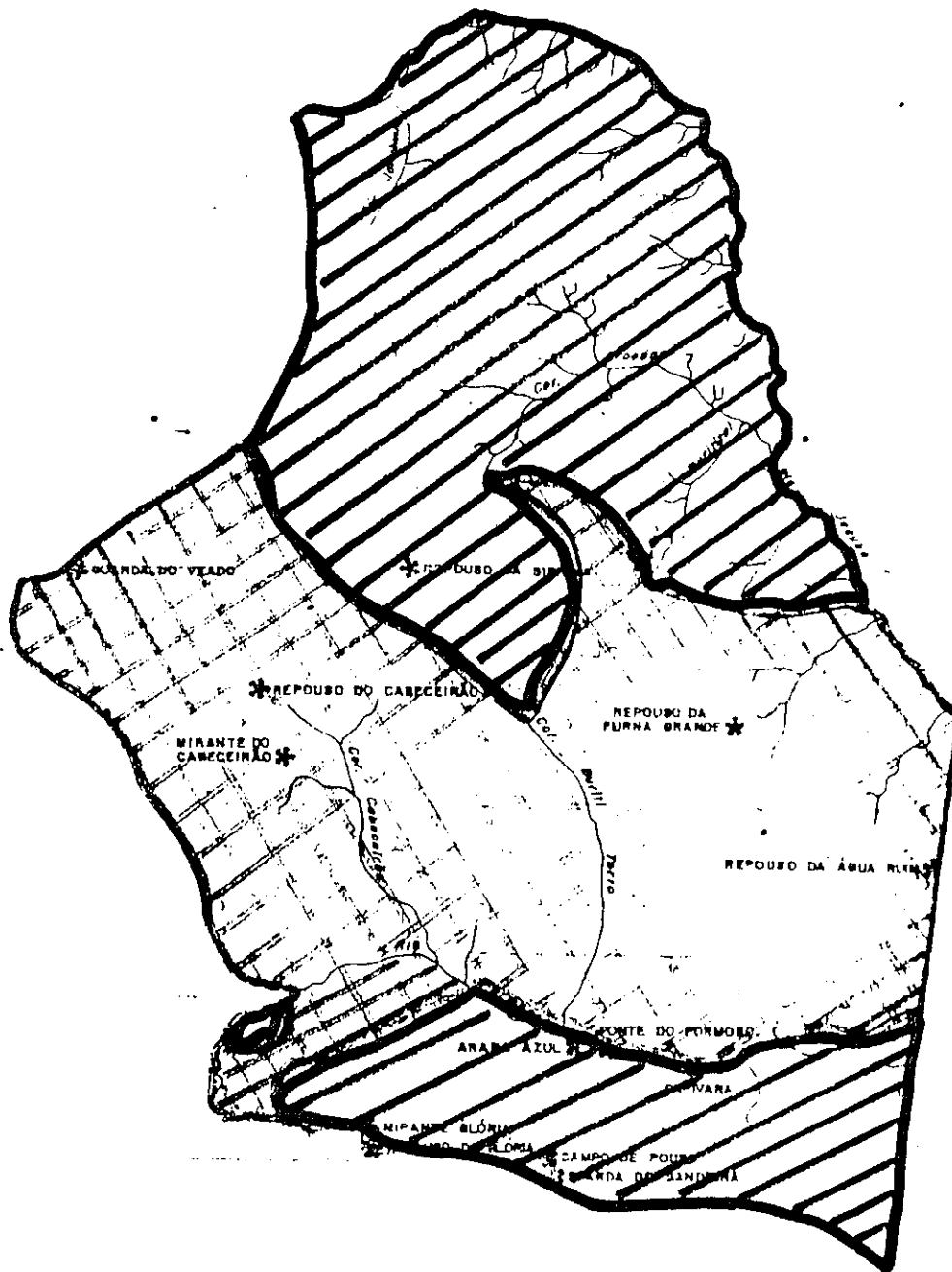
O Sr. Antônio Malheiros da Cruz foi funcionário do PNE desde 1961, assumindo chefia dessa reserva no período 1984-1992. Ele relatou-nos que até 1975, o gado de fazendeiros da região era mantido do interior do Parque, cuja situação fundiária ainda não estava regularizada. Até essa data, o fogo era manejado pelos fazendeiros que faziam queimadas controladas para promover a rebrota do capim. Além disso, devido ao pisoteio constante do gado, o estrato herbáceo não era muito desenvolvido, impedindo, portanto, o acúmulo de grande quantidade de biomassa. Somente em 1984 o gado foi definitivamente retirado do interior do Parque. Ele mencionou as seguintes ocorrências de grandes incêndios: no final de julho de 1975; agosto de 1978; agosto de 1981; agosto de 1985; julho/agosto de 1988; setembro de 1991.

O Sr. Malheiros ressaltou que a maior e mais intensa queimada presenciada por ele foi a de 1978, ocasião em que 98% do Parque teria sido atingido, durante os dias 19 e 20 de agosto, após ocorrência de geadas nos dias anteriores. A queimada de 1988 ocorreu, segundo ele, entre os dias 29/07 e 02/08, mas depois, em setembro, a região norte queimou também. Também foi mencionada ocorrência de queimada em 1982, ao sul do Rio Formoso, abrangendo cerca de 15% da área do Parque.

Foram também fornecidos pelo Sr. Malheiros mapas do PNE localizando as queimadas ocorridas em 1987 e 1988, conforme figuras apresentadas a seguir. Nesses anos foram feitos registros regulares da ocorrência de fogo naquela unidade, conforme verificado também nas "Fichas de Anotação de Observações de Campo", cujas cópias foram cedidas para utilização nesse trabalho — ver exemplo adiante.

# TOTAL DE ÁREAS QUEIMADAS EM 1987, NO PNE





# FICHA DE ANOTAÇÃO DE OBSERVAÇÕES DE CAMPO

Observação N.º: 001/87 Classificação: INCÊNDIO NATURAL

*Parque Nacional do Araripe*

Data: 10.09.87 Horário: 8:00hs, 11/09 Temperatura: 26ºe e 28ºe.

Local: Cabeceira do Corrégo do Avoador

Condições Climáticas: Céu limpo

Cobertura Vegetal: Campo limpo - Cerrado

Observação: O Incêndio foi controlado pelo os Servidores do PNE, juntamente com a máquina Moto Niveladora, do CRISA. Inclusive contando com o apoio dos estudantes e professor da USP-SP.

Não foi registrado nenhuma mortalidade de animal silvestre.

Área queimada aproximadamente 2.000 hectarie.

*Carlos Bert...*  
Ag. Def. Florestal  
Chefe do Núcleo de Vigilância  
Observador

Queimadas no PNE: H.França & A.Selver. Out/97



**2 - Informações coletadas junto ao Sr. José Carlos Bernardo em novembro de 1995, Parque Nacional das Emas, GO.**

O Sr. José Carlos Bernardo, é funcionário do Parque Nacional das Emas desde 1979 e foi chefe do Núcleo de Vigilância dessa unidade. Ele mantém anotações pessoais sobre ocorrência de queimadas, conforme transcrição abaixo:

**1979:** Não houve incêndio no Parque.

**1980:** Incêndio provocado por fazendeiros que criavam gado dentro da U.C.

Incêndio natural nas mediações da ponte sobre o rio Formoso.

**1981:** Incêndio provocado por fazendeiros que criavam gado dentro do Parque.

**1982:** Incêndio proposital pelos fazendeiros que criavam gado dentro da Reserva. C. do córrego Buriti Torto, Cabeceirão e Jacubinha.

**1983:** Não houve incêndio no Parque.

**1984:** Incêndio natural nas mediações da cabeceira do córrego do Avoador e nas proximidades do córrego Capão e córrego Capão dos Porcos. Maio.

Incêndio natural, ocorrido nas mediações do córrego da Glória e nas proximidades da sede do Parque.

**1985:** Ocorrência de incêndio na reserva, de fora para dentro. Incêndio que surgiu na Fazenda Cremona, mediações com o Parque. Maio.

**1986:** Incêndio natural nas mediações do córrego Água Ruim, cabeceira do córrego Buriti Torto, lagoa das Capivaras e no campo de pouso. Julho/86.

**1987:** Conforme Croquis anexos.

**1988:** Conforme Croquis anexos.

**1989:** Incêndios natural, referente aos meses de março, abril, maio e também fevereiro. Conforme croquis anexos.

**1990:** Incêndio natural ocorrido nas mediações do córrego Jacubinha e córrego do Buritizal. Junho.

**1991:** Incêndio que veio de fora para dentro da reserva, que surgiu na fazenda Refúgio, limítrofe direto com o Parque, local denominado Baús em setembro. Queimou 80% da área do Parque.

**1992:** Ocorrência de incêndios, do lado de fora para dentro da UC nos dias 02 e 03/06.

Incêndio natural, ocorrido nas mediações do caminho para o Água Ruim, a 12 Km da sede do Parque.

**1993:** Incêndio natural na região do córrego Jacubinha, Ribeirãozinho e mediações da cabeceira do córrego Buriti Torto.

**1994:** Ocorrência de incêndios, do lado de fora para dentro da UC nos dias 14 a 23 de agosto e 06 a 11 de setembro"

### **3 - Informações coletadas junto ao Sr. Luiz Alberto Fernandes em setembro de 1993, Parque Nacional das Emas, GO.**

O Sr. Luiz Alberto Fernandes foi chefe do Parque Nacional das Emas no período 1992-1994. Ele presenciou um incêndio de grande porte em agosto de 1992, de origem externa ao Parque, atingindo o sudoeste a e o centro da reserva. Ele também registrou ocorrência de outros dois pequenos incêndios ocasionados por raios, durante o primeiro semestre de 1993.

Além disso, as seguintes informações sobre o histórico de queimadas do Parque foram fornecidas por ele:

**1966** - Primeiro registro de grande incêndio, originado fora da reserva. Queimou 100% do Parque. Nessa ocasião, a área do PNE era menor, cerca de 80% da atual. Havia criação de gado dentro da unidade e no entorno.

**1975** - Incêndio originado fora da reserva. Não há dados precisos sobre sua extensão.

**1977** - Incêndio originado em "fazenda" no interior do PNE, atingindo 100% da reserva. Criava-se gado dentro do Parque.

1978 - Incêndio originado em fazenda no interior da reserva. Atingiu 70% da área do PNE.

1981 - Incêndio de grande porte, originado fora do Parque. Extensão não avaliada.

1985 - Incêndio originado fora do PNE. Atingiu 70% de sua área.

1987 - Registraram-se 9 focos de queimadas ocasionadas por raios.

1988 - Incêndio de origem externa. Atingiu 90% do PNE.

1990 - Registraram-se 11 incêndios ocasionados por raios.

1991 - Incêndio de originado fora do PNE. Atingiu 90% da área da reserva entre 24 e 27 de agosto.

1992 - Incêndio iniciado em 11 de agosto, fora da reserva. Queimou a região sudoeste e centro, abrangendo 30% da área do PNE.

#### **4 - Informações coletadas junto ao Sr. Ari Soares dos Santos em novembro de 1995, Parque Nacional das Emas, GO.**

O Sr. Ari Soares dos Santos é chefe do PNE desde 1995. Ele relatou a ocorrência de duas queimadas causadas acidentalmente nos dias 11 e 13 de agosto de 1995, no noroeste do Parque, durante a queima de aceiros.

ANEXO 3

Dados de precipitação mensal em Mineiros, GO

Precipitação mensal, mm, em Mineiros, GO

Mês	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Jan	438	323	244	358	394	167	170	206	177	211	136
Fev	161	205	114	259	305	185	301	124	248	185	265
Mar	97	193	167	312	249	164	303	245	249	402	249
Abr	87	101	52	158	146	114	141	218	96	52	67
Mai	14	76	24	96	68	110	3	31	23	66	93
Jun	0	0	72	2	54	0	7	0	76	25	17
Jul	20	29	0	0	49	18	0	0	0	10	0
Ago	15	89	0	0	88	86	0	10	29	0	0
Set	33	10	0	40	44	204	26	141	108	66	43
Out	107	125	189	78	203	164	83	234	98	128	201
Nov	94	232	276	139	151	184	110	337	132	201	297
Dez	145	307	302	203	257	169	95	209	369	177	216
Total	1211	1690	1440	1645	2008	1565	1239	1755	1605	1523	1584

FONTE: Medição de Chuvas 1985-1996 realizada pelos monges beneditinos do Mosteiro São José, Mineiros, GO.