

O comportamento espacial e temporal das queimadas no Brasil: um estudo nas regiões mais críticas no período de 2000 a 2010

The spatial and temporal behavior of burned in Brazil: a study in the most critical regions in the period 2000 to 2010

Weeberb João Réquia Júnior^{1(*)}
José Carlos Aravéchia Júnior²

Resumo

O estudo propõe verificar o comportamento das ocorrências dos focos de queimadas nos municípios de Cáceres (MT), São Feliz do Xingu (PA), Balsas (MA), Correntina (BA), Paracatu (MG), Corumbá (MS), Labrea (AM) e Rio Branco (AC) com a função de identificar as variáveis meteorológicas influenciadoras de focos e algum padrão na ocorrência destes. A partir desse artigo, demonstrou-se que as médias de focos dos municípios apresentaram resultados distintos, concluindo que a média de ocorrência de queimadas não é padronizada. Dentre as variáveis meteorológicas, o estudo apontou que a umidade relativa do ar é a variável que mais influenciou nos modelos estudados, apresentando o maior valor de coeficiente com relação às outras variáveis.

Palavras-chave: incêndios florestais; comportamento espacial; comportamento temporal.

Abstract

The study proposes to investigate the behavior of the occurrences of outbreaks of fires in the cities of Cáceres (MT), São Felix do Xingu (PA), Balsas (MA), Correntina (BA), Paracatu (MG), Corumbá (MS), Labrea (AM) and Rio Branco (AC) with the function to identify the most influential meteorological variables of outbreaks and any occurrence of pattern. This article demonstrated that the means of focuses showed different results, concluding that the average occurrence of fires is not standardized. Among the meteorological variables, the study found that the

1 MSc.; Engenheiro Ambiental; Doutorando em Geociências Aplicadas na Universidade de Brasília, UNB, Endereço: UNB, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Instituto de Geociências, Caixa Postal: 04465, CEP: 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil; E-mail: weeberb@gmail.com (*) Autor para correspondência.

2 MSc.; Engenheiro Ambiental; Servidor Público da Empresa de Infraestrutura Aeroportuária, INFRAERO; Endereço: Estrada do Aeroporto, Setor de Concessionárias, Lote 5, Edifício Sede, CEP: 71608-050, Brasília, Distrito Federal, Brasil; E-mail: josearavechia@gmail.com

Recebido para publicação em 30/08/12 e aceito em 01/04/13

relative humidity is the factor most influencing the cities studied, with the most weight in relation to other variables.

Key words: burned; behavior spatial; behavior temporal.

Introdução

De acordo com Freitas et al.(2005), queimada é um processo de queima de biomassa, que pode ocorrer por razões naturais ou por iniciativa humana. No entanto, a ocorrência de queimadas traz inúmeros impactos ambientais, como o empobrecimento do solo, a perda da biodiversidade de flora e fauna, além de causar prejuízos significativos às propriedades privadas e à sociedade como um todo (ANDRAE, 1991; ARTAXO et al., 2006; IGNOTTI et al., 2010; WILLIAMS et al., 2012;). Quanto aos efeitos à sociedade, destacam-se os agravos à saúde humana, pois geram partículas e gases na atmosfera, que quando respiradas colocam em risco de obtenção de doenças no sistema respiratório e circulatório (ARBEX et al., 2004; ROSA et al., 2008; CARMO et al., 2010)

Segundo Ribeiro e Soares (1998), as queimadas nem sempre têm sido atribuídas diretamente à ação humana. A ocorrência do fogo depende de alguns fatores que permitem o início da reação da combustão, e a sua continuação depende principalmente da energia potencial armazenada no material combustível.

Dentre as variáveis meteorológicas que mais contribuem para os focos de queimadas, destacam-se a temperatura, a precipitação, a umidade do ar e a direção dos ventos. Estados brasileiros que apresentam temperatura elevada na maior parte do ano e números baixos de precipitação e umidade do ar são aqueles mais vulneráveis aos focos de

incêndio (LONGO et al., 2007; ICHOKU et al., 2008). Por exemplo, no Distrito Federal, no período de estiagem cuja umidade permanece abaixo dos 40%, ocorre a maior quantidade de focos de incêndios florestais, em torno de 2.000 focos em um único mês (INPE, 2012).

Coutinho (1990) afirma que as queimadas ocorrem todos os anos durante a estação seca, com maior incidência ao final deste período. Nesta época, quando a vegetação está mais vulnerável ao fogo, fatores tais como o clima seco, o predomínio de gramíneas e outros materiais inflamáveis, expostos a uma fonte de ignição interagem, provocando a ocorrência de queimadas.

Em 2011, foram registrados 576.592 focos de queimadas no Brasil. Os estados que mais sofreram com o fenômeno foram: Mato Grosso com 89.523 focos, Pará com 67.758 focos e Maranhão com 59.491 focos (INPE, 2012).

Os registros de ocorrência de queimadas e a análise estatística destas são ferramentas essenciais para se definir estratégias de prevenção e combate a incêndios, além de indispensáveis para assegurar um gerenciamento eficiente e organizado dos mesmos. A distribuição das queimadas ao longo do ano constitui uma informação importante no planejamento da prevenção dos incêndios, pois indica as épocas de maior ocorrência de queimadas, a qual varia significativamente de uma região para outra (PIROMAL et al., 2008).

Nesse contexto, esta pesquisa baseou-se em dois objetivos principais. O primeiro

refere-se à verificação do comportamento temporal e espacial das ocorrências dos focos mensais de queimadas num intervalo de 10 anos (2000 a 2010) nos municípios de Cáceres (MT), São Feliz do Xingu (PA), Balsas (MA), Correntina (BA), Paracatu (MG), Corumba (MS), Labrea (AM) e Rio Branco (AC). O resultado desse objetivo permitirá apontar se há ou não algum padrão na ocorrência de focos. O segundo objetivo consistiu em analisar a influência das variáveis meteorológicas na geração de queimadas. E caso haja alguma influência, se é mantida por algum padrão espaço/temporal.

Materiais e Métodos

Escolha dos municípios e da fonte de dados

A ideia inicial do estudo era analisar os municípios brasileiros que apresentavam o maior número de focos de queimadas. Para isso, foi utilizado o Banco de Dados de Queimadas do INPE (2012) onde foram coletadas todas as informações necessárias acerca do número de focos mensais num intervalo de 10 anos (2000 a 2010). As variáveis meteorológicas, precipitação, temperatura, umidade do ar, velocidade do vento e insolação foram obtidas no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do INMET (2012).

Ao comparar as informações de ambos os bancos de dados, foi observado que existiam conflitos com relação aos municípios investigados. Em alguns municípios em que o INPE possuía informações sobre o número de focos, o INMET não contava com Estação Meteorológica no local ou próxima da área. Dessa forma, alguns municípios sofreram trocas para dar continuidade ao estudo.

Visando não prejudicar o estudo, foi definido que seriam escolhidos os municípios

com o maior número de focos e que possuíam Estações Meteorológicas em seus domínios. No Banco de Dados de Queimadas, foram listados os Estados com os maiores números de focos. Em cada Estado, foi identificado o município mais problemático referente aos focos. Caso o município escolhido não possuísse Estação Meteorológica, este seria descartado e o município subsequente seria escolhido.

Ao final, foram escolhidos oito municípios: Cáceres (MT), São Feliz do Xingu (PA), Balsas (MA), Correntina (BA), Paracatu (MG), Corumba (MS), Labrea (AM) e Rio Branco (AC).

Análise de dados

Para a análise de dados, foram utilizadas três técnicas estatísticas, o teste não paramétrico de Kurshal-Wallis, correlação de Pearson, e o modelo de regressão linear múltipla. Para essa última técnica, os dados foram ajustados com transformações logarítmicas, com objetivo de deixar os dados mais próximos à curva normal. (LYMAN, 2001). O *software* SPSS 20.0 foi utilizado como suporte à aplicação dos testes.

O teste de Kurshal-Wallis foi aplicado com intuito de identificar se houve diferenças nas médias dos focos de queimadas entre os municípios avaliados. O teste de correlação de Pearson teve o objetivo de identificar a associação entre as queimadas de cada lugar, as variáveis meteorológicas e entre os municípios. Já o modelo de regressão teve o intuito de avaliar a relação de causa e efeito entre uma variável dependente com as variáveis independentes. Neste estudo, o modelo foi estruturado conforme a seguinte formulação matemática.

$$FQ = \alpha + \beta_1 P + \beta_2 T + \beta_3 U + \beta_4 V + \beta_5 I \quad (1)$$

em que,

FQ: focos de queimadas, P: precipitação (em mm), T: temperatura (em °C), U: umidade relativa do ar (em porcentagem), V: velocidade do vento (m/s) e I: insolação solar (em ?).

Resultados e Discussão

Houve um total de 442.546 focos de queimadas no período de 2000 a 2010 nos municípios avaliados por esta pesquisa. O município de São Félix (PA) foi o que teve a maior média de focos de queimadas, $1.353,67 \pm 3.511,46$, e foi o município que apresentou o maior número de focos durante um único mês do período em estudo, 20.151 focos. Já o município de Paracatu (MG) apresentou a menor média, $48,54 \pm 90,235$. Contudo, percebe-se que a

variação temporal do número de focos de queimadas no período estudado é alta, pois em todos os municípios o desvio padrão foi maior que a média, apresentando um coeficiente de variação acima de 150%.

Os oito municípios investigados possuem diferenças espaciais em relação à média do foco de queimadas. Essa diferença pôde ser identificada pela significância do teste Kruskal-Wallis, $p \leq 0,001$. Porém, uma análise da matriz de relacionamento, mostra que em alguns municípios há similaridade entre as médias do foco de queimadas, as quais foram identificadas com um valor de $p \leq 0,05$. Destaca-se o município de Rio Branco por ter sido o único a ter uma média significativamente semelhante a todos os demais municípios (Tabela 1).

Tabela 1- Resultado do teste Kruskal-Wallis

Municípios	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	*			*	*	*	*
2		-				*		*
3			-		*	*	*	*
4				-	*	*	*	*
5					-	*		*
6						-	*	*
7							-	*
8								-

Fonte: Autores (2012).

Nota: * municípios que possuem médias semelhantes ($p \leq 0,05$).

1 - Cáceres

2 - São Félix do Xingu

3 - Balsas

4 - Correntina

5 - Paracatu

6 - Corumbá

7 - Labrea

8 - Rio Branco

A ocorrência de queimadas de todos os municípios teve correlação de Pearson negativa e significativa com a variável umidade. A variável correspondente à precipitação não teve correlação somente em um município, Cáceres. Já a variável velocidade do vento foi correlacionada em menos da metade dos municípios, em três. Em média, os maiores valores do coeficiente r de correlação foram identificados nas relações com a variável umidade, e os municípios de

Balsas, Paracatu e Rio Branco tiveram um valor de r em torno de 0,80 tendo apresentado todas as correlações significativas. Já as variáveis temperatura e insolação apresentaram valores de correlação com diferenças entre os municípios avaliados. Por exemplo, no município de Labrea, os focos de queimadas correlacionados com a temperatura apresentaram um coeficiente negativo, enquanto que no município de Cáceres, o coeficiente foi positivo (Tabela 2).

Tabela 2 - Matriz de correlação de Pearson (valores de r)

MUNICÍPIOS	Precipitação	Temperatura	Umidade	Velocidade do vento	Insolação
Caceres	-0,123	0,542**	-0,567**	0,159	-0,097
São Félix do Xingu	-0,375**	0,713**	-0,721**	0,179*	0,374*
Balsas	-0,603**	0,036	-0,841**	0,107	0,295**
Correntina	-0,303**	0,580**	-0,209*	0,301**	0,430**
Paracatu	-0,500**	0,211*	-0,824**	0,167	0,437**
Corumba	-0,286**	0,137	-0,549**	0,123	-0,012
Labrea	-0,436**	-0,001	-0,766**	0,195*	0,358**
Rio Branco	-0,417**	0,796**	-0,837**	0,042	0,516**

Fonte: Autores (2012).

Nota: ** p = 0,01 *p = 0,05

Foi encontrada uma correlação espacial positiva do número de foco de queimadas entre todos os municípios avaliados. Nenhum valor de r ficou abaixo de 0,5. Alguns municípios chegaram a ter valores altos de correlação, Rio Branco e Labrea, r = 0,913; Rio Branco e São Félix, r = 0,882; Labrea e São Félix, r = 0,890; Paracatu e Balsas, r = 0,826; e, Balsas e São Félix, 0,821 (Tabela 3).

Os modelos de regressão (Tabela 4) demonstraram que as variáveis meteorológicas têm um peso para a variação de queimadas nos

municípios de Balsas, Correntina, Paracatu, Corumbá e Labrea, pois foram os municípios em que o valor da constante do modelo foi significativo ($p \leq 0,05$). O município de Rio Branco teve o maior valor de R^2 , igual a 0,80. Já o município de Correntina teve o menor, $R^2 = 0,413$, mas ainda demonstrando que as variáveis independentes representam 41% para ocorrência de queimadas. A variável umidade teve peso significativo no modelo de regressão nos municípios avaliados, com exceção somente no município de Correntina,

Tabela 3 - Matriz de correlação de Pearson somente das queimadas – todos os municípios em análise

MUNICÍPIOS	Caceres	São Félix	Balsas	Correntina	Paracatu	Corumba	Labrea	Rio Branco
Caceres	1	0,676**	0,547**	0,628**	0,550**	0,768**	0,755**	0,710**
São Félix		1	0,821**	0,720**	0,766**	0,646**	0,890**	0,882**
Balsas			1	0,783**	0,826**	0,572**	0,731**	0,743**
Correntina				1	0,744**	0,567**	0,715**	0,703**
Paracatu					1	0,539**	0,725**	0,756**
Corumba						1	0,679**	0,640**
Labrea							1	0,913**
Rio Branco								1

Fonte: Autores (2012).

Nota: ** p = 0,01

Tabela 4 - Modelo de regressões para cada município

Municípios	Coefficiente e p valor	Constante	Precipitação	Temperatura	Umidade	Velocidade	Insolação	R ²	R ² ajustado	Erro padrão da estimativa
Cáceres	Coefficiente	-0,580	0,116	13,168	-9,088	0,599	-1,283	0,534	0,515	0,557
	p valor	0,923	0,345	0,000*	0,000*	0,081	0,001*			
São Félix	Coefficiente	21,837	0,693	22,611	-28,132	-0,423	-1,464	0,600	0,584	0,900
	p valor	0,338	0,010*	0,011*	0,000*	0,639	0,046*			
Balsas	Coefficiente	18,214	-0,178	-0,239	-8,877	0,254	-0,095	0,726	0,715	0,513
	p valor	0,000*	0,070	0,502	0,000*	0,060	0,638			
Correntina	Coefficiente	-29,301	-0,164	18,288	0,992	0,394	1,758	0,413	0,390	0,606
	p valor	0,000*	0,169	0,000*	0,158	0,253	0,039*			
Paracatu	Coefficiente	21,521	0,567	-2,863	-8,969	0,228	0,173	0,688	0,678	0,421
	p valor	0,000*	0,001*	0,092	0,000*	0,542	0,544			
Corumbá	Coefficiente	23,167	0,104	0,828	-11,525	0,213	-1,096	0,460	0,439	0,625
	p valor	0,000*	0,299	0,045*	0,000*	0,671	0,000*			
Labrea	Coefficiente	73,607	-0,016	-0,105	-37,768	0,955	0,450	0,611	0,595	0,725
	p valor	0,000*	0,933	0,549	0,000*	0,009*	0,374			
Rio branco	Coefficiente	-0,686	-0,190	23,439	-17,290	0,846	-0,470	0,800	0,792	0,451
	p valor	0,934	0,136	0,000*	0,000*	0,057	0,373			

Fonte: Autores (2012).

Nota: * valores significativos (p ≤ 0,05)

pois o p valor foi maior que 0,05. Entre as variáveis independentes, a que representa a velocidade do vento, foi a que teve o menor peso de influência na variável dependente do modelo. Somente no município de Labrea o valor da velocidade do vento teve significância, porém, um baixo peso (Tabela 4).

Os meses de julho a outubro foram períodos em que o número de queimadas aumentou significativamente em todos os locais estudados. Em alguns municípios o aumento ultrapassou os 100%. Por exemplo, no mês de janeiro de 2010, São Felix do Xingu teve a ocorrência de 1 foco de queimada. No mês de agosto, no mesmo município e no mesmo ano, o número de focos foi de 20.151. Essa diferença entre o máximo e o mínimo influenciou uma dispersão alta de concentração de queimadas, quando a análise foi feita individualmente, considerando os meses de 2010, pois os municípios apresentaram um coeficiente de variação maior que 1,5. Contudo, observando-se toda a amostra estudada, viu-se que os oito municípios brasileiros que tiveram os maiores números de focos de queimadas nos últimos 10 anos tiveram um mesmo padrão temporal para a ocorrência de queimadas.

Os locais avaliados demonstraram ter diferença das médias de focos de queimadas. Isso mostra que há uma diferença espacial do número de queimadas nesses municípios. A média de ocorrência de queimadas não é padronizada, apesar de ter um padrão quando se observam os meses de ocorrência. Mas alguns lugares tiveram semelhança na comparação dessas médias. O município de Rio Branco e Corumbá foram os locais em que as médias de ocorrências estiveram semelhantes com todos os demais lugares. Já o município de São Félix do Xingu teve semelhança somente com outros 3 municípios. Portanto, infere-se que as

variáveis meteorológicas foram determinantes para gerar essa diferença de médias. Nota-se que não houve uma similaridade espacial entre as médias de ocorrências de queimadas da amostra estudada.

O modelo de regressão apresentou que as variáveis meteorológicas influenciam a geração de focos de queimadas. Especificamente, a umidade relativa do ar, tem um padrão espacial de influência em todos os municípios investigados, além de ter sido a variável que teve o maior coeficiente de correlação (Tabela 4). O tempo seco nas regiões estudadas é um fator importante para a ocorrência de queimadas. Já a velocidade do vento não apresentou forte influência no modelo.

Pode-se deduzir que as queimadas nas regiões estudadas não são geradas pela ação humana, mas sim pelas condições climáticas de cada local, principalmente, a baixa umidade. Portanto, são queimadas naturais. Destaca-se que não foi investigada nesse estudo a influência da flora na formação das queimadas, o que pode ser pesquisado em futuras análises.

Sugere-se que os próximos estudos acerca do tema englobem a análise de outras variáveis como saúde (número de internações e óbitos de doenças respiratórias), qualidade do ar (dados de material particulado e gases) e outras variáveis meteorológicas possíveis.

A partir da metodologia deste estudo e do auxílio de ferramentas do geoprocessamento, sugere-se a elaboração de produtos cartográficos com temas acerca da vulnerabilidade de estados brasileiros a focos de incêndio, cruzando as informações meteorológicas com o número de focos de queimadas. Assim, resultados das aplicações dos métodos de Sistema de Informação Geográfica (SIG) poderiam ser discutidos com outros estudos

já desenvolvidos na mesma temática (ALENCAR et al., 2011; LIBONATI et al., 2010; CHUVIECO et al., 2008).

Méloet al. (2010), em seu artigo “Susceptibilidade do Ambiente a Ocorrências de Queimadas sob Condições Climáticas Atuais e de Futuro Aquecimento Global”, chegou em conclusões semelhantes ao desse estudo ao afirmar que: “...o Modelo de Circulação Geral Acoplado Oceano-Atmosfera tende a superestimar a temperatura e precipitação, e subestimar a umidade relativa”. O modelo utilizado por Méloet al. identificou que a variável meteorológica umidade relativa do ar possui influência considerável na incidência de focos de queimadas, mesmo resultado da análise estatística apresentada pelo teste de Kurshal-Wallis.

Por outro lado, Silva Filho et al. (2009) afirma no estudo “Ocorrência de Focos de Calor no Estado de Rondônia em 2007” que “...o uso indiscriminado do fogo continua sendo um grande problema...”. De fato, além das variáveis meteorológicas abordadas nesse estudo, existem outras variáveis que também possuem um peso considerável na incidência de focos. A grande questão em abordar variáveis como as utilizadas por Silva Filho et al. (2009) é que não existem dados precisos e de fácil acesso. Alguns estados possuem um monitoramento e dados mais elaborados que outros, dificultando a análise macro do país.

Mesmo caso do estudo “Caracterização das Queimadas Acidentais em Campo, no Município de Santa Maria (RS)” elaborado por Jacobi (2009). A metodologia utilizada consistia “no número de chamadas diárias recebidas pelo Corpo de Bombeiros de Santa Maria, no período de 1º de janeiro de 1993 a 31 de dezembro de 2004, e no local de ocorrência da queimada”. A variável utilizada por Jacobi (2009) pode apresentar

grandes erros na contabilização de focos de queimadas, muito embora o estudo tenha realizado toda uma análise estatística nos dados cedidos pelo Corpo de Bombeiros. Nem todo foco de queimada é avistado ou identificado pelo Corpo de Bombeiros, evidenciando a probabilidade de erros de padrões de queimadas.

Conclusão

Este trabalho investigou o comportamento espaço/temporal dos focos de queimadas dos oito municípios mais afetados nos anos de 2000 a 2010. O estudo do comportamento espacial foi específico para a análise da diferença das médias dos focos de queimadas em cada município, e, para a observação da influência de variáveis meteorológicas como geração de foco de queimadas em cada município. Quanto à análise temporal, referiu-se ao número de focos durante os onze meses em estudo. Assim, encontraram-se evidências de que houve padronização temporal, mas não houve uma padronização espacial devido à forte influência das variáveis meteorológicas.

Os resultados deste trabalho podem auxiliar as ações de órgãos responsáveis pela mitigação e o controle dos focos de queimadas no Brasil, sendo determinante para o planejamento e tomada de decisões. Além disso, a metodologia utilizada possibilita listar os municípios brasileiros mais críticos a partir de uma análise meteorológica, proporcionando o mapeamento das áreas de maior vulnerabilidade a focos de queimadas. Porém, para que essas e outras metodologias possam tornar-se praticáveis é necessário que os dados meteorológicos e de queimadas sejam padronizados e disponibilizados para viabilizar outros estudos.

Referências

ALENCAR, A.; ASNER, G. P.; KNAPP, D.; ZARIN, D. Temporal variability of forest fires in eastern Amazonia. **Ecological Application**, v.21, n.7, p.2397-2412, 2011.

ANDREAE, M. O. Biomass burning: its history, use, and distribution and its impact on environmental quality and global climate. In: LEVINE, J. S. (Ed). **Global biomass burning: atmospheric, climatic, and biospheric implications**. Cambridge/London, MIT Press, 1991. cap. 1, p. 3-121.

ARBEX, M. A.; CANÇADO, J. E. D.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P. H. N. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Journal Brazilian Pneumology**, v.30, n.2, p. 158-175, 2004.

ARTAXO, P.; OLIVEIRA, P. H.; LARA, L. L.; PAULIQUEVIS, T. M.; RIZZO, L. V.; PIRES JUNIOR, C.; PAIXÃO, M. A.; LONGO, K. M.; FREITAS, S.; CORREIA, A. L. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, p.168-189, 2006.

CARMO, C. N.; HACON, S.; LONGO, K. M.; FREITAS, S.; IGNOTTI, E.; LEON, A. P.; ARTAXO, P. Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. **Revista Panamericana de Saúde Pública**, Washington, v. 27, n. 1, p.10-16, 2010.

CHUVIECO, E.; OPAZO, S.; SIONE, W.; DEL VALLE, H.; ANAYA, J.; DI BELLA, C.; CRUZ, I.; MANZO, L.; LÓPEZ, G.; MARI, N.; GONZÁLEZ-ALONSO, F.; MORELLI, F.; SETZER, A.; CSISZAR, I.; KANPANDEGI, J. A.; BASTARRIKA, A.; LIBONATI, R. Global burned-land estimation in latinamerica using modis composite data. **Ecological Applications**, v.18, n.1, p. 64-79, 2008.

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, 1990. cap. 6, p. 82-105.

LIBONATI, R.; DaCAMARA, C.; PEREIRA, J. M.; PERES, L. F. Retrieving middle-infrared reflectance for burned area mapping in tropical environments using MODIS. **Remote sensing of environment**, v.114, p.831-843, 2010.

LYMAN, R. O. **An introduction to statistical methods and data analysis**. Belmont: Brooks/Cole, 2001.

LONGO K.; FREITAS, S. R.; SETZER, A. PRINS, E.; ARTAXO, P.; ANDREAE, M. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 7, p. 8571-8595, 2007.

ICHOKU C.; GIGLIO, L.; WOOSTER, M. J.; REMER, L. A. Global characterization of biomass-burning patterns using satellite measurements of fire radioactive energy. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 6, p. 2950-2962, 2008.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento de Focos**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas>>. Acesso em: 14 ago. 2012.

IGNOTTI, E.; VALENTE, J. G.; LONGO, K. M.; FREITAS, S. R.; HACON, S. S.; NETTO, P. A. Impact on human health of particulate matter emitted from burnings in the Brazilian Amazon region. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 44, n. 1, p. 121-130, 2010.

JACOBI, L. F.; LÚCIO, A. D'C.; STORCK, L.; LOPES, S. J.; CARGNELUTTI FILHO, A. Caracterização das queimadas acidentais em campo, no Município de Santa Maria-RS. **Ciência Rural [Online]**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 904-908, 2009. ISSN 0103-8478. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000300042>. Acesso em: 14 ago. 2012.

MÉLO, A. S.; JUSTINO, F.; LEMOS, C. F.; SEIYAMA, G.; RIBEIRO, G. Suscetibilidade do Ambiente a Ocorrências de Queimadas sob Condições Climáticas Atuais e de Futuro Aquecimento Global. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 26, n. 3, 2010.

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

RIBEIRO, G. A.; SOARES, R. V. Caracterização do material combustível florestal e efeitos da queima controlada sobre sua redução em um povoamento de *Eucalyptus viminalis*. **Cerne**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 57-72, 1998.

ROSA, A. M.; IGNOTTI, E.; BOTELHO, C.; CASTRO, H. A.; HACON, S. S. Doença respiratória e sazonalidade climática em menores de 15 anos em um município da Amazônia brasileira. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 84, n. 6, p.543-549, 2008.

SAULO R. F.; KARLA, M. L.; SILVA DIAS, M. A. F.; SILVA DIAS, P. L. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, São Paulo, 2005.

SILVA FILHO, E. B. da; TELES, L. J. S.; SANTOS NETO, L. A. dos. Ocorrências de focos de calor no estado de Rondônia em 2007. **Sociedade e Natureza (Online)**, Uberlândia, v.21, n.2, p. 123-140, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132009000200009>. Acesso em: 14 ago. 2012. ISSN 1982-4513.

WILLIAMS, J. E.; WEELE, M. V.; VELTHOVEN, P. F. J. V.; MARINUS, P. S.; CATHERINE, L.; GUIDO, R. van der W. The Impact of Uncertainties in African Biomass Burning Emission Estimates on Modeling Global Air Quality, Long Range Transport and Tropospheric Chemical Lifetimes. **Atmosphere**, v. 3, n.1, p. 132-163, 2012.