

DINÂMICA DAS QUEIMADAS NA BAIXADA MARANHENSE

Celso Henrique Leite Silva Junior

Mestrando em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.
Especialista em Geoprocessamento Pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC
Minas. Engenheiro Ambiental pela Universidade CEUMA – UniCEUMA.
celso.junior@inpe.br

Ana Talita Galvão Freire

Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental pela Universidade CEUMA – UniCEUMA.
talita.freire22@gmail.com

Taíssa Caroline Silva Rodrigues

Doutoranda em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho –
UNESP/Presidente Prudente. Mestra em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de
Pesquisas Espaciais – INPE. Especialista em Engenharia Ambiental pela Universidade CEUMA –
UniCEUMA. Graduada em Geografia pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA.
taissageo@hotmail.com

Josué Carvalho Viegas

Mestre em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho –
UNESP/Presidente Prudente. Especialista em Engenharia Ambiental pela Universidade CEUMA –
UniCEUMA. Graduado em Geografia pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA.
josueviegasgeo@hotmail.com

Denilson da Silva Bezerra

Doutor em Ciências do Sistema Terrestre pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.
Mestre em Saúde e Ambiente e Graduado em Ciências Aquáticas pela Universidade Federal do
Maranhão – UFMA. Especialista em Recuperação de Áreas Degradadas pela Universidade do
Estado do Maranhão – UEMA.
denilson_ca@yahoo.com.br

RESUMO

As queimadas ocorrem naturalmente e por influência humana e podem ter seus impactos negativos maximizados pelos efeitos das mudanças climáticas. No Maranhão devido às suas características históricas de uso e ocupação do solo e de sua grande extensão territorial, há predomínio de atividades agrícolas com o uso predominante do sistema de corte e queima. Nesse contexto, o presente estudo objetivou avaliar a dinâmica de focos de queimadas na Baixada Maranhense, local de potencial socioambiental complexo e que é vulnerável às queimadas. Os dados utilizados têm intervalo temporal de 2000 a 2013, sendo utilizados os seguintes dados: focos de queimadas do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), dados de precipitação do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) e dados de altimetria provenientes do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA). Os resultados obtidos evidenciam um padrão espacial em que os focos de queimadas ocorreram nos períodos de menor ocorrência de precipitação, e em áreas com maior influência antrópica. Outro fator importante observado foi a altimetria, pois locais mais baixos e sujeitos a alagamentos, mostraram-se menos suscetíveis às queimadas.

Dinâmica das queimadas na Baixada Maranhense
Celso Henrique Leite Silva Junior; Ana Talita Galvão Freire; Taíssa Caroline Silva Rodrigues;
Josué Carvalho Viegas; Denilson da Silva Bezerra

Palavras-chave: Planícies Inundáveis; Secas; Mudanças de Uso e Cobertura do Solo.

DYNAMICS OF FIRES IN THE BAIXADA MARANHENSE

ABSTRACT

Burnings occur naturally and by influence of men; both having its negative impacts maximized by the effects of climate change. In the state of Maranhão (Brazil), due to its large territorial extension and land use occupation history, there are many agricultural activities widely using the “cut” and “burn” approach to clean the land. In the light of this evidence, the aim of this paper was to analyze the burning spots dynamics in Baixada Maranhense, a rich socio-environmental area vulnerable to burnings. The burning time series data interval adopted was from 2000-2013, obtained from the National Institute for Space Research (INPE); the precipitation data from Tropical Rainfall Measuring Mission (TOPODATA); and the altimetry data from Brazil Geomorfometric Database (TOPODATA). The results showed a spatial pattern where outbreaks of fire occurred mainly in periods with less precipitation and next to areas occupied by men. In respect to altimetry, we found that in lower altitudes (typically swamps or flooded areas) burnings were less likely to occur.

Keywords: Flooded Plains; Droughts; Land and Soil Use Changes.

DINÁMICA DE LOS INCENDIOS EN BAIXADA MARANHENSE

RESUMEN

Incendios se producen de forma natural y por la influencia humana, pueden tener sus impactos negativos maximizan los efectos del cambio climático. En el Maranhão, debido a sus características históricas de uso y ocupación del suelo y su amplio territorio, hay un predominio de las actividades agrícolas con el uso predominante del sistema de “tala” y “quema”. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la dinámica de los incendios en el Baixada Maranhense, lugar de potencial social y ambiental complejo y que es vulnerable al fuego. Los datos utilizados son intervalo de tiempo desde 2000 hasta 2013, y se utilizan los siguientes datos: base de datos de incendios del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), datos de precipitación de la *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) y datos de altimetría de la *Banco de Datos Geomorfológicos del Brasil* (TOPODATA). Los resultados muestran un patrón espacial, donde los incendios ocurren en períodos de lluvias más bajo, y en áreas con alta influencia humana. Otro factor importante observado fue la altimetría, para lugares expuestos a las inundaciones más bajo y, eran menos susceptibles a la quema.

Palabras clave: Llanuras Inundadas; Sequías; Cambio de Uso y Cobertura de la Tierra.

INTRODUÇÃO

O Brasil tem sua estratégia de desenvolvimento baseada no setor agrícola com o objetivo de crescimento econômico, esta é uma escolha natural dada a área territorial do país, boa distribuição de chuvas ao longo do ano, temperatura do ar adequada para a

agricultura na maior parte do país, e disponibilidade de mão de obra barata (MARTINELLI et al., 2010).

Nesse contexto o Maranhão apresenta uma população total de 6.574.789 de habitantes, com 63% (4.147.149) da população total domiciliada em áreas urbanas e 37% (2.427.640) domiciliada em área rural. No entanto, a maioria desses indivíduos economicamente ativos tem suas atividades vinculadas à agricultura e pecuária (IBGE, 2010).

Assim, é possível observar que até mesmo nas Unidades de Conservação do estado, em que se tem um caráter jurídico de proteção e conservação, somente entre 2008 e 2012 foram registrados 19.048 focos de queimadas nas áreas protegidas, correspondendo a 19,5% de todos os focos identificados no período para todo o Maranhão, segundo Gerude (2013).

Na Microrregião da Baixada Maranhense, região inserida na Mesorregião norte do Maranhão, apesar de uma parcela expressiva de seus habitantes viverem nos centros urbanos dos municípios, a população tem fortes traços rurais. Essa característica deve-se a estes praticarem de algum modo, a pesca, a agricultura e a pecuária como atividades de subsistência nas imediações dos aglomerados urbanos. A agricultura no sistema de corte e queima predomina como método de preparo do solo de grande parte das famílias dessa região, como por exemplo, o cultivo do arroz (FILHO, 2013).

Segundo Piromal et al. (2008), a queima da biomassa vegetal constitui uma prática de expansão das fronteiras agrícolas no Brasil, sendo amplamente utilizadas no processo produtivo da Amazônia e do Cerrado brasileiro. Esse cenário mostra que as emissões acumuladas de CO₂ resultantes de atividades florestais e de uso da terra desde 1750 aumentaram de 490±180 Gt CO₂ (total de 490 gigatoneladas, com incerteza de até 180 gigatoneladas para mais ou para menos), na década de 70 para 680±300 Gt CO₂ (total de 680 gigatoneladas, com incerteza de até 300 gigatoneladas para mais ou para menos) em 2010 (IPCC, 2014). Entre 1990 e 2010, as emissões resultantes de mudanças no uso e cobertura da terra representaram 12.5% das emissões antropogênicas (IPCC, 2014).

As queimadas podem ser resultado tanto de causas antrópicas como de processos naturais (ANDERSON et al., 2005) e causam a liberação de gases de efeito estufa (colaborando com as alterações climáticas), aerossóis e partículas finas que são extremamente perigosas para a saúde humana, já que, quando inaladas, podem atingir partes profundas nos pulmões, causando irritação na garganta, pulmões e olhos (SMITH et al., 2014). O uso do fogo também é prejudicial à terra, pois provoca a desertificação em

ambientes mais sensíveis, diminuindo a biodiversidade e alterando o ciclo hidrológico (GIGANTE et al., 2007).

Em todo esse cenário a Baixada Maranhense (BM) está inserida em um contexto de importância ambiental internacional. Essa área faz parte da Convenção Ramsar sobre Zonas Úmidas, realizada em 1971 no Irã, na qual foi acordado que cada país participante indicaria zonas úmidas adequadas no seu território para adquirirem um novo status a nível nacional e serem reconhecidas pela comunidade internacional como sendo de valor significativo em termos de ecologia, botânica, zoologia, limnologia e hidrologia (RAMSAR, 2014). Além disso, essa região é uma área de interesse econômico para o estado do Maranhão, onde se observa atualmente a expansão da cultura de arroz e piscicultura no estado.

Nesse sentido, com os poucos estudos científicos sobre a dinâmica das queimadas na BM, apesar de seu potencial ecológico e econômico, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a dinâmica do fogo nessa região por meio da análise dos focos de queimadas registrados entre os anos de 2000 a 2013.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A BM é considerada uma área de forte ação antrópica caracterizada por um mosaico de matas e campos, estes últimos periodicamente inundados (MARTINS; OLIVEIRA, 2011) (Figura 1). Essa região é constituída por 21 municípios, que estão inseridos em um ambiente caracterizado por condições climáticas úmidas e quentes, relevo plano, vasta rede hidrográfica e extensas planícies fluviais inundáveis. Todas essas características ambientais peculiares formam um complexo de ecossistemas composto por vegetação e fauna diversificada que assume importância social para a população local (CONCEIÇÃO; MOREIRA; FARIAS FILHO, 2012).

Dinâmica das queimadas na Baixada Maranhense
*Celso Henrique Leite Silva Junior; Ana Talita Galvão Freire; Taíssa Caroline Silva Rodrigues;
 Josué Carvalho Viegas; Denilson da Silva Bezerra*

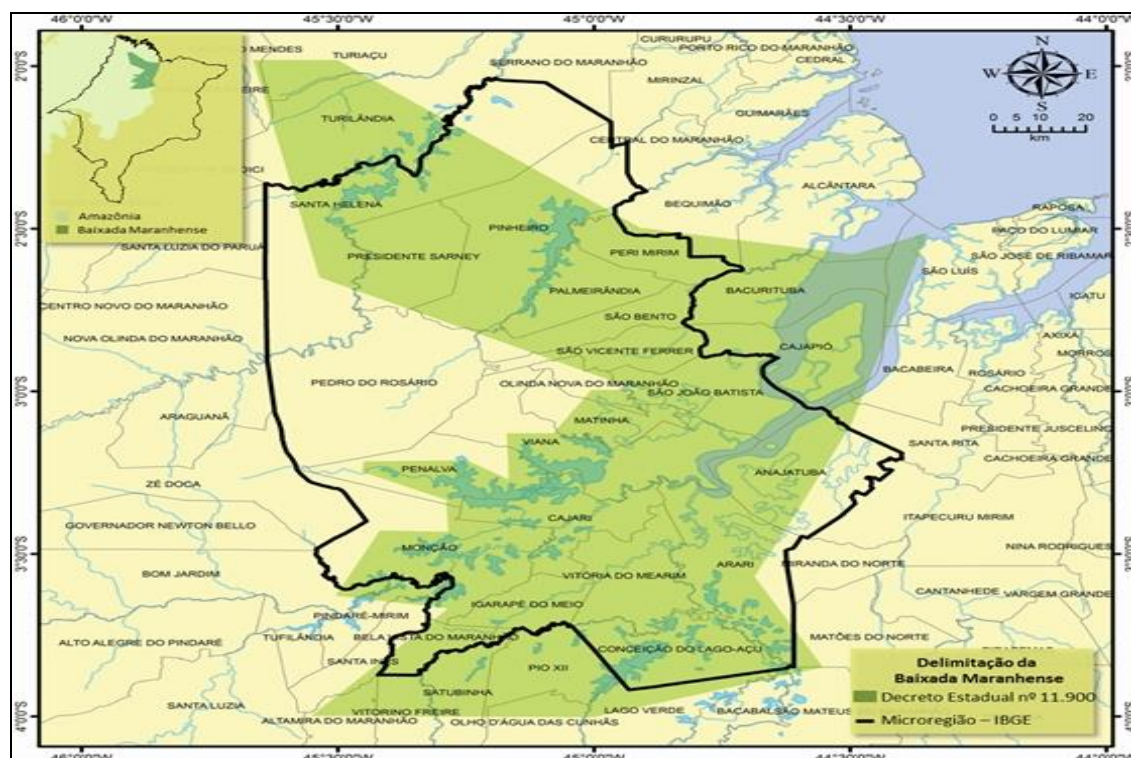


Figura 1 – Mapa de localização da Microrregião da Baixada Maranhense.

Fonte: Mendes et al. (2015).

As características climáticas dessa região são de transição entre o bioma amazônico e o cerrado, apresentando altas taxas de precipitação. Apresenta clima quente e úmido, com duas estações bem definidas: estiagem, entre os meses de agosto e dezembro, e chuvosa, de janeiro a julho, com índices pluviométricos em torno de 2000 a 2400 mm/ano, temperatura anual entre 26°C a 32°C e umidade relativa do ar variando entre 79 e 82% (FEITOSA; TROVÃO, 2008).

Os seus solos são de baixa capacidade de troca catiônica, alto grau de intemperismo e baixa fertilidade, devido às características geológicas, geomorfológicas e climáticas da região. Nas áreas de ocorrência da Formação Itapecuru predominam os Plintossolos, com localização restrita às áreas mais elevadas, apresentando potencial agrícola relacionado principalmente em relevo plano e suavemente ondulado (FREIRE et al., 2014).

Na formação geológica de aluviões flúvio-marinhos e flúvio-lacustres, as características dos sedimentos, a dinâmica das águas e o acúmulo de matéria orgânica em função de condições hidromórficas locais originam Latossolos, Plintossolos, Gleissolos, presentes nos locais mais baixos das planícies (FREIRE et al., 2014).

Metodologia

Os procedimentos metodológicos adotados no presente trabalho constaram resumidamente em aquisição, processamento e análise dos dados.

Aquisição de dados: nessa etapa foram obtidos os dados de focos de queimadas provenientes do Banco de Dados de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (INPE, 2015). Para os dados de chuva, foi usada a série de 2000-2013 proveniente do TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission, 3B43-v7), com resolução espacial de 0.25° e dados acumulados mensais em milímetros (ARAGÃO et al., 2007; NASA, 2015). Os dados referentes à altimetria foram obtidos do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) (VALERIANO; ROSSETTI, 2012).

Processamento dos dados: nesta etapa foi calculada a média e o desvio padrão da precipitação para os meses do intervalo da série adotada e para o total anual da mesma série com base nos pixels (TRMM) que recobrem a MBM, com o objetivo de obter os padrões mensais dessas variáveis. Para analisar a variação da quantidade de focos de queimadas e de chuva, foram calculadas as anomalias conforme a equação 1 (ARAGÃO et al., 2007).

$$X_{anomalia} = \frac{X - \left(\frac{\sum 2000-2013}{14} \right)}{\sigma_{2000-2013}} \quad (1)$$

Onde, $X_{anomalia}$ é a anomalia de foco de queimada ou chuva (mensal ou anual), X é o valor do ano ou mês avaliado, $\sum(2000-2013)$ é a média da série em questão e $\sigma_{2000-2013}$ é o desvio padrão. Foram considerados, como variação natural, os valores de anomalia entre 1 e -1. Nessa etapa também foram realizadas correlações entre o número de focos de queimadas, dados de chuva e altimetria, assim como foram gerados dados da distribuição espacial dos focos de queimadas.

Análise dos dados: nessa etapa foram elaborados gráficos, tabelas e mapas provenientes do processamento dos dados na etapa anterior.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Queimadas e a sociedade local

Todos os municípios inseridos na Baixada Maranhense dependem diretamente do comércio de bens e de serviços, pesca, agropecuária extensiva e principalmente da criação de bubalinos, no caso de municípios localizados em ambientes de campos alagados. O uso da terra é dominado pela agricultura de subsistência, pecuária extensiva, exploração vegetal e animal. Todas essas atividades humanas têm relações, principalmente, ao período chuvoso da região. Já em períodos de secas extremas, a população tem problemas com focos de queimadas, induzidos e naturais, que consequentemente acarretam a ocorrência de doenças respiratórias principalmente em crianças.

A agricultura é praticada para a subsistência e o excedente é comercializado na região, com pouca ou nenhuma tecnologia, podendo-se encontrar, pontualmente, algumas áreas diferenciadas. A pecuária extensiva, com os rebanhos bovinos constituídos, na grande maioria, por “Gado Pé-Duro”, é mais acessível aos pequenos criadores (VIEGAS, 2012; 2015).

Os principais focos de queimadas são originados pelos pequenos produtores rurais, decorrente do preparativo da terra para a chamada “roça de toco” (Figuras 2 e 3), que consiste em técnica agrícola antiga, passada entre gerações, que usa a queimada como técnica de limpeza e preparação do solo para o plantio. Durante a preparação do solo, ocorre a queima da vegetação que faz com que este perca rapidamente os nutrientes, e, portanto, as consequências são a baixa fertilidade e natural diminuição da produtividade da roça.



Figura 2 – Exemplo de área com uso da técnica agrícola denominada “roça de toco” (um sistema de cultivo praticado pelos agricultores da Baixada). As roças seguem um ciclo itinerante.
Fonte: VIEGAS, J. C. (2014).



Figura 3 – Exemplo de outra área com uso da “roça de toco”.

Fonte: Fotografia de MORAES, F. H. R. (2013).

Padrão das queimadas e chuva

Na região da BM, as queimadas começam a ocorrer a partir do mês de julho, seguindo até ao mês de janeiro do ano seguinte. Entre os meses de fevereiro a junho não foram observadas queimadas, devido principalmente a uma maior quantidade de chuva (Figura 4). O período de ocorrência de queimadas coincide com o início do período considerado de estiagem, que vai de julho a dezembro (podendo se estender até janeiro) e a mínima ocorrência de queimadas ocorre no período chuvoso que vai de janeiro a junho (FREIRE et al., 2014).

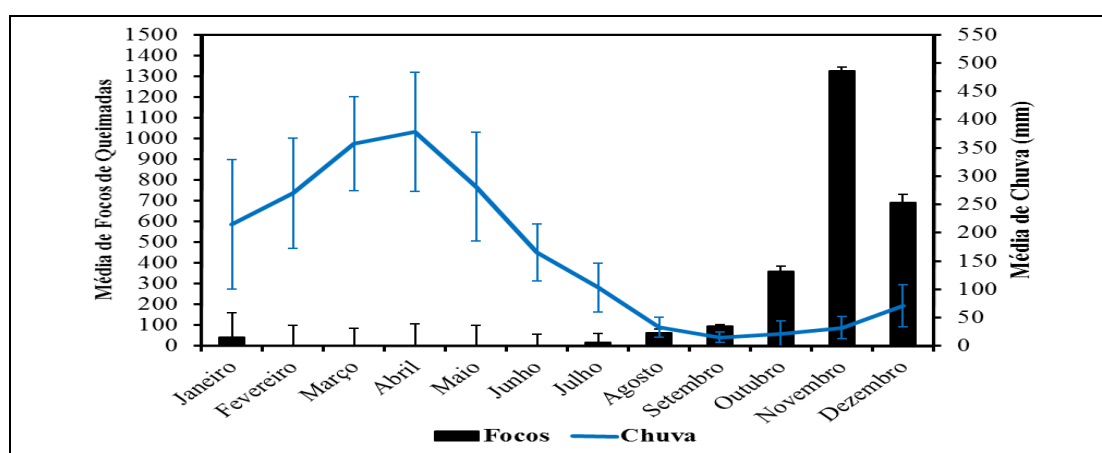


Figura 4 – Gráfico da distribuição anual dos focos de queimadas e da precipitação (linhas verticais em preto e azul representam o desvio padrão para cada mês analisado).

Fonte: Dados da pesquisa.

Esse comportamento (modulação) das queimadas em relação às suas ocorrências já foi observado em estudos para o estado do Maranhão (FREIRE et al., 2015; SILVA JUNIOR et al., 2015) e localmente no Parque Estadual do Mirador (Maranhão) (CALDAS; SILVA; SILVA JUNIOR, 2014). Isso demonstra que assim como em outras regiões, na baixada as queimadas obedecem a uma modulação imposta pelo regime de precipitação. Isso ocorre devido ao aumento da inflamabilidade da vegetação devido ao déficit hídrico decorrente do período de estiagem (BECERRA; ALVALÁ; SHIMABUKURO, 2008; ARAGÃO et al., 2009).

Esse padrão ocorreu ao longo de todos os meses dos anos analisados, conforme observado na figura 5. Os picos de queimadas coincidem com o período de mínima ocorrência de chuva e vice-versa. Isso demonstra claramente que em meses com baixos níveis de precipitação de chuva as queimadas são mais significantes, se comparadas a meses com maior ocorrência de precipitação. As tabelas 1 e 2 (disponíveis no final do artigo) detalham os focos de calor e a média mensal de chuva respectivamente para a Baixada Maranhense.

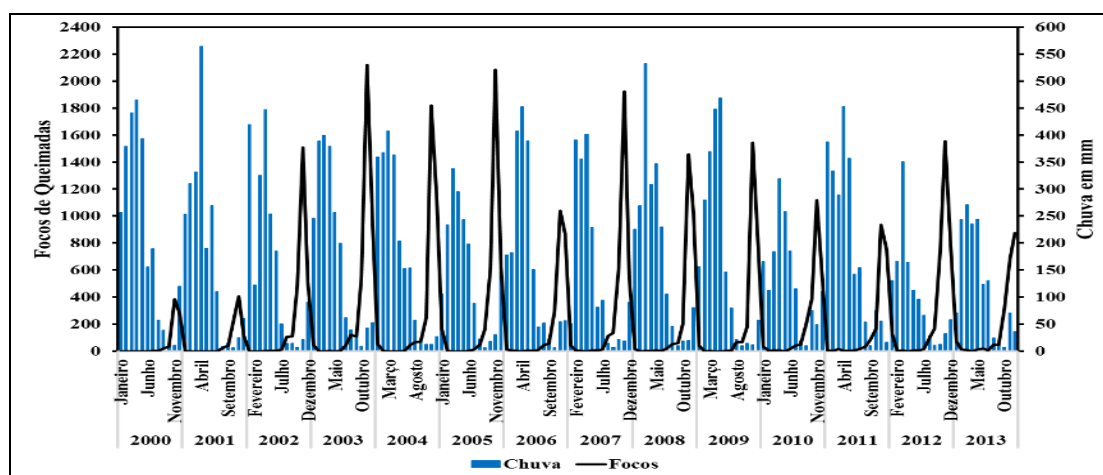


Figura 5 – Dados mensais de precipitação e focos, no período de 2000 a 2013.

Fonte: Dados da pesquisa.

Impacto das secas na ocorrência de queimadas

As ocorrências de secas causam mudanças significativas nos padrões de ocorrência de queimadas em diferentes ecossistemas. Aragão et al. (2008), em estudo na região amazônica demonstrou o impacto das secas sobre a ocorrência de queimadas, decorrente principalmente da resposta da vegetação ao déficit hídrico, que torna a vegetação mais sensível à combustão e como decorrência a ocorrência e aumento do número de queimadas.

Dinâmica das queimadas na Baixada Maranhense
Celso Henrique Leite Silva Junior; Ana Talita Galvão Freire; Taíssa Caroline Silva Rodrigues;
Josué Carvalho Viegas; Denilson da Silva Bezerra

Na região da baixada são observados três anos de significativa anomalia de chuva: 2010 (chuva com 1,006 desvios padrões maior que a média), 2012 e 2013 (chuva com 2,123 e 1,403 desvios padrões maior que a média, respectivamente) (figura 6). A seca de 2010 que ocorreu em toda a região amazônica (LEWIS et al., 2011) afetou a área de estudo. Por estar inserida no Nordeste, foi influenciada pelas secas ocorridas em 2012 e 2013 nessa região.

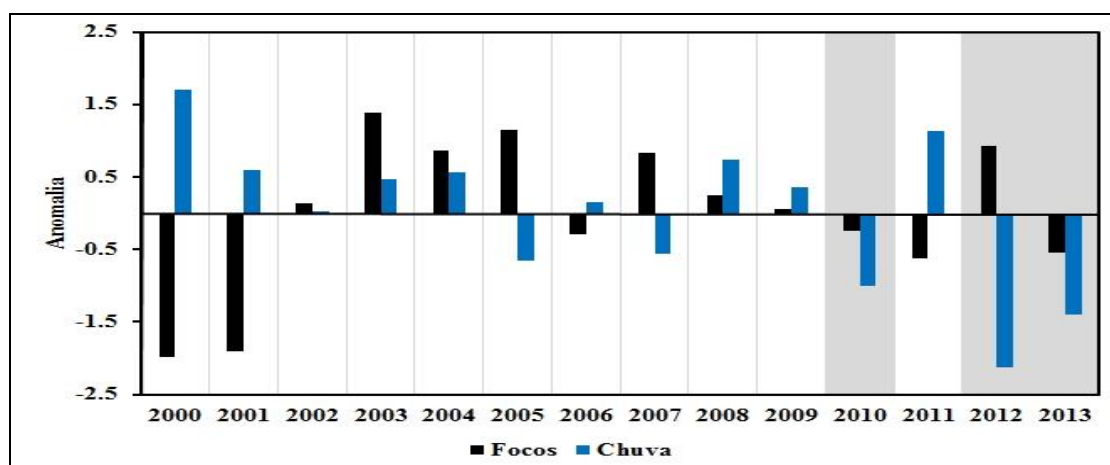


Figura 6 – Anomalias anuais de precipitação e de focos de queimadas.

Fonte: Dados da pesquisa.

É importante observar a influência direta das anomalias climáticas da Amazônia na BM. Tendo sido afetada também pela seca ocorrida na Amazônia em 2005, conforme pode ser observada na figura anterior (ARAGÃO et al., 2008).

Geralmente nos anos de ocorrência de quantidade de chuva menor que a média histórica, os focos de queimadas tenderam a ocorrer com quantidade superior à média histórica. Nos anos de 2010 e 2013 ocorreu resposta atípica, em que mesmo com chuva abaixo do esperado, os registros de focos para a região foram também abaixo da média. Isso se explica devido à possibilidade de que nesses anos utilizaram-se menos o fogo para o preparo do solo para a agricultura, e também pode ter ocorrido uma possível subestimação nos focos de calor nesses dois anos devido a uma maior cobertura de nuvens na região.

Se observados os dados mensais de anomalias, esses apresentam o mesmo padrão observado para os dados anuais, conforme a figura 7.

Dinâmica das queimadas na Baixada Maranhense
Celso Henrique Leite Silva Junior; Ana Talita Galvão Freire; Taíssa Caroline Silva Rodrigues;
Josué Carvalho Viegas; Denilson da Silva Bezerra

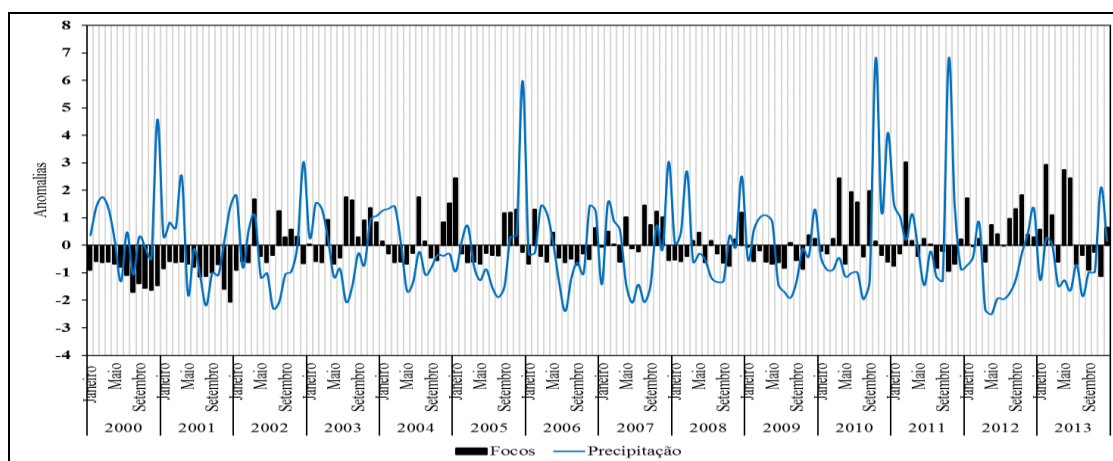


Figura 7 – Anomalias mensais de precipitação e de focos de queimadas.

Fonte: Dados da pesquisa.

Caldas, Silva e Silva Junior (2014) reportaram a influência dos anos mais secos de 2007 e 2012 no aumento do número de queimadas, em que a precipitação foi abaixo da média, com picos consideráveis no número de focos no Parque Estadual do Mirador. Andrade et al. (2009) reportaram que nos anos de 2005 e 2007 ocorreram um aumento considerável de focos de queimadas na Mesorregião Oeste do estado do Maranhão.

Silva et al. (2014), em estudo sobre a precipitação no estado do Maranhão, destacaram a evidência de tendência na diminuição da precipitação na região dos domínios da transição Amazônia-Cerrado no estado do Maranhão em escala regional. Tendo sido também demonstradas essas tendências em recentes estudos no estado de Pernambuco de forma pontual (ASSIS et al., 2013; SANTOS; SANTOS; COUTINHO, 2013). As estações meteorológicas de Turiaçu e Zé Doca, que recobrem a BM, apresentaram uma tendência expressiva na diminuição da precipitação nos anos de 2007 e 2012 (SILVA et al., 2014).

Silva et al. (2014) constataram que no estado do Maranhão a precipitação está diminuindo consideravelmente ao longo dos últimos anos, o que pode causar um aumento no número de queimadas no estado e principalmente na BM. Assim, o alcance dos impactos decorrentes das queimadas pode ser ampliado.

Segundo Aragão et al. (2008) é importante observar que as variações climáticas, como *El Niño*, *La Niña* e *Atlantic Multidecadal Oscillation* (AMO), também vêm contribuindo para o aumento dos riscos de queimadas e incêndios acidentais, prejudicando as florestas e vegetação natural, devido ao aumento do período tradicional da queimada e a propagação do fogo para áreas de florestas primárias que se encontram mais secas.

As mudanças climáticas também podem afetar diretamente nas ocorrências de queimadas tanto positivamente quanto negativamente; negativamente quando essas mudanças impulsionam grandes períodos de seca durante o ano, ou anos consecutivos de

seca, acarretando dessa maneira uma maior emissão de carbono para a atmosfera e também o aumento de casos de problemas na saúde decorrentes do aumento de particulados e poluentes na ar (COCHRANE, 2003).

Relação entre queimadas e chuva

As queimadas são moduladas principalmente pelo padrão de sazonalidade das precipitações. A figura 8 demonstra a correlação entre os intervalos de precipitação mensal e a média de focos para esses intervalos na BM. O coeficiente de determinação ($R^2 = 0,823$) dessa relação exponencial demonstra uma significativa relação (valor-p < 0,05) entre a ocorrência de chuva em função do total mensal acumulado de chuva.

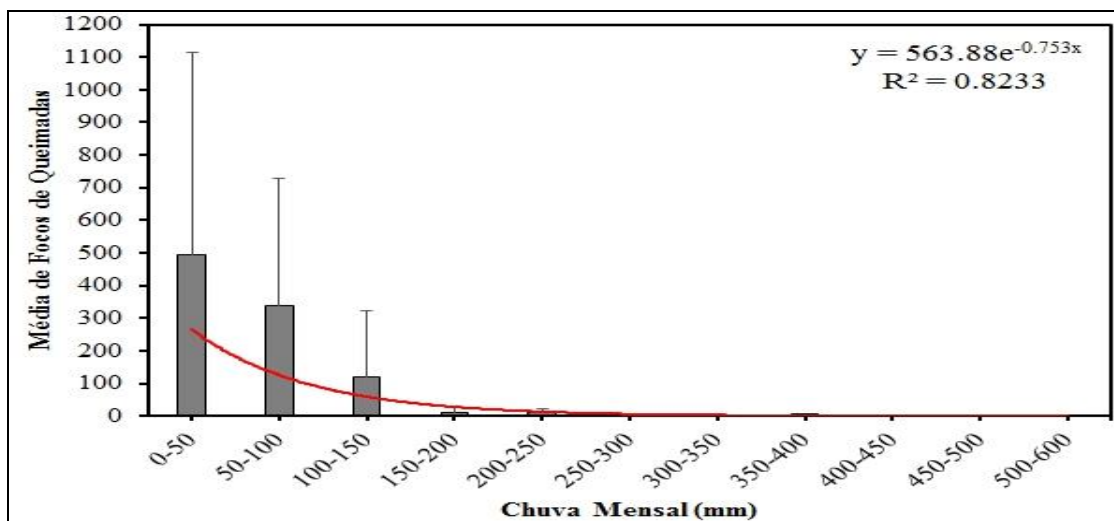


Figura 8 – Regressão entre intervalos de chuva e média de focos de queimadas.
 Fonte: Dados da pesquisa.

É importante destacar a relação exponencial entre as queimadas e a precipitação, em que o número de focos de queimadas diminui exponencialmente à medida que a precipitação aumenta. O limiar identificado no gráfico é de 100 mm de precipitação, onde acima de 100 mm o número de focos diminui exponencialmente e abaixo de 100 mm aumentam exponencialmente. Dessa maneira, em períodos de 30 dias com chuva acumulada inferior a 100 mm, a probabilidade de ocorrência e de aumento das áreas impactadas cresce consideravelmente.

Distribuição espacial das queimadas e altimetria

Dinâmica das queimadas na Baixada Maranhense
Celso Henrique Leite Silva Junior; Ana Talita Galvão Freire; Taíssa Caroline Silva Rodrigues;
Josué Carvalho Viegas; Denilson da Silva Bezerra

Nas áreas mais baixas da BM estão localizados os campos periodicamente alagados (Figura 9). Essas áreas ficam alagadas durante o período chuvoso e secam durante o período de estiagem de cada ano (ALMEIDA-FUNO; PINHEIRO; MONTELES, 2010).

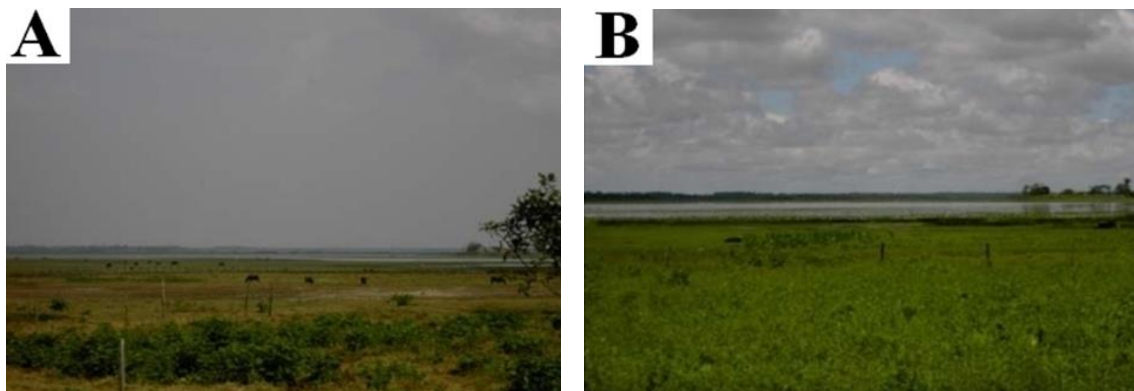


Figura 9 – (A) período de estiagem. (B) período chuvoso. Olinda Nova do Maranhão – MA.
 Fonte: Bernardi (2005).

Nesse ambiente as áreas periodicamente alagadas são constituídas principalmente por vegetação do tipo gramínea, mais propensas à ocorrência de queimadas. Isso indicaria áreas com maior frequência de ocorrência de focos ao longo do ano. No entanto, analisando o gráfico da figura 10, a linha de tendência aponta que quanto maior a altimetria do terreno maior é a média de focos de queimadas na BM. Isso demonstra que as áreas periodicamente alagadas são áreas que restringem a ocorrência de queimadas.

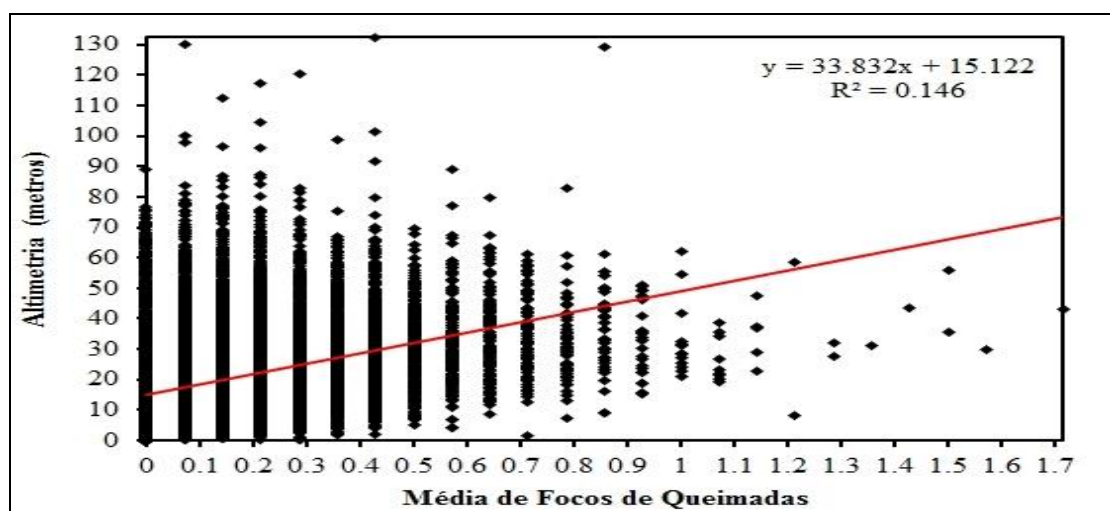


Figura 10 – Regressão entre a altimetria e a distribuição espacial dos focos de queimadas (valor- $p < 0.05$)
 Fonte: Dados da pesquisa.

Quanto à distribuição espacial das queimadas na BM, é possível observar que os padrões de distribuição das queimadas na figura 11 evidenciam uma menor ocorrência nas áreas periodicamente alagadas. As áreas mais altas são as de maior quantidade de

Dinâmica das queimadas na Baixada Maranhense
Celso Henrique Leite Silva Junior; Ana Talita Galvão Freire; Taíssa Caroline Silva Rodrigues;
Josué Carvalho Viegas; Denilson da Silva Bezerra

ocorrência de focos, com maior frequência de atividades agrícolas e desmatamento, que na região amazônica estão diretamente ligadas à ocorrência de queimadas (ARAGÃO et al., 2014).

As áreas periodicamente alagadas são utilizadas para atividades agrícolas principalmente pela presença de solos orgânicos formados pelo depósito de matéria orgânica durante a estação chuvosa. Nessas áreas o uso de fogo é menos intenso que em áreas mais altas.

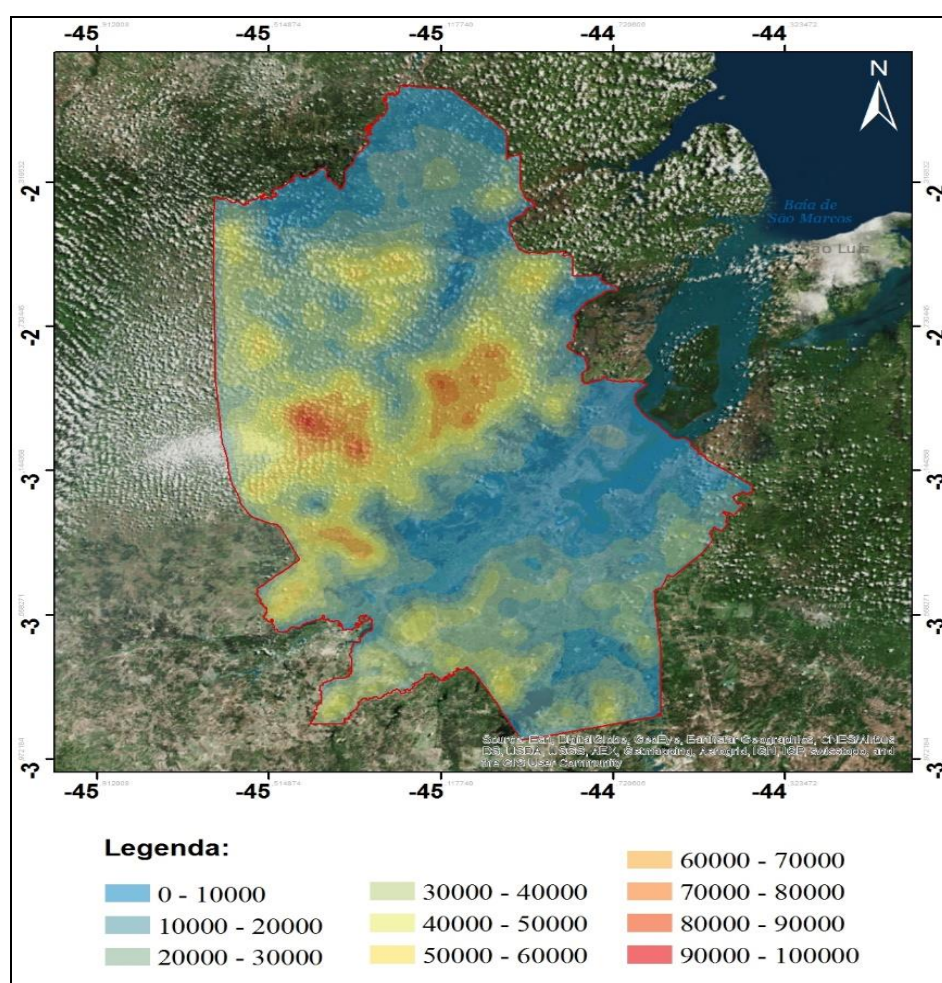


Figura 11 – Distribuição espacial das queimadas acumuladas entre 2000 e 2013.

Fonte: Dados da pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As queimadas são um importante agente de transformação da cobertura da terra. Na BM o uso do fogo é uma importante e barata ferramenta para a preparação do solo na agricultura. Seu uso causa problemas respiratórios na população, o que constitui juntamente com a degradação da terra um efeito adverso do fogo.

Os picos de ocorrências de queimadas na região coincidem com o período de mínima precipitação (estação de estiagem de chuva). Esse padrão ocorre periodicamente durante todos os anos.

Nos anos de 2010, 2012 e 2013 ocorreram secas severas na região, o que acarretou em um aumento considerável na ocorrência de queimadas nos mesmos anos. Sendo necessário o monitoramento dessas secas para minimizar o impacto destas na ocorrência de queimadas.

Um limite de 100 mm que determina o aumento ou diminuição exponencial das queimadas foi encontrado. Acima desse limiar as queimadas diminuem exponencialmente, enquanto com ocorrência de chuva abaixo desse limiar as queimadas crescem exponencialmente.

Nesse ambiente, a altimetria do terreno limita a ocorrência de queimadas. Nas áreas mais baixas e que alagam periodicamente, a ocorrência de queimadas é limitada, no entanto, nas áreas mais altas, a concentração dos focos é significativamente maior.

Os resultados aqui apresentados contribuem para o entendimento e melhor gestão do fogo nessa área de grande importância ecológica e econômica para o estado do Maranhão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Flávio Henrique Reis Moraes do Laboratório de Ciências do Ambiente da Universidade Ceuma (LACAM/UNICEUMA) por ceder a fotografia da figura 3. Também aos colegas Alindomar Lacerda Silva e Érica Moreira Silva pela tradução do resumo em inglês e espanhol, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA-FUNO, I. C. da S.; PINHEIRO, C. U. B.; MONTELES, J. S. Identificação de tensores ambientais nos ecossistemas aquáticos da área de proteção ambiental (APA) da Baixada Maranhense. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 1, p. 74-85, 2010.

ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. e C. de; LIMA, A. de; SHIMABUKURO, Y. E. Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 4, p. 445-456, dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672005000400009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 13 set. 2014.

ANDRADE, J. B. de; SILVA, F. B.; RABELO JÚNIOR, F. X.; SILVA, S. L. O.;

ROZÁRIO, I. L. M.; CONCEIÇÃO FILHO, J. F. da. Monitoramento dos focos de incêndios na Mesorregião Oeste do Estado do Maranhão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009.

ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; BARBIER, N.; LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y.; ANDERSON, L.; SAATCHI, S. Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, v. 363, n. 1498, p. 1779-85, 27 maio 2008. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2373892&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>. Acesso em: 15 jul. 2014.

ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA, R. M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. 7, p. L07701, 3 abr. 2007. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2006GL028946>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

ARAGÃO, L. E. O. C.; POULTER, B.; BARLOW, J. B.; ANDERSON, L. O.; MALHI, Y.; SAATCHI, S.; PHILLIPS, O. L.; GLOOR, E. Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. **Biological Reviews**, v. 89, n. 4, p. 913-931, 20 fev. 2014. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/brv.12088>>. Acesso em: 5 out. 2014.

ARAGÃO, L. E. O. e C.; SHIMABUKURO, Y. E.; LIMA, A.; ANDERSON, L. O.; BARBIER, N.; SAATCHI, S. Utilização de produtos derivados de sensores orbitais para o estudo de queimadas na Amazônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009.

ASSIS, J. M. O. de; SILVA, R. F. da; SOUSA, W. S. de; IRMÃO, R. A.; CORREIA, A. M. Tendências Climáticas Observadas no Período Chuvoso no Sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 2, p. 211-222, 2013.

BECERRA, J. A. B.; ALVALÁ, R. C. dos S.; Shimabukuro, y. precipitação, fogo e índices de vegetação na detecção de fisionomias de Savana Tropical na Região Amazônica Brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: 2008.

BERNARDI, C. C. **Conflitos sócio-ambientais decorrentes da bubalinocultura em territórios pesqueiros artesanais: o caso olinda nova do maranhão**. 2005. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília - DF, 2005.

CALDAS, J. M.; SILVA, F. B.; SILVA JUNIOR, C. H. L. Análise de focos de queimadas no Parque Estadual do Mirador utilizando um Sistema de Informação Geográfica – SIG, Estado do Maranhão, Brasil. In: PROCEEDINGS OF SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 14., 2014, Cubatão. **Anais...** Cubatão: COPEC, 2014. Disponível em: <<http://proceedings.copec.org.br/index.php/shewc/article/view/2378>>. Acesso em: 5 out. 2014.

COCHRANE, M. A. Fire science for rainforests. **Nature**, v. 421, n. 6926, p. 913-919, 27

fev. 2003. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12606992>>. Acesso em: 13 set. 2014.

CONCEIÇÃO, M. V. S. da; MOREIRA, J. F.; FARIAS FILHO, M. S. O espaço natural da Baixada Maranhense. In: FARIAS FILHO, M. S. (Ed.). **O espaço geográfico da Baixada Maranhense**. São Luís: JK Gráfica Editora, 2012.

FEITOSA, A. C. TROVÃO, J. R. **Atlas escolar do Maranhão: espaço Geo - Histórico e Cultural**. João Pessoa: Grafset, 2008.

FILHO, M. S. F. Agricultura itinerante e problemas socioambientais: uma análise da agricultura familiar no Maranhão. In: JORNADA INTERNACIONAL DE POLÍTICAS PÚBLICAS, 4., 2013, São Luís. **Anais...** São Luís: UFMA, 2013.

FREIRE, A. T. G.; MENDES, J. J.; BRITO, F. S.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; NETO, R. N. L. O ambiente geológico-pedológico das Planícies Inundáveis do Maranhão e sua fragilidade às ações antrópicas. In: SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 14., 2014, Cubatão. **Anais...** Cubatão: COPEC, 2014.

FREIRE, A. T. G.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. e C. de; SILVA, F. B.; MENDES, J. J. A zona de transição entre a Amazônia e o Cerrado no estado do Maranhão. Parte I: Caracterização preliminar dos dados focos de queimadas (produto MODIS MCD14ML). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015.

GERUDE, R. G. Focos de queimadas em áreas protegidas do Maranhão entre 2008 e 2012. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013.

GIGANTE, L. A.; ZAVALA, A. Z.; PEREIRA, B. D.; SILVA, G. R.; OYAMADA, G. C. Um estudo da similaridade das queimadas entre municípios no estado de Mato Grosso. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, XLV., 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2007.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

INPE. **Monitoramento de Queimadas**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

IPCC. Summary for Policymakers. In: EDENHOFER, O.; PICHES-MADRUGA, R.; SOKONA, Y.; FARAHANI, E.; KADNER, S.; SEYBOTH, K.; ADLER, A.; BAUM, I.; BRUNNER, S.; EICKEMEIER, P.; KRIEMANN, B.; SAVOLAINEN, J.; SCHLÖMER, S.; STECHOW, C. VON; ZWICKEL, T.; MINX, J. C. (Ed.). **Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge e New York: Cambridge University Press, 2014. 31 p.

LEWIS, S. L.; BRANDO, P. M.; PHILLIPS, O. L.; VAN DER HEIJDEN, G. M. F.;

NEPSTAD, D. The 2010 Amazon drought. **Science (New York, N.Y.)**, v. 331, n. 6017, p. 554, 4 fev. 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21292971>>. Acesso em: 12 set. 2014.

MARTINELLI, L. a; NAYLOR, R.; VITOUSEK, P. M.; MOUTINHO, P. Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a sustainable future. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, n. 5-6, p. 431-438, dez. 2010. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877343510001065>>. Acesso em: 12 set. 2014.

MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. de. **Amazônia maranhense: diversidade e conservação**. Belém: MPEG, 2011.

MENDES, J. J.; SILVA, F. B.; GALVÃO, A. T. F.; JUNIOR, C. H. L. S. Geotecnologias aplicadas no mapeamento de áreas inundáveis na Baixada Maranhense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015.

NASA. **TRMM**. Disponível em: <<http://trmm.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 5 jan. 2015.

PIROMAL, R. A. S.; RIVERA-LOMBARDI, R. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R.; KRUG, T. Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p. 77-84, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672008000100009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 13 set. 2014.

RAMSAR. **The List of Wetlands of International Importance: 11 September 2014**. 17. Disponível em: <<http://www.ramsar.org/pdf/sitelist.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2014.

SANTOS, P. V. dos; SANTOS, R. dos; COUTINHO, M. D. L. Detecção de Mudanças Climáticas Através de Índices Pluviométricos Diários no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 713-731, 2013.

SILVA JUNIOR, C. H. L.; FREIRE, A. T. G.; ANDERSON, L. O.; SILVA, F. B.; MENDES, J. J. A zona de transição entre a Amazônia e o Cerrado no estado do Maranhão. Parte II: Caracterização preliminar dos dados de área queimada (Produto MODIS MCD45A1). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015.

SILVA, F. B.; SANTOS, J. R. N.; ARAÚJO, M. L. S. de; SILVA JUNIOR, C. H. L. Análise espaço-temporal da precipitação no estado do Maranhão no período de 2003 a 2012. In: SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 14., 2014, Cubatão. **Anais...** Cubatão: COPEC, 2014.

SMITH, L. T.; ARAGÃO, L. E. O. C.; SABEL, C. E.; NAKAYA, T. Drought impacts on children's respiratory health in the Brazilian Amazon. **Scientific reports**, v. 4, p. 3726, jan. 2014. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3893650&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>. Acesso em: 13 set. 2014.

Dinâmica das queimadas na Baixada Maranhense
Celso Henrique Leite Silva Junior; Ana Talita Galvão Freire; Taíssa Caroline Silva Rodrigues;
Josué Carvalho Viegas; Denilson da Silva Bezerra

VALERIANO, M. de M.; ROSSETTI, D. de F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 300-309, mar. 2012. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143622811000786>>. Acesso em: 13 set. 2014.

VIEGAS, J. C. **Dinâmica da Paisagem do médio curso do Rio Pericumã, área de influência da Cidade de Pinheiro - Maranhão**. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2012.

VIEGAS, J. C. **Diagnóstico dos agentes e processos atuantes na fragmentação da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Pericumã, ambiente de Amazônia maranhense**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2015.

Recebido para avaliação em 29/02/2016
Aceito para publicação em 16/05/2016

APÊNDICE A

Tabela 1: Dados mensais de focos de calor entre os anos 2000 e 2013

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
2000	0	0	0	0	0	0	1	2	20	35	385	282	725
2001	3	0	0	0	0	0	0	23	41	214	406	116	803
2002	0	0	0	3	1	1	12	107	111	482	1507	509	2733
2003	46	0	0	2	0	2	44	121	111	550	2118	925	3919
2004	51	1	0	0	0	3	44	68	71	248	1818	1118	3422
2005	164	1	0	0	0	3	12	49	159	610	2082	622	3702
2006	11	7	1	0	4	2	8	45	56	297	1038	867	2336
2007	41	4	3	0	6	4	14	114	135	617	1923	540	3401
2008	18	0	1	1	4	1	20	52	60	204	1459	1026	2846
2009	41	0	2	0	0	1	5	66	66	179	1542	761	2663
2010	34	1	4	4	0	16	41	48	202	389	1118	523	2380
2011	7	1	17	1	1	6	18	33	84	166	937	752	2023
2012	128	2	4	0	5	7	17	97	167	740	1554	774	3495
2013	72	13	8	0	12	19	7	50	46	308	680	874	2089
Média	44	2.142	2.857	0.785	2.357	4.642	17.357	62.500	94.928	359.928	1326.214	692.071	

Fonte: Dados da pesquisa.

APÊNDICE B

Tabela 2: Dados mensais de chuva entre os anos 2000 e 2013

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
2000	256.170	378.625	440.997	464.955	393.330	155.452	189.775	57.309	38.065	14.681	10.365	119.884	2519.608
2001	252.772	310.312	331.274	564.425	190.143	268.777	110.101	9.373	15.396	5.942	25.465	59.721	2143.701
2002	419.187	122.376	325.259	446.566	254.363	185.009	50.042	14.755	14.148	7.133	21.461	90.470	1950.767
2003	246.013	389.261	399.402	379.144	256.175	199.827	61.547	39.387	27.676	9.163	43.401	52.854	2103.851
2004	359.190	367.650	407.431	363.097	203.418	153.083	153.695	57.544	18.787	12.404	12.392	26.548	2135.240
2005	105.685	233.036	337.820	294.642	243.421	198.219	88.826	22.314	6.452	18.299	30.198	146.575	1725.488
2006	177.858	182.525	408.025	452.495	388.917	150.961	44.608	52.206	22.065	6.521	54.896	55.947	1997.026
2007	51.431	390.966	356.037	401.731	228.564	81.236	93.655	14.594	7.122	21.759	18.575	90.515	1756.184
2008	225.143	268.997	531.826	308.197	346.631	230.029	105.968	45.891	10.104	18.617	19.922	80.377	2191.702
2009	156.550	280.280	369.102	447.562	468.450	146.713	80.029	21.545	9.912	14.427	11.826	57.565	2063.960
2010	165.234	112.956	184.146	319.536	258.314	184.740	115.352	18.894	10.232	75.329	49.129	110.686	1604.548
2011	387.139	333.458	288.881	451.939	356.354	142.029	154.441	53.680	10.232	75.329	55.159	15.957	2324.596
2012	130.772	166.354	350.090	164.098	112.509	95.766	66.578	28.540	10.934	12.806	31.803	57.832	1228.083
2013	70.490	243.428	271.063	235.303	244.262	123.649	130.284	23.774	15.660	7.033	70.576	35.393	1470.917
Média	214.545	270.016	357.240	378.121	281.775	165.392	103.207	32.843	15.484	21.389	32.512	71.452	

Fonte: Dados da pesquisa.