



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BALSAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

NATHÁLIA NUNES SZEPAINSKI

ANÁLISE MULTITEMPORAL DE FOCOS DE QUEIMAS NO MUNICÍPIO DE
BALSAS-MA

BALSAS
2021



NATHÁLIA NUNES SZEPAINSKI

ANÁLISE MULTITEMPORAL DE FOCOS DE QUEIMAS NO MUNICÍPIO DE
BALSAS-MA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Maranhão Campus Balsas, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Profa. Dr. Ana Paula de Melo e Silva Vaz

BALSAS
2021

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Nunes Szepainski, Nathália.

ANÁLISE MULTITEMPORAL DE FOCOS DE QUEIMAS NO MUNICÍPIO
DE BALSAS-MA / Nathália Nunes Szepainski. - 2021.

60 f.

Orientador(a): Ana Paula de Melo e Silva Vaz.

Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do
Maranhão, Balsas-MA, 2021.

1. Análise de queimadas. 2. Focos de Calor. 3.
Geoprocessamento. 4. Queimadas. I. de Melo e Silva Vaz,
Ana Paula. II. Título.

NATHÁLIA NUNES SZEPAINSKI

ANÁLISE MULTITEMPORAL DE FOCOS DE QUEIMAS NO MUNICÍPIO DE
BALSAS-MA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Maranhão Campus Balsas, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovado em 24 de setembro de 2021.

Banca Examinadora

Dra. Ana Paula de Melo e Silva Vaz, UFMA

Dra. Débora Batista Pinheiro Sousa, UFMA.

Dr. Daniel Silva Jaques, Doutor, UFOP.

“Quero dedicar à Deus, por me amar tanto, por ter me dado sabedoria em todos os momentos difíceis que vivi, por nunca ter desistido de mim.

Dedico essa conquista à minha filha, meu esposo e meus pais, que se mantiveram fortes e me apoiando para que esse dia chegasse.

Dedico também à minha orientadora querida, que sempre me incentivou e dedicou seu precioso tempo na confecção desse trabalho”.

Por que Dele, e por Ele, e para Ele são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente. Amém!
ROMANOS, 11:36-36.

RESUMO

As queimadas e os incêndios florestais provocam os principais problemas de poluição atmosférica no Brasil. A ocorrência destes fenômenos provoca prejuízos à fauna e flora, ao solo, a atmosfera e a saúde humana, e os prejuízos são ainda maiores quando consideradas as espécies endêmicas. Diante disso, o presente trabalho objetivou quantificar e analisar a ocorrência de focos de queimadas nos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020 no município de Balsas. Para tanto foram utilizados os dados de focos de queimadas fornecidos pelo FIRMS da NASA com técnicas de Geoprocessamento e SIG's. Com base nos focos de calor foi possível observar que o ano com maior índice de focos de calor foi 2010, com um total de 3323 focos, e o ano de menor ocorrência foi 2020, com um total de 1629 focos. Verificou-se ainda que índices quantitativos de queimadas possuem maiores valores no 3º trimestre de todos os anos, e analogamente, atinge menores valores no primeiro trimestre. Observou-se que a dinâmica do fogo está diretamente relacionada a sazonalidade climática, ocorrendo excedência hídrica no primeiro trimestre quando a precipitação possui valores médios de 565 mm e deficiência hídrica no terceiro trimestre quando a precipitação é de apenas 33mm. Observa-se, portanto, que a maior ocorrência de queimadas está atribuída ao clima seco, que corresponde principalmente aos meses de julho à outubro.

Palavras-chave: Queimadas. Focos de Calor. Geoprocessamento. Análise de queimadas.

ABSTRACT

Burning and forest fires cause the main atmospheric problems in Brazil. The occurrence of these phenomena causes damage to fauna and flora, the soil, the atmosphere and human health, the damages are even greater when considered as endemic species. Therefore, this study aimed to quantify and analyze the occurrence of fire outbreaks in the years 2005, 2010, 2015 and 2020 in the municipality of Balsas. For this purpose, data on fire outbreaks provided by NASA's FIRMS with geoprocessing and GIS techniques were used. Based on the hot spots, it was possible to observe that the year with the highest rate of hot spots was 2010, with a total of 3323 hot spots, and the year with the lowest occurrence was 2020, with a total of 1629 hot spots. It was also found that quantitative rates of burning have values in the 3rd quarter of every year, and similarly, reach lower values in the first quarter. It was observed that the fire dynamics is directly related to climatic seasonality, with excess water occurring in the first quarter when the deficiency has average values of 565 mm and water deficit in the third quarter when the inevitable is only 33 mm. It is observed, therefore, that the highest occurrence of fires is attributed to the dry climate, which corresponds to the months of July to October.

Keywords: Burns. Hot Spots. Geoprocessing. Fire analysis.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Justificativa.....	3
1.2 Objetivo Geral	4
1.3 Objetivos Específicos	4
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	5
2.1 A QUEIMADA E SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE	5
2.1.1 Impactos na Saúde e Riscos na Segurança	6
2.1.3 Impactos no Solo	9
2.1.4 Impactos nos Recursos Hídricos	11
2.1.5 Impactos na Biodiversidade	12
2.1.6 Impactos na Atmosfera	14
2.2 LEGISLAÇÃO SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS	14
2.3 CARACTERÍSTICAS REGIONAIS: CLIMA E USO DO SOLO	18
2.4 O MONITORAMENTO AMBIENTAL DE QUEIMADAS.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Caracterização da Área de Estudo	28
3.2 Metodologia de Pesquisa:.....	31
3.3 Procedimentos Metodológicos:	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

As queimadas são um dos principais problemas enfrentados no Brasil, e seus impactos ao meio ambiente podem provocar prejuízos à animais silvestres, à fauna, ao solo, à espécies endêmicas e a atmosfera. O clima predominante seco da região de Balsas favorece a propagação do fogo, tendo como agravantes a velocidade do vento e o relevo.

As queimadas também causam impactos significativos na saúde da população, causando por exemplo doenças respiratórias e pulmonares devido principalmente à inalação de fumaça, material particulado e gás carbônico.

A eficiência e rapidez na detecção do fogo é fundamental para viabilizar o controle do fogo, e para isso, é necessário compreender quais as áreas possuem maior incidência de queimadas e a evolução do fogo quanto à intensidade no passar dos anos. A análise utilizando geoprocessamento é uma eficaz maneira de monitorar os aspectos dos incêndios florestais e das queimadas, possibilitando a prevenção e combate de incêndios florestais para proteção do meio ambiente.

Dessa forma, através do Geoprocessamento foi possível realizar uma análise de dados existentes da ocorrência de queimadas e suas variações no período de 2005 à 2020 na região de Balsas-MA, subsidiando a mensuração quantitativa da áreas que sofreram focos de incêndio e a comparação da disseminação das chamas com o passar do tempo.

1.1 JUSTIFICATIVA

As mudanças no uso e ocupação do solo na região de Balsas-MA constitui um grande obstáculo para a sua conservação. A região é composta pelo bioma Cerrado, e grande parte da cobertura vegetal já foi convertida para áreas agrícolas. Através do estudo da incidência de focos de queimadas e sua análise, é possível avaliar o aumento de áreas suscetíveis à incêndios através do Geoprocessamento, estimando a concentração focos de queimada e sua espacialização, podendo então contribuir para o planejamento da região quanto a prevenção de incêndios e uso sustentável do solo, protegendo sua fauna, flora e corpos hídricos.

1.2 OBJETIVO GERAL

Através desse projeto, pretende-se realizar uma pesquisa bibliográfica referente à Queimadas e utilizar o Geoprocessamento para analisar a ocorrência de queimadas na região de Balsas-MA, identificando o número de focos de queimadas nos períodos de 2005 a 2020, com intervalos de 5 anos.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as áreas queimadas ao longo dos anos;
- Utilizar o Geoprocessamento e os SIG's para analisar a ocorrência de queimadas nos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020 na região de Balsas-MA;
- Utilizar o Geoprocessamento e os SIG's para elaboração de mapas temáticos que auxiliem na análise dos focos de queimadas por trimestre na região de Balsas-MA;
- Fazer a comparação da disseminação do fogo ao longo dos anos.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 A QUEIMADA E SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE

As queimadas são uma forma de manejo tão antiga como a própria agricultura, sendo bastante comuns em muitas regiões tropicais e subtropicais. A necessidade da renovação das pastagens para seus rebanhos e da limpeza do terreno, a fim de facilitar o plantio, levou o homem primitivo à descoberta da técnica da queima. Este passou, então, a utilizá-la nos campos e florestas para controlar certos tipos de vegetação, possibilitando assim o cultivo do solo (SANTOS, 1992).

No entanto, essas queimadas não destroem apenas as áreas desmatadas para essa finalidade, infelizmente muitas das vezes por negligência ou imperícia, o fogo ultrapassa para áreas de floresta gerando uma verdadeira cadeia de incêndios. Embora essa não seja a única maneira de propagação de incêndios é a que tem gerado os maiores incêndios florestais no Brasil (MORAIS, 2011).

O termo fogo, de modo geral, é aplicado ao fenômeno Físico resultante da rápida combinação do oxigênio com uma substância comburente qualquer, com produção de calor, luz e, geralmente, chama. A combustão é o inverso da fotossíntese e consiste em um processo de decomposição que libera, sob a forma de calor, a energia armazenada (Soares, 1982).

As queimadas podem ocorrer tanto por meio de processos naturais, quanto a partir de causas antrópicas, relacionadas aos processos de mudanças na cobertura da terra, como também ao seu manejo, e a longo prazo podem ser altamente prejudiciais à terra, pois podem provocar a desertificação (SILVA JUNIOR et al., 2015). Os incêndios de causa humana, normalmente durante a estação seca, encontram as condições propícias como vegetação seca, umidade relativa baixa, ventos fortes e então geralmente provocam incêndios de grandes magnitudes (BERNARD, 2011.)

A queimada é uma combustão incompleta ao ar livre, e depende do tipo de matéria vegetal que está sendo queimada, de sua densidade, umidade etc., além de condições ambientais, em especial a velocidade do vento. Por ser uma combustão incompleta, as emissões resultantes constituem-se inicialmente em monóxido de carbono (CO) e matéria particulada (fuligem), além de cinza de granulometria variada. Resultam também dessa combustão compostos orgânicos simples e complexos representados pelos hidrocarbonetos (HC), entre outros compostos orgânicos voláteis

e semivoláteis, como matéria orgânica policíclica - hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, dioxinas e furanos, compostos de grande interesse em termos de saúde pública, pelas características de alta toxicidade de vários deles (RIBEIRO, 2002).

Como nas queimadas a combustão se processa com a participação do ar atmosférico, há também emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x), em especial o óxido nítrico (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO₂), formados pelo processo térmico e pela oxidação do nitrogênio presente no vegetal (RIBEIRO, 2002). A intensidade ou severidade das queimadas está diretamente relacionada com os processos de degradação do solo como perdas por erosão e desequilíbrio na oferta de nutrientes o que pode ocasionar o comprometimento da capacidade de regeneração da biodiversidade (CAPECHE, 2012).

“As queimadas, além de liberar uma enorme quantidade de fumaça e partículas, aumentando o teor de gás carbônico na atmosfera e ameaçando a saúde da população, pode trazer prejuízos imensos e duradouros [...]. Como consequência da queimada estão a degradação do solo, que altera as características físicas, químicas e biológicas de todo o ecossistema, o empobrecimento do solo causado pela eliminação dos microorganismos essenciais para a fertilização que alteram os nutrientes, como o cálcio, enxofre e potássio” (BERNARDY, 2011).

Luciardo (2011) afirma que o fogo acarreta a destruição da cobertura vegetal e do húmus, morte de microrganismos, destruição da fauna silvestre, especialmente animais jovens, aumento de pragas no meio ambiente, eliminação de sementes em estado de latência, debilitação de árvores jovens susceptíveis a pragas e doenças, perda de nutrientes do solo, ressecamento do solo, destruição de belezas cênicas naturais, aceleração do processo de erosão, assoreamento de rios, lagos e lagoas.

Outro efeito significativo em termos climáticos é que as partículas em suspensão acabam por interferir no processo de formação de núcleos de condensação, alterando os mecanismos de formação de nuvens e o albedo, conseqüentemente alterando os processos radiativos e os ciclos hidrológicos nas regiões tropicais (YAMASOE *et al.*, 2000).

2.1.1 Impactos na Saúde e Riscos na Segurança

Sellers (1995) aponta que as mudanças na cobertura vegetal podem perturbar o clima, pois através de alterações de propriedades físicas da superfície continental como albedo, emissividade e rugosidade aerodinâmica, se modifica os balanços de energia e umidade através de variações na evaporação/transpiração, nos fluxos de calor latente e sensível e na transferência turbulenta de calor e umidade. Dessa forma, as alterações nestes processos afetam diretamente a precipitação e a circulação atmosférica, assim como a temperatura do ar próxima à superfície.

Outro aspecto relevante a se ressaltar é que as queimadas não são homogêneas, assim como seus efeitos para a saúde. Diferentes tipos de biomassa apresentam emissões bastante variadas em termos de gases e de material particulado. Diferentes fases ou estágios das queimadas também apresentam estas variações (YAMASOE *et al.*, 2000).

A quantidade de calor gerada nas queimadas faz com que a densidade dos gases se torne menor do que a do ar, causando a elevação dos gases resultantes e de partículas, que atingem alturas consideráveis durante o processo de dispersão da fumaça na atmosfera (RIBEIRO, 2002). Os efeitos da poluição atmosférica à saúde humana têm sido amplamente estudados em todo o mundo. Os estudos epidemiológicos evidenciam um aumento consistente de doenças respiratórias e cardiovasculares e da mortalidade geral e específica associadas à exposição a poluentes presentes na atmosfera, principalmente nos grupos mais susceptíveis, que incluem as crianças menores de 5 anos e indivíduos maiores de 65 anos de idade (SPEKTOR, 1991).

No caso das queimadas, estaríamos analisando a influência de fatores exógenos abióticos que poderiam ter um ou mais efeitos diretos, além de desencadear efeitos indiretos, tais como alterações macro e microclimáticas com consequências sobre elementos bióticos que, por sua vez, poderiam alterar o equilíbrio saúde/doença numa dada região. Muitos efeitos potenciais para a saúde humana podem resultar direta ou indiretamente das mudanças climáticas. Alterações na prevalência e disseminação de doenças infecciosas, mediadas por processos biológicos, ecológicos, sociais interligados poderiam ter significativo impacto na saúde pública e na sociedade, apesar de ainda não terem sido realizados estudos quantitativos em profundidade para entender tais processos (CHAN *et al.*, 1999).

Quanto maior a proximidade da queimada, geralmente é maior o seu efeito à saúde. Mas a direção e a intensidade das correntes aéreas têm muita influência sobre

a dispersão dos poluentes atmosféricos e sobre as áreas afetadas pela pluma oriunda do fogo. Se os ventos predominantes estiverem voltados para áreas urbanas ou áreas densamente povoadas, mais pessoas estarão sujeitas aos efeitos dos contaminantes aéreos (RIBEIRO, 2002).

Crianças, pessoas com problemas cardiovasculares ou respiratórios e idosos são algumas das populações mais vulneráveis à fumaça de queimadas. É mais provável que as crianças sejam afetadas pela inalação de fumaça devido ao desenvolvimento das vias aéreas e ao aumento da exposição ao passar mais tempo ao ar livre. As crianças são especialmente vulneráveis porque seus sistemas imunológico e respiratório ainda estão se desenvolvendo - e passam mais tempo ao ar livre do que os adultos, aumentando sua exposição aos vapores tóxicos (MACHIN, 2018).

Conforme, reiterado no estudo realizado em 2019 pela Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz mostra que as pessoas expostas à fumaça dos hotspots do Cerrado, principalmente crianças e idosos, enfrentam riscos aumentados de asma, bronquite e até ataques cardíacos (GIODA, 2019).

Estudos epidemiológicos mostram aumento consistente de internações hospitalares e da mortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares, relacionadas à exposição a poluentes presentes na atmosfera em diferentes regiões do globo. Isso ocorre principalmente nos grupos mais suscetíveis (crianças, idosos e aqueles com histórico de doenças cardiorrespiratórias), mesmo quando os níveis de exposição são considerados seguros pela legislação ambiental (ANDRADE, 2013).

As partículas inaláveis têm dimensões $< 10 \mu\text{m}$ e se depositam no sistema respiratório humano em vários níveis. As partículas entre 2,5 e $10 \mu\text{m}$ depositam-se essencialmente no componente superior do aparelho respiratório e nos brônquios principais. As partículas finas ($< 2,5 \mu\text{m}$) podem atingir porções mais profundas do sistema respiratório, até atingirem os alvéolos pulmonares (GOMES, 2002). Para aqueles com problemas cardíacos ou respiratórios existentes, como os idosos, as partículas finas e ultrafinas encontradas na fumaça agravam doenças crônicas do coração e dos pulmões e têm sido associadas à morte prematura nessas populações (BRANCHER, 2019).

Além dos danos ambientais ocorrem danos materiais e econômicos: perda da produtividade, residências, indústrias, fechamento de aeroportos, acidentes rodoviários, interrupção das aulas, problemas de saúde (CAPECHE, 2012).

2.1.3 Impactos no Solo

O processo de desmatamento é muito utilizado por pequenos e médios produtores rurais, principalmente em regiões onde o conhecimento técnico ainda é precário, avançando por novas áreas e mudando os cenários da vegetação. Decorrente desses desmatamentos estão as queimadas de biomassa, método muito utilizado para limpeza rápida de áreas a serem cultivadas, devido seu baixo custo e rapidez no processo (DE ALCÂNTARA, 2020).

Entre as diversas razões apresentada como Justificativa do uso das queimadas, destaca-se a renovação e limpeza de pastagens, a fim de aumentar a produção de forragem e melhorar sua palatabilidade. Esta prática geralmente é realizada no início do período chuvoso, o que proporciona um aumento da capacidade de pastejo e controla o rebrote de espécies indesejáveis (SANTOS, 1992).

Há situações, no entanto, em que a utilização do fogo deve ser evitada ou ao menos reduzida, tais como no caso de solos excessivamente arenosos, em sistemas de agricultura em que se utiliza a cobertura morta, em solos muito pobres e com pequena quantidade de massa para ser queimada e em regiões com déficit hídrico acentuado (DERNATTÊ, 1988).

A intensidade ou severidade das queimadas está diretamente relacionada com os processos de degradação do solo como perdas por erosão e desequilíbrio na oferta de nutrientes o que pode ocasionar o comprometimento da capacidade de regeneração da biodiversidade (CAPECHE, 2012).

Em termos gerais, as temperaturas no interior do solo não se elevam muito durante uma queima, mas a perda de água pode ser muito grande. Geralmente, o fogo não afeta os nutrientes nas camadas inferiores a 2cm do solo (DEBANO & CONRAD, 1978).

CAPECHE (2012) faz referências aos impactos das queimadas na qualidade do solo, onde afirma que queimada disponibiliza nutrientes após a queima, mas que seu feito é temporário, tendendo a durar no máximo 3 anos.

Logo após a queima, especialmente na camada superficial, há um decréscimo na concentração de N-amônio, seguido de um súbito aumento cerca de 60 dias após a queima. Este comportamento parece estar de acordo com um aumento nos

processos de nitrificação, estimulados pelo calor da queima: o teor do substrato amônia diminui logo após a queima, havendo um incremento posterior, correspondendo aos processos de mineralização subsequentes (MROZ et al., 1980).

Em curto prazo, o fogo torna-se um agente de mineralização, aumentando a disponibilidade de nutrientes para o crescimento das plantas, especialmente em profundidades menores que 0,5cm de solo, devido as cinzas com alta concentração de P, K e Ca (COUTINHO, 1990; KAUFFMAN et al., 1994). Ainda, OWENSBY & WYRILL (1973) também observaram que a queima da vegetação morta enriquece o solo da camada superficial na maioria dos nutrientes em camadas de 3m, pois acelera a mineralização na forma química e biológica, descrevendo aumento nas concentrações de cálcio, magnésio e potássio, e descreveram que não houve mudança para o fósforo.

Em um estudo, Melo (2006) observou que mesmo a camada superficial não tendo altas concentrações de nitritos e nitratos, com a queima, a concentração destes nutrientes nessa camada aumentou abruptamente, chegando a valores muito maiores que nas outras. Além disso, observou que em 60 dias após a queima.

Isso ocorre pela deposição das cinzas na superfície do solo. Entretanto ocorre uma perda de matéria orgânica, com conseqüente efeito na atividade e diversidade da fauna do solo, principalmente nos primeiros centímetros de profundidade (NUNES et al., 2009).

Entre os nutrientes, o nitrogênio é o mais estudado, e seu ciclo se modifica com a queima, aumentando a quantidade de N amoniacal, o qual é nitrificado rapidamente, podendo ser lixiviado. A recuperação das plantas depois da queima depende em parte das formas de N que permanecem disponíveis. O fogo pode provocar pequenas perdas de N por volatilização (MROZ et al., 1980).

Melo (2006) cita que a queima diminuiu a concentração de pH e de Al^{+3} em todas as camadas do solo, com posterior elevação a partir dos 90 dias após a queima, diminuindo também os teores de alumínio trocável. Ainda, Melo (2006) informa que em contrapartida, o aumento da temperatura provoca oxidação da matéria orgânica, diminuindo os teores de P, de Ca, K e Mg no solo quando ocorre a lixiviação. Sem falar no efeito da erosão nos solos expostos (TAVARES et al, 2008).

A queima é um sistema de preparo da área para plantio que expõe o solo à erosão (SANTOS et al 1992). PIRES et al (2006) estudando o efeito da erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto registraram maior perda de água e solo no plantio

na direção do declive com queima, comparado ao sem queima. Quanto ao solo, é sabido que uma condição de menor cobertura possui menor capacidade para reter água (SARAIVA et al., 1981).

Mesmo depois da queima, há alteração do aquecimento na superfície do solo, devido à maior absorção da radiação solar. Já que a cinza tem cor variável (desde cinza até quase preta), em função do material queimado com sua duração (COSTA, 1990).

2.1.4 Impactos nos Recursos Hídricos

Com a queima da vegetação, tem-se a diminuição da taxa de evapotranspiração e os excedentes hídricos superficiais tendem a aumentar com a ocorrência das chuvas. Na medida em que o fogo altera a qualidade da água, ele pode afetar a comunidade aquática, tais como o fitoplâncton, os macro e microinvertebrados, além dos peixe (BRITO, 2014).

O fogo altera a cobertura vegetal e a camada superior do solo, passando a ter um impacto no movimento da água entre os vários compartimentos do ciclo hidrológico (SPENCER et al., 2003). Brito (2014) afirma as queimadas que contribuem para a redução da mata em áreas de nascentes e, potencialmente, para o desequilíbrio dos corpos hídricos com o aporte de grande quantidade de cinzas advindas das queimadas.

Quando ocorre uma queimada, cinzas e materiais particulados podem ser transportados através das chuvas para rios e/ou águas subterrâneas, e causar impactos em comunidades aquáticas (MINSHALL et al., 2001; SCRIMGEOUR et al., 2001). Com a queima da vegetação, tem-se a diminuição da taxa de evapotranspiração e os excedentes hídricos superficiais tendem a aumentar com a ocorrência das chuvas. Na medida em que o fogo altera a qualidade da água, ele pode afetar a comunidade aquática, tais como o fitoplâncton, macro e microinvertebrados, além dos peixes (BRITO, 2014). Com o período chuvoso nas áreas queimadas, uma grande quantidade de nutrientes e de material particulado presente nas cinzas é transportada para os rios, acarretando alterações nas propriedades físico-químicas desses ambientes (LARANJEIRA et al., 2008)

O dano às matas ciliares atinge diretamente o potencial hídrico de toda a microbacia, já que com a diminuição desse tipo de vegetação o volume das águas nos cursos d'água é alterado em função da menor infiltração de água no solo e do maior escoamento superficial, o que potencializa a ocorrência de processos erosivos e o carreamento de material sólido para os cursos dos rios (SILVA, 2006).

De acordo com Shakesby (2006), o pH dos rios pode ser afetado pelas cinzas e após um ano do fogo, o aumento dos valores de pH dos solos pode contribuir para o aumento do pH da água dos rios. A condutividade elétrica (CE) e o pH nos rios aumentam após as cinzas de áreas queimadas alcançarem a água, e o oxigênio dissolvido (OD) diminui. Contudo, após quatro meses, os valores destes parâmetros voltaram às condições originais de pré-queima em rios norte-americanos (EARL et al., 2003).

2.1.5 Impactos na Biodiversidade

O solo é o habitat natural para uma grande variedade de organismos, tanto microrganismos, quanto animais invertebrados. Esse conjunto que vive e é responsável por inúmeras funções do solo é chamado de biota do solo, e apresenta uma grande variedade de tamanhos e metabolismos. Os microrganismos são extremamente diversos com várias centenas de espécies de fungos e uma grande diversidade de tipos de bactérias com populações que variam de 10^6 a 10^9 células por centímetro cúbico (SWIFT et al., 1979).

As características de um solo, bem como a sua qualidade são determinadas em grande parte pelos organismos nele presentes. Essa interferência pode ser clara em processos tais como na decomposição, ou menos óbvia como no caso da textura e estrutura do solo ou capacidade de retenção de água. Tanto os microrganismos como a fauna de solo são capazes de modificar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (PANKHURST & LYNCH, 1994)

Estes pequenos animais atuam de maneira indireta na ciclagem de nutrientes através da ingestão de bactérias e fungos. A intensidade de predação pode, em muitos casos, intensificar a mineralização ou retardar a imobilização de nutrientes na biomassa microbiana (CORREIA, 2000).

O conhecimento dos grupos da fauna do solo e das funções por eles desempenhadas (fragmentação, controle da população microbiana, alterações estruturais de habitat) permite um manejo direto (inserção de grupos em um ambiente) ou indireto (favorecimento de habitats) (SNYDER et al., 2008).

Dos organismos do solo, a macrofauna é destaque, já que seus integrantes tem o corpo em tamanho suficiente para romper estruturas de horizontes orgânicos e minerais do solo ao se alimentar, movimentar e construir galerias, aumentando assim a macroporosidade, responsável pela infiltração e percolação da água de chuva, e pela aeração dos solos (ASSAD, 1997a; GIRACCA et al., 2002).

Por meio de suas ações mecânicas no solo, a macrofauna contribui na formação de agregados estáveis, que podem proteger parte da matéria orgânica de uma mineralização rápida e que constituem, também, uma reserva de nutrientes potencialmente disponível para as (DECÄENS et al., 2003).

Qualquer que seja a abordagem de estudo é preciso duas ferramentas básicas: a abundância – que fornece uma visão parcial da comunidade – e a diversidade de espécies ou grupos presentes (DANGERFIELD et al., 2005). Além disso, é fundamental ao funcionamento do ecossistema, pois representa todos os níveis tróficos na cadeia alimentar do solo, afetando direta e indiretamente a produção primária (SILVA et al., 2007). Há ainda o fato que os solos que sofrem queimadas apresentam mudanças na composição e atividade metabólicas específicas considerando o estresse da população em função do efeito da temperatura elevada (RHEINHEIMER et al., 2003).

Durante a queimada, o fogo alastra-se rapidamente e muitas vezes não oferece condições de fuga aos animais, ocasionando mortes e destruição de ninhos e filhotes. Muitos animais morrem até mesmo em virtude da elevada temperatura ou por asfixia causada pela fumaça. Alguns integrantes da fauna, como insetos, pequenos roedores e pássaros, são completamente incinerados e sequer deixam vestígios notáveis (SILVA, 2006).

A queima de áreas para fins de plantio ou colheita tem efeitos negativos drásticos sobre as populações de animais do solo. Além da eliminação direta de praticamente todos os animais que vivem na superfície do solo, a eliminação da serrapilheira elimina a fonte de alimento e desestrutura o habitat. Sem alimento e sem habitat, a recolonização quando ocorre é lenta e restrita a poucos grupos (CORREIRA,

2000). Altera, por exemplo, as populações e atividade de microrganismos responsáveis pelos processos de mineralização e humificação e, em consequência, exerce influência sobre o ciclo de matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas (DECAENS et al., 2003).

2.1.6 Impactos na Atmosfera

O aumento da concentração de gases na atmosfera pode causar problemas na Terra. Os gases que ficam em suspensão na atmosfera absorvem a energia térmica dos raios infravermelhos refletidos pela superfície terrestre (efeito estufa), podendo causar o aquecimento global do planeta, o que ocasiona grandes impactos ecológicos (SANTOS, 1992).

De acordo com Sapkota (2005), além de afetar comunidades próximas, a poluição originada em incêndios florestais pode viajar milhares de quilômetros a áreas urbanas bastante povoadas. A eliminação de partículas causadas pela queima pode ocasionar aumento de temperatura atmosférica em curto prazo e, em longo prazo, resfriamento do clima devido à eliminação do dióxido de carbono. Analiticamente, a queima de biomassa sempre acumula dióxido de carbono, mesmo quando fluxos de recuperação e rebrota da vegetação se equivalem aos fluxos de emissão (RIBEIRO, 2008).

Ocorre a emissão de gases do efeito estufa, principalmente CO e CO₂, além de compostos nitrogenados. Esse particulado aéreo (composto de carbono e minerais) é levado pelo vento e retorna ao solo pela gravidade e chuva. Outra parte do CO₂ é absorvida pelas plantas (BARBOSA, 2001).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), índices de umidade relativa do ar inferiores a 30% caracterizam estado de atenção; de 20% a 12%, estado de alerta; e abaixo de 12%, estado de alerta máximo. Os principais efeitos da baixa umidade são secura na garganta e nos olhos e problemas respiratórios (SILVA, 2006).

2.2 LEGISLAÇÃO SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS

No Brasil, a questão ambiental é estabelecida pela Constituição Federal de 1988, no Artigo 225, além de outras implicações nos artigos 5º, 23, 24, 129, 170, 174, 186 e 220 (FLORIANO, 2007). Outra diretriz importante para a área é a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei nº 6.938/81 e que estabelece à União, aos Estados e aos Municípios a responsabilidade de garantir o desenvolvimento socioambiental, através de jurisdições, controles e fiscalizações (CARVALHO et al., 2005).

O Brasil possui uma legislação abrangente sobre a questão dos incêndios florestais e queimadas, que satisfaz as necessidades no que diz respeito à proteção legal do meio ambiente. Mas a proteção das florestas somente é efetiva quando feita através da prevenção, pois não existe maneira melhor de se combater um incêndio do que evitando que ele exista (PARIZOTTO, 2008).

Incêndio florestal pode ser definido como uma combustão sem controle que se propaga consumindo os combustíveis naturais de uma floresta, tendo como principal característica o fato de propagar-se livremente, respondendo apenas às variações do ambiente e às influências derivadas dos combustíveis vegetais, do clima e da topografia (BATISTA; SOARES, 2003).

Santos (2004) também afirma que é de grande importância o conhecimento das causas e da frequência dos incêndios florestais, principalmente levando-se em consideração que o ponto de partida para a elaboração dos planos de prevenção é saber quem (ou o que) iniciou o fogo.

O registro de incêndios florestais é fundamental para se conhecer o problema que tal fenômeno causa em uma floresta nativa ou plantada, não raramente ignorado em sua plenitude. É fundamental saber onde ocorrem os incêndios, quando eles ocorrem e conhecer suas principais causas, porque, ao se conhecerem as causas, pode-se estabelecer um meio eficaz para prevenir ou minimizar suas consequências (SANTOS, 2004).

No Maranhão o fogo atinge até mesmo as Unidades de Conservação (UCs). Este fato é crítico. Já que estas áreas são legalmente utilizadas para a proteção e conservação de ecossistemas únicos. Entre 2008 e 2012, foram registrados 19.048 focos de calor nas UCs, correspondendo a 19,5% de todos os focos identificados no período para todo o Maranhão (GERUDE, 2013). A lei Nº 8.528 de 07 de dezembro de 2006 dispõe sobre a Política Florestal e de Proteção à Biodiversidade no Estado

do Maranhão, e enquadra como crime promover queimadas em qualquer área florestal, podendo ser passível de multas ou revogação das licenças ou outorga concedidos à pessoa física ou jurídica que reincidir em infração, sujeita a pena de suspensão concedidas para utilização da área.

Art. 51-A. Constitui infração, para os efeitos desta Lei, qualquer ação ou omissão que importe a inobservância de seus preceitos, bem como das normas regulamentares e as medidas delas decorrentes.

VIII - provocar incêndio em qualquer formação florestal ou campestre;

IX - fazer queimada sem prévia autorização do órgão competente ou sem tomar as precauções adequadas;

XXXIV - criar condições ou favorecer a ocorrência de incêndios florestais em áreas consideradas críticas, como margens de rodovias e ferrovias, entorno das unidades de conservação e zonas de proteção ambiental;

Além disso, o Novo Código Florestal por meio da Lei 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012) por meio do seu Artigo 38 proíbe o uso do fogo na vegetação, exceto nas seguintes situações:

I - em locais ou regiões cujas peculiaridades justifiquem o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais, mediante prévia aprovação do órgão estadual ambiental competente do Sisnama, para cada imóvel rural ou de forma regionalizada, que estabelecerá os critérios de monitoramento e controle;

II - emprego da queima controlada em Unidades de Conservação, em conformidade com o respectivo plano de manejo e mediante prévia aprovação do órgão gestor da Unidade de Conservação, 10 visando ao manejo conservacionista da vegetação nativa, cujas características ecológicas estejam associadas evolutivamente à ocorrência do fogo;

III - atividades de pesquisa científica vinculada a projeto de pesquisa devidamente aprovado pelos órgãos competentes e realizada por instituição de pesquisa reconhecida, mediante prévia aprovação do órgão ambiental competente do Sisnama.

Para preservar o meio ambiente dos efeitos nocivos dos fogos incontrolados são essenciais políticas protecionistas adequadas às características de cada região. Para estabelecer essas políticas de controle e prevenção, faz-se necessário conhecer quando e porque ocorrem os incêndios, ou seja, o perfil dos incêndios florestais (SANTOS, 2006).

A lei Nº 12.727, de outubro de 2012, que também trata do Direito Ambiental, que alterou trechos da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, citando que deve ser inserido o controle e prevenção de incêndios florestais:

“ Art. 1º-A. Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

Para buscar a proteção do meio ambiente, foram criadas leis para punir esses delitos praticados contra o meio ambiente, que “Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências”, assim, a aplicação de sanção jurídica. O grande diferencial da sanção jurídica é a certeza de que, uma vez realizado um ato contrário às regras da sociedade, incidirá sobre a conduta inadequada, respeitadas as normas que a previu e aplicada por quem for legalmente competente. (DOS SANTOS LAUS, 2004)

As sanções administrativas decorrem, por sua vez, do poder de polícia de que são dotados os órgãos estatais para zelarem pelos bens coletivos. O poder de polícia “é a faculdade, inerente à Administração Pública, que esta detém, para disciplinar e restringir as atividades, o uso e gozo de bens e de direitos, bem assim as liberdades dos administrados, em benefício da coletividade”. (Novos Estudos Jurídicos - v. 9 - n. 2 - p.417 - 434, maio/ago. 2004)

O Estado, deve fazer uso do poder de polícia, que por sua vez, “A utilização dos recursos ambientais, portanto, é atividade submetida ao poder de polícia do Estado. É o exercício do poder de polícia que servirá de parâmetro para os limites de utilização, legítimos, segundo a ordem jurídica vigente” (ANTUNES, 2016).

“Art. 7, CF, Considera-se poder de polícia a atividade da Administração Pública que, limitando ou disciplinando direito, interesse ou liberdade, regula a prática de ato ou abstenção de fato, em razão de interesse público concernente à segurança, à higiene, à ordem, aos costumes, à disciplina da produção e do mercado, ao exercício de atividades econômicas dependentes de concessão ou autorização do Poder Público, à tranquilidade pública ou ao respeito à propriedade e aos direitos individuais ou coletivos”.

Em 2021, foi publicado o decreto Nº 10.735, DE 28 DE JUNHO DE 2021, que proíbe o emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais de todo o Brasil pelo período de 120 dias, com exceção de algumas práticas, a exemplo parágrafo, II, do referido decreto.

Parágrafo único. A suspensão de que trata o caput não se aplica às seguintes hipóteses: II- práticas agrícolas de subsistência executadas pelas populações tradicionais e indígenas;

Logo é dever do Estado, fiscalizar, preservar e punir a quem prejudicar ou causar dano ao meio ambiente. Ações de trabalho em conjunto com órgãos de fiscalização como IBAMA e ICMBio, além do apoio das forças armadas, afim de coibir o uso da força pelos criminosos, onde usam por ameaças, causando medo nos agentes públicos.

2.3 CARACTERÍSTICAS REGIONAIS: CLIMA E USO DO SOLO

O Cerrado é um dos biomas mais ameaçados do planeta devido à velocidade de conversão de áreas nativas em áreas antropizadas. Originalmente, seus 240 milhões de hectares eram cobertos por fitofisionomias que variavam em extensão, complexidade estrutural e biodiversidade. Em apenas quatro décadas esse bioma perdeu cerca de 50% de sua área nativa (AQUINO, 2007). Esta diversidade de paisagens determina uma grande diversidade florística, que coloca a flora do bioma Cerrado como a mais rica entre as savanas do mundo, com 6.429 espécies já catalogadas (MENDONÇA et al. 1998).

O Cerrado possui uma área total de 2 milhões de km², compreendendo uma região crítica para o desenvolvimento socioeconômico do país e prioritária para conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos. Sua rica vegetação caracterizada por um mosaico de fitofisionomias abriga 12.000 espécies de plantas e animais, das quais 4.800 são endêmicas (STRASSBURG et al. 2017).

Coutinho (1990) cita que o cerrado possui vegetação dotada de adaptações morfológicas que adaptaram diversas espécies a processos ecológicos relacionados ao fogo, estimulando a ciclagem de nutrientes, o rebrote, frutificação e estabelecimento de plântulas de diversas espécies, sendo necessário, portanto o uso do fogo para dinâmica e estrutura da vegetação. Em ambientes onde o fogo é um distúrbio constante, a germinação pós-fogo pode ser desencadeada por diferentes mecanismos, sendo o calor e a fumaça os principais (KEELEY; FOTHERINGHAM, 2000; VAN STADEN et al., 2000).

O choque térmico pode tanto provocar a germinação, acelerando o processo em espécies com sementes com revestimento permeável à água, assim como através da ruptura da testa (quebra da dormência), permitindo a absorção de água, em espécies com sementes impermeáveis (BASKIN; BASKIN, 1998).

O Cerrado também tem papel primordial na segurança hídrica do país uma vez que contém nove das doze bacias hidrográficas brasileiras, das quais seis têm nascentes em seus limites (LIMA, 2011; BRASIL, 2011). O Cerrado, com 24% do território nacional, contribui com 14% da produção hídrica superficial brasileira, mas, quando se exclui a bacia Amazônica da análise, verifica-se que o Cerrado passa a

representar 40% da área e 43% da produção hídrica total do restante do país. (SCARIOT, 2005).

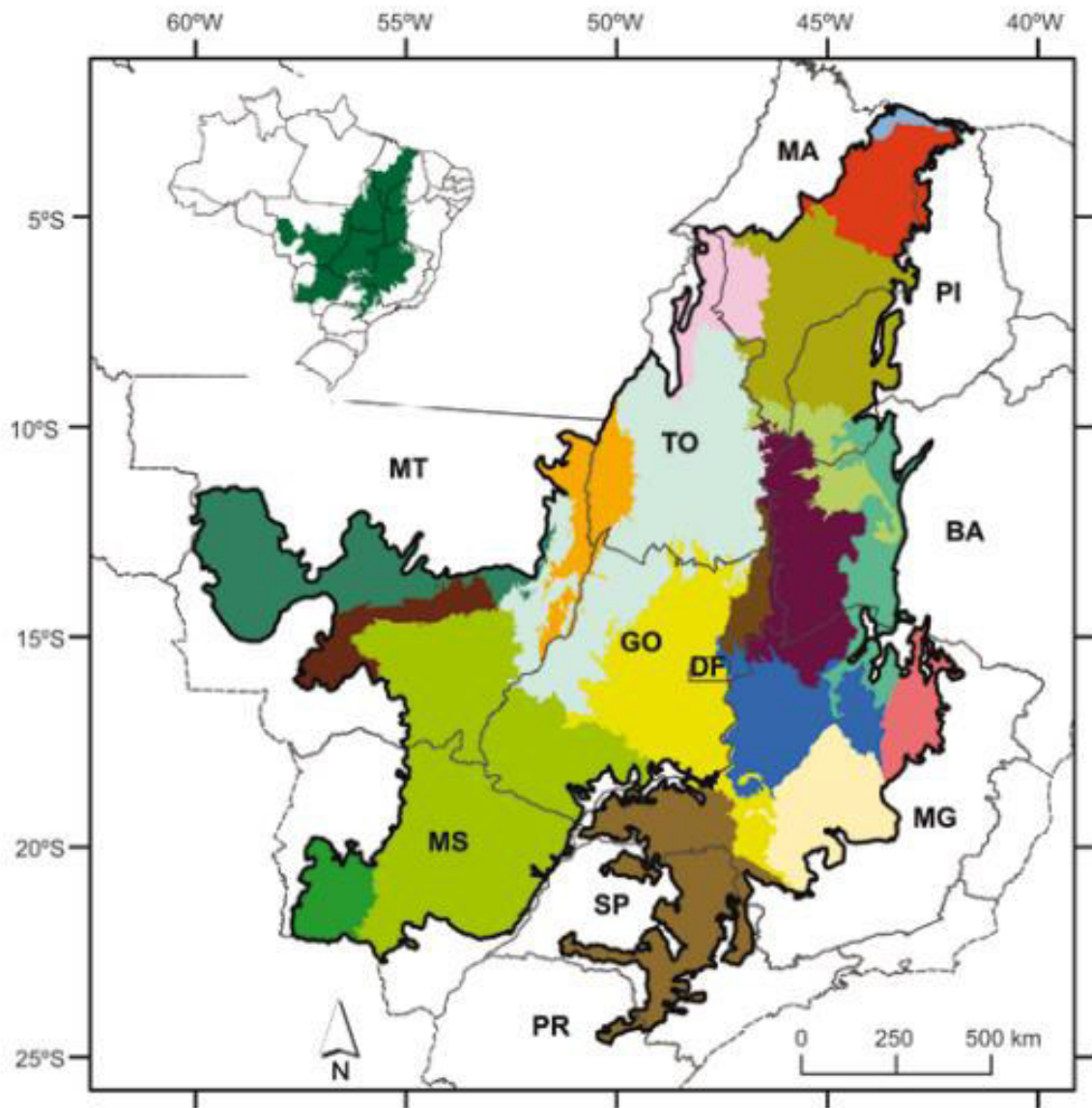
Comparando-se os dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009) com os dados preliminares do mesmo censo de 2017 (IBGE, 2018), as áreas do Cerrado ocupadas com culturas agrícolas anuais, culturas agrícolas perenes, pastagens cultivadas em boas condições e pastagens cultivadas degradadas passaram de 60,3 milhões de hectares para 67,9 milhões de hectares, o que equivale a um aumento de 13% em 11 anos (aumento de 1,1% ao ano (BOLFE et al. 2020).

O clima do Cerrado apresenta duas estações bem definidas, uma seca, que tem início no mês de maio, terminando no mês de setembro, e outra chuvosa, que vai de outubro a abril, com precipitação média anual variando de 600 a 2.000 mm, com a ocorrência frequente de veranicos, períodos sem chuva, na estação chuvosa desta região (ASSAD, 1994).

A probabilidade de que uma queimada surja no cerrado é muito alta se comparada com outros biomas como o amazônico, principalmente pelas suas altas temperaturas e pelo tipo de vegetação, características acrescidas por altas temperaturas devido a longos períodos de estiagem. Esses períodos são influenciados pelo fenômeno El Niño, que incide diretamente sobre algumas regiões do planeta e é responsável por variações extremas em relação ao clima habitual da região, como é o caso do cerrado (CUNHA et al., 2019).

A Figura 1 mostra o mapa elaborado por Bolfe (2020), que apresenta as ecorregiões do Cerrado com as suas unidades. Percebe-se que as ecorregiões do Paraná-Guimarães e Araguaia Tocantins são as mais extensas, ocupando 17,9% e 14,0% do Cerrado, respectivamente, e que Balsas-MA está inserida na ecorregião Alto Parnaíba, quarta maior do Cerrado, com 8,2% do total da área de extensão.

FIGURA 1: DIVISÃO DE ECORREGIÕES DO CERRADO E INDICATIVOS PORCENTUAIS (ENTRE PARÊNTESES NA LEGENDA) EM ÁREA DE CADA ECORREGIÃO NO BIOMA.

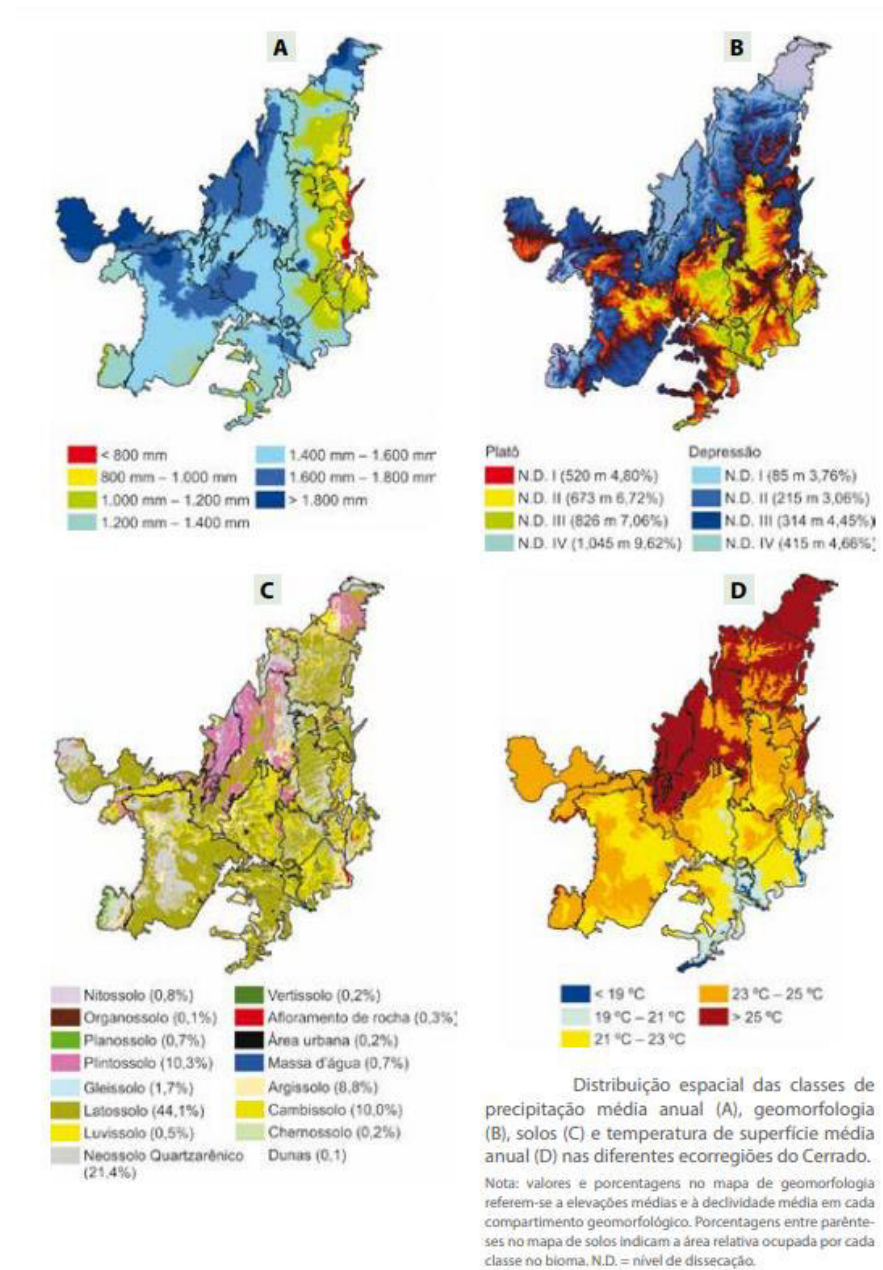


1 Alto Parnaíba (8,2%)	11 Depressão Cárstica do São Francisco (3,8%)
2 Alto São Francisco (3,9%)	12 Depressão Cuiabana (3,8%)
3 Araguaia Tocantins (14,0%)	13 Floresta de Cocais (3,7%)
4 Bananal (3,3%)	14 Jequitinhonha (1,9%)
5 Basaltos do Paraná (6,7%)	15 Paracatu (4,6%)
6 Bico do Papagaio (2,6%)	16 Paraná-Guimarães (17,9%)
7 Chapada dos Parecis (6,7%)	17 Parnaíba (2,3%)
8 Chapadão do São Francisco (5,8%)	18 Planalto Central (8,6%)
9 Complexo Bodoquena (2,0%)	19 Vão do Paraná (1,0%)
10 Costeiro (0,4%)	

FONTE: SANO ET AL. (2019).

Bolfe et al (2020) mostrou que a precipitação anual do cerrado varia entre 650 mm a 2.250 mm, onde os maiores limites de precipitações estão ao leste (sentido Caatinga) e para o Oeste (sentido Amazônia), com desvio padrão de 255 mm e média anual de 1.394 mm. Bolfe (2020) utilizou os estudos feitos por Sano (2019) para mostrar as características biofísicas das ecorregiões do Cerrado como precipitação, unidades pedológicas, temperatura de superfície e compartimentação geomorfológica, como mostra a Figura 2.

FIGURA 2: ECOREGIÕES DO CERRADO E SUAS CARACTERÍSTICAS

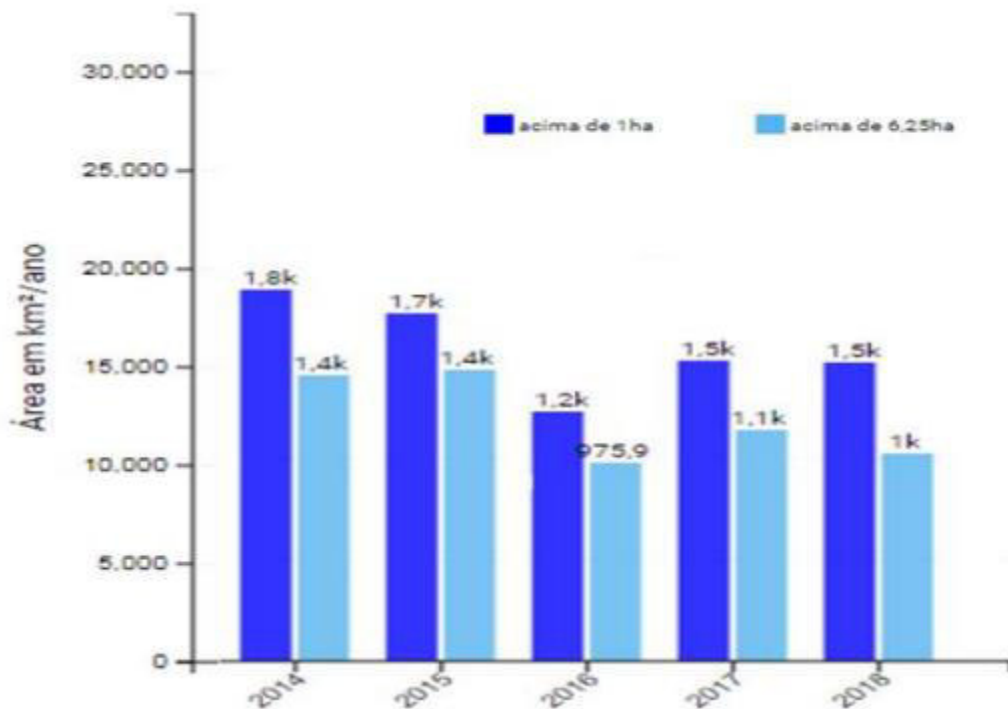


FONTE: SANO ET AL. (2019).

Por meio da análise das características físicas o planejamento baseado na análise morfométrica pode direcionar a implantação de atividades econômicas mais adequadas às características ambientais (VAZ, RAMOS & FROEHNER, 2021). Quanto ao município de Balsas, estudos realizados recentemente mostram que os focos de queimadas estão intimamente ligados com uso alternativo do solo (pastagens, agroindústrias e madeireiras), que desmata um grande percentual de área para essas atividades (RODRIGUES, 2020).

Ao analisar a situação do estado do Maranhão quanto ao desmatamento no período analisado neste trabalho, dados preocupantes foram observados, constatando-se a iminente necessidade de uma maior fiscalização e posterior aplicação de ações que acabem ou diminuam a forma com que o bioma tem sido explorado. No que diz respeito aos níveis de desmatamento no estado do Maranhão no período de 2014 a 2018, pode-se analisar a quantidade de quilômetros de cerrado desmatados (SALES et al., 2020) conforme mostra a Figura 3.

FIGURA 3: DESMATAMENTO ANUAL NO ESTADO DO MARANHÃO



FONTE: PRODES (2019)

Através do mapeamento realizado pelo PRODES Cerrado, pode-se analisar a variação anual da área total desmatada no cerrado maranhense, onde se constata um total de 7.751,22 hectares desmatados no bioma cerrado, o que equivale a 17,8% dos estados em que o bioma pode ser encontrado (PRODES, 2019) conforme mostra a Figura 4. Dentro dos municípios analisados, observa-se que Balsas foi o município que mais desmatou no Maranhão, cerca de 588,41 km² (FIGURA 4). Entretanto, o IBGE (2019) demonstra que Balsas é o maior município do estado em área territorial, com extensão de 13.141,757 km² e correspondendo a 3,98% da área total do Maranhão.

FIGURA 4: DESMATAMENTO NOS MUNICÍPIOS DO MARANHÃO



FONTE: PRODES (2019)

As queimadas que acompanham o desmatamento determinam as quantidades de gases emitidas não somente da parte da biomassa que queima, mas também da parte que não queima. Quando há uma queimada, além da liberação de gás carbônico (CO₂), são liberados também gases-traço como metano (CH₄), monóxido de carbono

(CO) e nitroso de oxigênio (N₂O). A parte da biomassa que não queima na queimada inicial, que é quente, com chamas, também será oxidada. Parte disto ocorre por processos de decomposição (com alguma emissão de CH₄ pela madeira consumida por cupins) e parte pelas requeimadas (queimadas das pastagens e capoeiras, que também consomem os remanescentes da floresta original ainda presentes nas áreas), queimadas estas de temperatura reduzida, com formação de brasas e maiores emissões de gases- traço (FEARNSTIDE, 2002).

2.4 O MONITORAMENTO AMBIENTAL DE QUEIMADAS

Com o avanço tecnológico tornou-se possível utilizar imagens de satélites, obtidas a partir de sensores remotos a bordo de satélites, para detectar e localizar, em tempo real, focos de incêndio. O Brasil investe em tecnologias que permitem o monitoramento e controle dos focos de calor em tempo recorde, sendo de grande auxílio no combate às queimadas (GRANEMANN et al., 2009).

A gestão de projetos governamentais com ações operacionais de monitoramento e combate deve ser fundamentada em dados históricos e detecção de fogos ativos. Esses dados permitem a emissão de alertas de incêndios em períodos de baixa umidade relativa do ar (PEREIRA, 2012).

Estrategicamente, o poder público possui uma forte estrutura administrativa em suas atividades: políticas de comando e controle, ferramentas de avaliação e monitoramento, recursos financeiros, além de diversas instituições governamentais responsáveis por aspectos específicos do meio ambiente, entre outros (Barata et al., p. 165, 2007).

Pereira (2016) aponta a importância da conscientização e prevenção contra as queimadas, usando estratégias para seu controle e alternativas de monitoramento.

A seleção das áreas críticas em termos de queimadas e a indicação das causas que as provocam pode servir para criar ações de prevenção a fim de reduzir o uso do fogo. Para isso sugere-se a criação de campanhas de conscientização, principalmente a agricultores e criadores de gado, indicando-lhes técnicas de controle e uso de queimadas, horários e

períodos mais adequados para queima, os prejuízos provocados pelo uso indiscriminado do fogo e alternativas que substituam o uso do fogo; também deve ser feita a fiscalização e monitoramento com a finalidade de manter em observação os municípios onde a ocorrência de queimadas é frequente (PEREIRA, 2016).

Dentre as principais metodologias usadas para obtenção de informações sobre áreas queimadas está o índice de queimada normalizada (NBR - Normalized Burn Ratio), que procura destacar regiões queimadas usando como base a resposta espectral da vegetação sadia, fotossinteticamente ativa, em contraste com a afetada pelas chamas (KEY e BENSON, 1999).

A detecção dos focos de calor é realizada selecionando-se todos os elementos de resolução da imagem (pixels) com as temperaturas detectadas acima dos 47°C, representada espacialmente por pixels saturados na imagem (JUSTINO et al. 2002). Tendo em vista que o desenvolvimento das Geotecnologias é de extrema importância para os órgãos de planejamento e monitoramento ambiental, além de contribuir para a preservação da floresta ajudam também no monitoramento dos focos de queimadas (DO NASCIMENTO, 2012).

As imagens são recebidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que envia os dados obtidos de queimadas à Embrapa Monitoramento por Satélite, onde os dados originais são convertidos em matrizes de latitudes, longitudes e quantidades de focos de calor, através de algoritmos desenvolvidos em linguagem "C" (DE MIRANDA, 2003).

A importância da detecção e monitoramento de queimadas está além do problema do desmatamento, implicando em modificações climáticas, ecológicas e ambientais diversas. (GRANEMANN et al., 2009). As informações do monitoramento podem também ser utilizadas em sistemas de fiscalização, prevenção e planejamento estratégico de investimentos, bem como em ações administrativas (PEREIRA, 2012).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) correspondem às ferramentas computacionais de Geoprocessamento, que permitem a realização de “análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados” (Câmara et al., 2005).

Para Aronoff (1989), os SIG projetados para a entrada, o gerenciamento (armazenamento e recuperação) e a análise e a saída de dados devem ser utilizados em estudos nos quais a localização geográfica seja uma questão fundamental na análise, apresentando, assim, potencial para serem utilizados nas mais diversas

aplicações. O autor descreve ainda que os SIG's não apresentam manipulação nos dados geográficos e que esses dados representam um modelo do mundo real, do qual possuem finalidades, objetivos e áreas de aplicações das quais esses sistemas podem ser utilizados.

Melo (2015) afirma que o sensoriamento remoto pode fornecer dados capazes de subsidiar interpretação e mensuração as dinâmicas geográficas, possibilitando análises multitemporais dos fenômenos que provocam alterações no espaço geográfico. Florenzano (2011) também afirma que essa ferramenta pode ser usada para detectar focos de calor, informações sobre temperatura, mensurar cicatriz de queimadas recentes e antigas e de acompanhar o processo de recuperação.

O Manual de Prevenção e Controle de Queimadas no Maranhão (2020) elaborado pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Maranhão (SEMA) cita que os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são utilizados para elaboração do boletim de queimadas do estado, onde os dados obtidos são disponibilizados para acesso público.

Os Boletins de Monitoramento de Queimadas no Estado do Maranhão, são formas de monitoramento quinzenal e obtidos por meio de dados da Plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/Sistema de Informações Geográficas e do Banco de Dados da SEMA. Alguns satélites como NPP-375, TERRA_M-T, AQUA_M-T, NOAA 19, NOAA 20, GOES 13, GOES 16 e outros estão disponibilizados em <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas#>. Os satélites de referência detectam esses dados diários de focos que são utilizados para compor a série temporal ao longo dos anos ou meses e assim permitir a análise de tendências nos números de focos para mesmas regiões em períodos de interesse. Cada satélite de órbita polar produz pelo menos um conjunto de imagens por dia, e os satélites geoestacionários geram algumas imagens por hora. A análise faz referência aos focos de queimadas monitorados de forma pontual e esse dados vetoriais são tratados pela Supervisão de Queimadas da SEMA utilizando a plataforma do QGIS (Quantum GIS), versão 3.10.4, software que faz processamento de informações geográficas dos dados vetoriais para a elaboração de mapas temáticos diversos como monitoramento de focos de queimadas nos Biomas, Terras indígenas, Unidades de Conservação Estadual e outros. Diante de toda essa informação é possível gerar gráficos e tabela de dados com todos os focos de queimadas distribuídos durante os meses do ano formando a série histórica que é contabilizada desde 1998 até os dias atuais (MANUAL DE PREVENÇÃO E CONTROLE DE QUEIMADAS NO MARANHÃO, 2020).

Vedovato (2015) afirma que é necessário identificar o tamanho da região queimada, além de ser extremamente necessário para mensurar as proporções do impacto causado pelos incêndios. A estimativa dessas áreas de severidade em campo seria um trabalho com alta demanda de tempo e recursos, considerando a

possibilidade de recobrir extensas áreas e a dificuldade de acesso (DE ALCÂNTARA, 2020).

Os incêndios florestais são muito mais frequentes hoje, devido à ação antrópica, porém são mais passíveis de monitoramento e prevenção graças aos avanços das geotecnologias, mais precisamente aos avanços relacionados ao sensoriamento remoto e aos softwares de geoprocessamento (DO NASCIMENTO, 2012).

A rapidez e a eficiência na detecção e monitoramento dos incêndios florestais são fundamentais para a viabilização do controle do fogo. Interferem na redução dos custos nas operações de combate e atenuação dos danos. Além disso, um conhecimento inadequado da localização do incêndio e extensão da área queimada prejudica a estimativa do impacto do fogo sobre o ambiente. (Batista A. C. 2004).

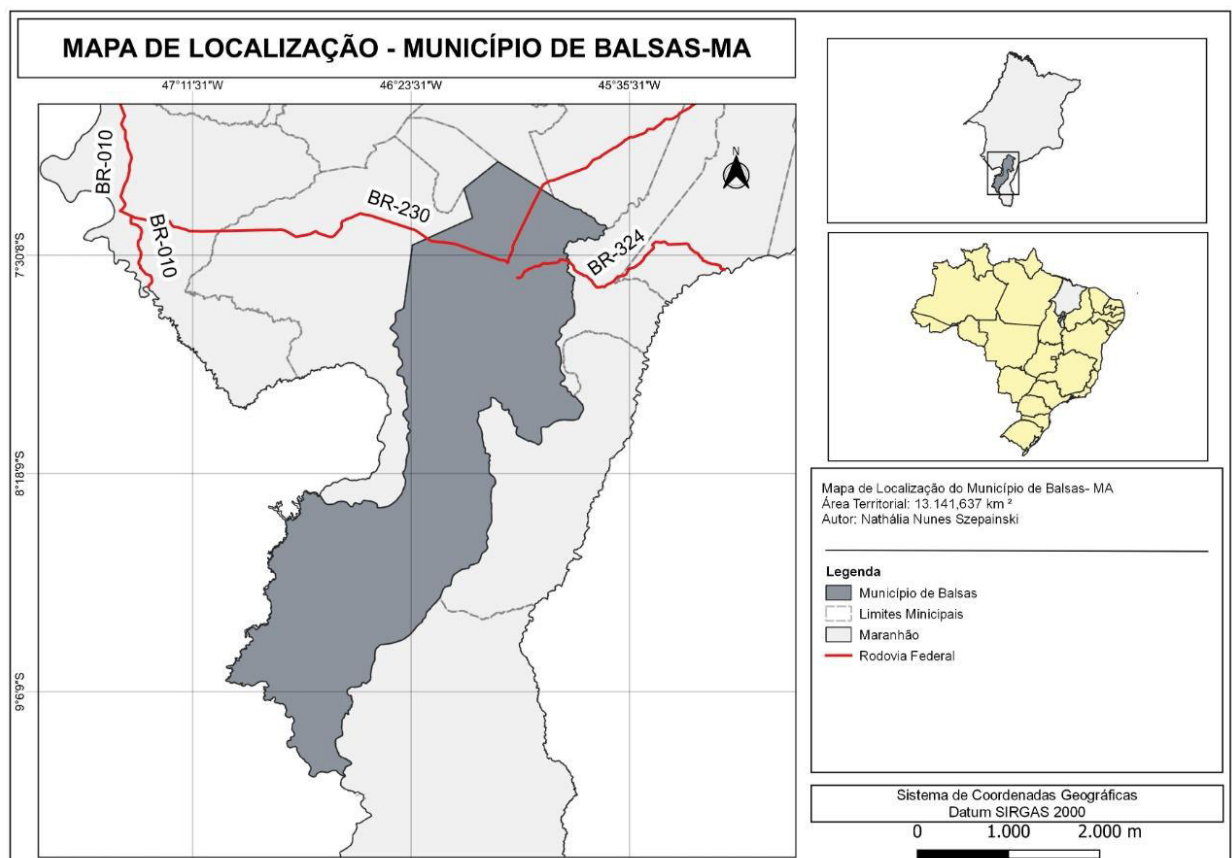
Tendo em vista que o desenvolvimento das Geotecnologias é de extrema importância para os órgãos de planejamento e monitoramento ambiental, além de contribuir para a preservação de florestas ajudam também no monitoramento dos focos de queimadas (DO NASCIMENTO, 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo será realizado no município de Balsas (07° 31' 58" S; 46° 02' 09" O) localizado na mesorregião sul Maranhense do Estado do Maranhão. Na história do município, consta que em divisão administrativa referente ao ano de 1911, o distrito de Santo Antônio de Balsas, figurava no município de Riachão. Elevado à condição de cidade com a denominação de Santo Antônio de Balsas, pela Lei Estadual nº 775, de 22-03-1918. Em divisão administrativa referente ao ano de 1933, o município é constituído do distrito sede. Pelo decreto-lei, Lei nº 269 de 31 de Dezembro de 1948, o município de Santo Antônio de Balsas passou a denominar-se simplesmente Balsas (IBGE, 2017), (FIGURA 5).

FIGURA 5: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A AUTORA.

O município de Balsas se destaca por apresentar o marco inicial do processo de produção de soja, e se transformou ao longo do tempo, no centro urbano mais estruturado da Mesoregião, na qual está localizado, contando ainda com uma infraestrutura satisfatória de serviços especializados necessários à efetivação do agronegócio ali instalado (FERREIRA, 2006).

O município sempre teve uma vinculação com as atividades agrícolas, ocupando um lugar de destaque no estado. Balsas teve como primeiro ciclo econômico produtivo o arroz e no final do século XX a soja desponta como a principal atividade da agricultura local. O município passa, a partir de então, interessar ao capital hegemônico do agronegócio globalizado, voltando a produção de *commodities* fundamentada na produção de grãos, em especial a soja para o mercado mundial e, não mais uma agricultura que priorizava somente a produção de alimentos, ideia típica com a produção de arroz (MOTA, 2011).

O município de Balsas se localiza a quase 800 Km da capital do Maranhão (São Luís), insere-se no bioma cerrado, possui clima tropical (AW') segundo a classificação de Köppen, com dois períodos bem definidos: um de chuvas e de estiagem, sendo os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro característicos como o período de estiagem e de janeiro a junho marcado como período chuvoso (com precipitação mensal superior a 132,6 mm) (CORREIA FILHO, 2011).

A cidade de Balsas, possui população de 93.511 habitantes - MA IBGE (2016) de área de 13.141,637 km², uma altitude de 283 m, com clima tropical Aw, a temperatura varia de 23°C a 40°C, e com precipitação anual aproximadamente de 1190mm. Existe uma diferença de 214 mm entre a precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso e 1.8 °C é a variação das temperaturas médias durante o ano, o mês de Setembro, o mês mais quente do ano, a temperatura média é de 27.4 °C. Já o mês de Junho tem uma temperatura média de 25.6 °C que é a temperatura média mais baixa. (INMET, 2016).

Passos et al. (2017) fizeram a classificação climática e o balanço hídrico climatológico do município de Balsas-MA, analisando mês a mês elementos como temperatura, precipitação pluvial, evapotranspiração potencial, armazenamento de água no solo, evapotranspiração real, excedente hídrico e deficiência hídrica da região. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos no estudo de Passos et al. (2017).

TABELA 1: BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE BALSAS-MA

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NEG.A C (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan.	26,4	199	140	59	-16	85	58	140	0	0
Fev.	26,6	174	131	43	0	100	15	131	0	28
Mar.	26,8	192	145	47	0	100	0	145	0	47
Abr.	27,1	124	141	-17	-17	84	-16	140	1	0
Mai.	27,2	45	143	-98	-115	32	-52	97	46	0
Jun.	26,7	5	133	-128	-243	9	-23	28	105	0
Jul.	26,5	2	133	-131	-374	2	-7	9	124	0
Ago.	27,6	4	148	-144	-518	1	-1	5	143	0
Set.	28,8	27	156	-129	-647	0	-1	28	128	0
Out.	28,4	90	161	-71	-718	0	0	90	71	0
Nov.	26,7	140	143	-3	-721	0	0	140	3	0
Dez.	26,7	175	148	27	-132	27	27	148	0	0
Ano	27,1	1175	1720	-545	-	440	0	1099	621	75

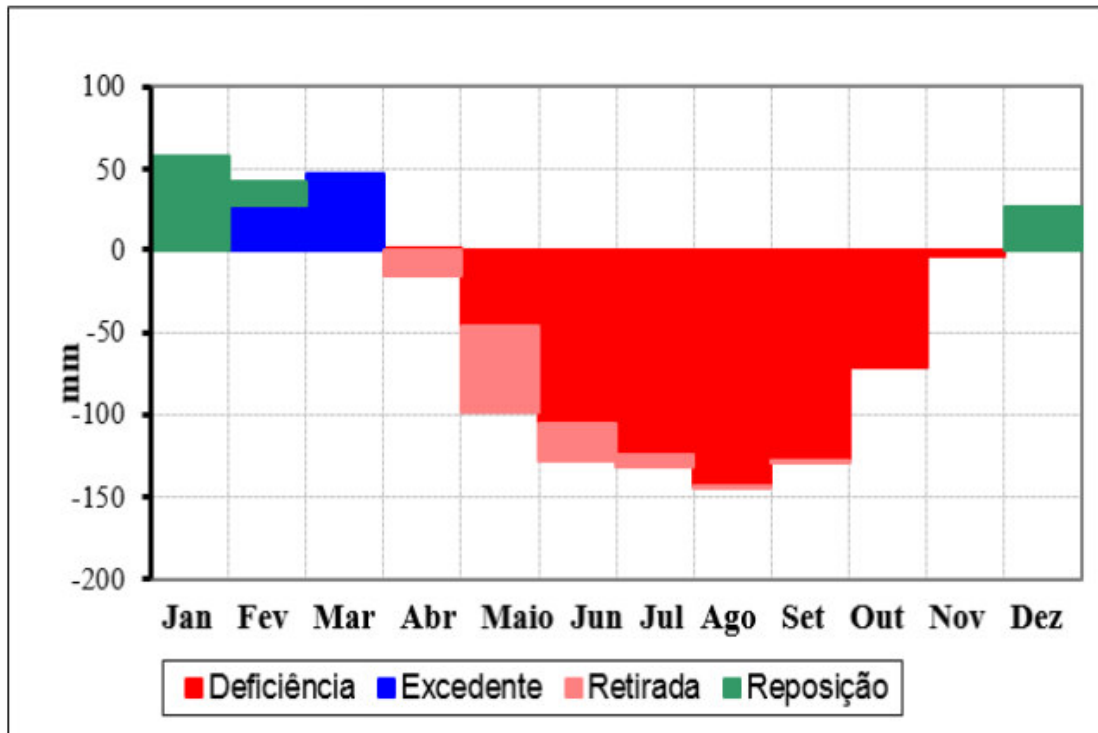
T- Temperatura do ar; P- Precipitação; ETP- Evapotranspiração Potencial; P-ETP- Quantidade de água que permanece no solo; NEG.AC- Negativo Acumulado; ARM- Armazenamento de água no solo; ALT- ARMatual- ARM anterior; ETR- Evapotranspiração Real; DEF- Deficiência Hídrica e EXC- Excedente Hídrico

FONTE: PASSOS, 2017

Constata-se que o município atinge taxas de evapotranspiração mensal bem expressivas. A taxa anual média de ETP total foi de 1720 mm, com variações de 131 mm no mês de fevereiro a 161 mm no mês de outubro. Assim, verifica-se o potencial de evapotranspiração maior do que as precipitações (PASSOS et al. 2017).

Verifica-se ainda que a lâmina precipitada é mais elevada ao longo dos meses de novembro a abril, concentrando cerca de 85 % do total acumulado. Já entre os meses de maio e outubro concentra-se aproximadamente 15 % da precipitação pluvial anual. Foi obtido para o mês de janeiro o índice médio mais elevado (199 mm) e o mês de julho o menor (2 mm) (PASSOS et al. 2017).

Em relação ao armazenamento de água no solo, observou-se que nos meses de janeiro a maio têm-se os maiores índices de armazenamento, variando entre 32 a 100 mm. Nos meses de junho a dezembro a taxa de armazenamento flutua entre 0 a 27 mm, não sendo suficiente à contribuição agrícola (PASSOS et al. 2017). A Figura 6 mostra o processo do balanço hídrico da região e época de recarga do solo.

FIGURA 6: EXTRATO DO BALANÇO HÍDRICO MENSAL PARA O PERÍODO DE 1976 Á 2015

FONTE: PASSOS, 2017

Para Passos et al (2017), a região de Balsas é classificada como clima subúmido seco e com temperatura média anual estimada em 27,1 °C. As precipitações totais anuais atingem valores médios de 1175 mm e a região possui excedente hídrico pequeno ou nulo, com 27% da evapotranspiração anual concentrada no terceiro trimestre do ano mais quente do ano e época de excedente hídrico totalmente compreendida nos meses de fevereiro e março. Já no período de abril a novembro ocorre deficiência hídrica

3.2 METODOLOGIA DE PESQUISA:

O trabalho consiste na pesquisa bibliográfica para entender as consequências das queimadas para o meio ambiente e a saúde humana, onde foram levantados dados bibliográficos, dispositivos legais/constitucionais e os fatores de influência que tratam de incêndios em áreas florestais.

Posteriormente, foi acessado o site FIRMS da NASA onde feito o download dos dados quantitativos das queimadas no Brasil para análise das queimadas, onde por meio de análise estatística possibilitou relacionar o fogo e sua variação ao longo dos anos, indicando as alterações do número de focos de queimadas a cada trimestre e a análise estatística dos anos estudados.

A área de estudo foi delimitada através de técnicas de geoprocessamento, utilizando o software Qgis para demarcação dos limites da área de interesse. Foi considerado a área pertencente ao município de Balsas-MA.

3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS:

Na etapa de obtenção dos dados, foi feito do download dos dados de queimadas do Brasil referente aos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020, disponíveis na plataforma do Fire Information for Resource Management System (FIRMS) da NASA (2021). O FIRMS apresenta dados obtidos pelo satélite Aqua&Terra que possui o sensor MODIS Nível 1B. De cobertura global, resolução espacial de 1 km no nadir e utiliza projeção WGS84. Foi feito também o download das unidades federativas do Brasil, no formato shape file (SHP), para adquirir o mapa do estado do Maranhão, e o download dos municípios do Brasil para adquirir o mapa do município de Balsas, ambos no site da IBGE (2010).

Na etapa de identificação, os dados foram tratados utilizando o software QGis, onde foi recortado os focos de queimadas para abranger apenas o município de Balsas-MA. Após o recorte, foi feita uma planilha no programa Excel que identificou os focos de acordo com os meses, utilizando as datas de cada foco de queimada presente no arquivo do FIRMS como base, ano a ano.

Na elaboração dos mapas temáticos, foi feita a distinção dos focos de queimadas utilizando um padrão de cores. Na função Categorizar do QGis, os meses de janeiro, fevereiro e março obtiveram cor verde; abril, maio e junho obtiveram cor amarelo; julho, agosto e setembro a cor vermelho e outubro, novembro e dezembro a cor azul. Na elaboração dos mapas temáticos, foi identificado os focos de queimadas

por trimestre e por ano, e posteriormente a comparação dos focos de queimadas totais que ocorrem anualmente em nos períodos estudados.

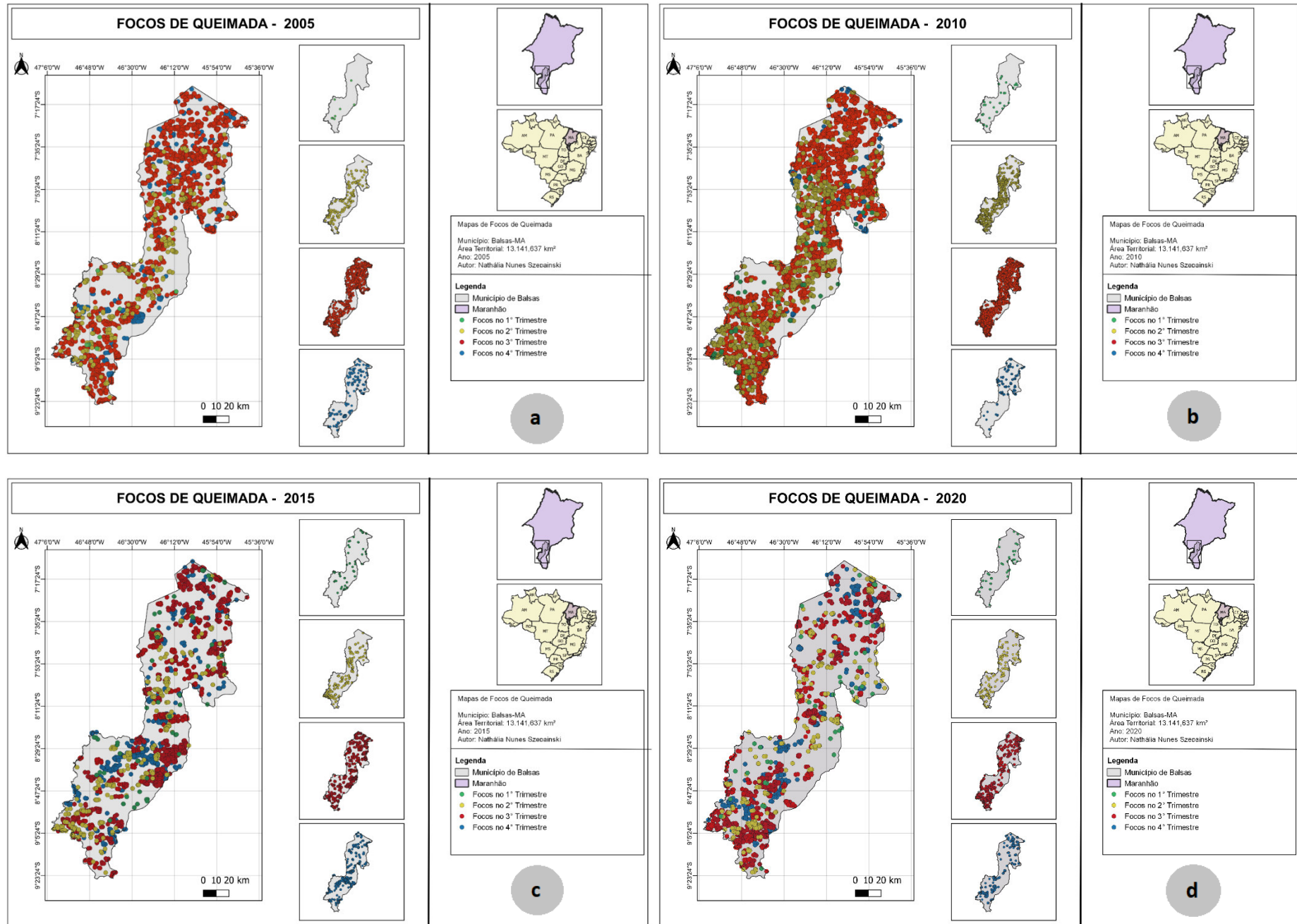
Para análise dos dados, foi considerado as informações trimestrais e totais de cada ano, utilizando análise quantitativa e comparativa trimestre-ano para relacionar os dados obtidos com o índice de queimadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio do levantamento de dados utilizando o sistema FIRMS da NASA, foi possível identificar os focos de queimadas na região de Balsas nos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020 e distribuir os dados em trimestres, propiciando a análise dos índices de queimadas, os períodos com maior e menor número de focos e a análise comparativa das ocorrências.

Os mapas mostram os focos de queimadas por trimestre em seu respectivo ano, onde estão identificados por cores os focos ocorridos no primeiro trimestre (verde); segundo trimestre (amarelo); terceiro (vermelho) e quarto trimestre (azul), conforme mostra a Figura 7.

FIGURA 7: MAPAS DE FOCOS DE QUEIMADAS: A) EM 2005 B) EM 2010 C) EM 2015 D) EM 2020



Ao analisar os focos de queimadas da Figura 7, observa-se que houve um padrão quanto ao índice de ocorrências por trimestre e os anos analisados, constatando que a maior quantidade de focos se concentra no terceiro trimestre do ano (julho, agosto e setembro). Entretanto, os meses com menor índice de focos ocorreram no primeiro trimestre, correspondendo a janeiro, fevereiro e março nos períodos analisados.

De acordo com Passos (2017), que caracterizaram o clima da região de Balsas com a variabilidade anual dos elementos climatológicos como temperatura, precipitação pluvial, evapotranspiração potencial, armazenamento de água no solo, evapotranspiração real, excedente hídrico e deficiência hídrica, além de outros fatores, observou-se que os meses correspondentes ao terceiro trimestre representam a estação mais seca do ano e com menor índice pluviométrico.

Nesse sentido, identifica-se que julho, agosto e setembro são meses com altas temperaturas, sendo que o mês de setembro alcança a maior temperatura registrada anualmente, chegando à 28,8°C. Além disso, segundo Passos (2017), o terceiro trimestre possui o menor índice de precipitação do ano, sendo 2mm, 4mm e 27 mm respectivamente, que em conjunto com os menores valores de água que permanece no solo (-131, -144 e -129) e o armazenamento de água no solo ser extremamente baixa (2,1 e 0), demonstra que o solo encontra-se no estado mais seco do ano. Além disso, no mesmo período o clima também de se encontra em seu estado mais seco e com a maior deficiência hídrica registrada anualmente (124, 143 e 128).

Dessa forma, observa-se que o potencial de evapotranspiração é maior do que as precipitações, o que influencia diretamente no clima e na deficiência hídrica no ar e no solo. Por essa razão, evidencia-se que o terceiro trimestre é o mais propício para propagação do fogo, além de demonstrar que existe interferência das precipitações no controle e prevenção das queimadas, pois nos meses de maio à outubro concentra-se apenas 15 % de toda precipitação pluvial de todo o ano.

Quanto aos menores índices de focos, o primeiro trimestre obteve os menores índices de queimadas em todos os anos, correspondente ao mês de janeiro, fevereiro e março. Passos (2017) demonstra que para município de Balsas o mês de janeiro obteve o índice médio mais elevado de precipitação (199 mm) e a temperatura mais baixa do ano, sendo esta 26,4°C. Em relação ao armazenamento de água no solo, o primeiro trimestre atinge o maior nível do ano, sendo 85, 100 e 100, e em fevereiro e março observa-se a ocorrência de excedente hídrico, com 28 e 47 mm,

compreendendo, portanto, os únicos meses quem que há o excedente hídrico anual. Nesse sentido, as precipitações desses meses e o e a umidade do solo acarretam o controle e a prevenção do fogo, evitando sua disseminação e ocorrência de queimadas nesse período.

Entretanto, de acordo com Ramos (2011), cerca de 99% das queimadas são oriundas de ações antrópicas, principalmente advindas de causas culturais e econômicas, onde acabam agravando os incêndios pelo favorecimento das condições atmosféricas e da sazonalidade.

Através dos dados, foram analisados o número de focos de queimadas por trimestre e somado o total de focos anuais.

TABELA 2: FOCOS DE QUEIMADAS

FOCOS DE QUEIMADAS		
ANO	TRIMESTRE	NÚMERO DE FOCOS
2005	1° Trimestre	9
	2° Trimestre	281
	3° Trimestre	1578
	4° Trimestre	243
Total: 2111		
2010	1° Trimestre	49
	2° Trimestre	663
	3° Trimestre	2474
	4° Trimestre	137
Total: 3323		
2015	1° Trimestre	55
	2° Trimestre	256
	3° Trimestre	1374
	4° Trimestre	449
Total: 2134		
2020	1° Trimestre	39
	2° Trimestre	265
	3° Trimestre	970
	4° Trimestre	355
Total: 1629		

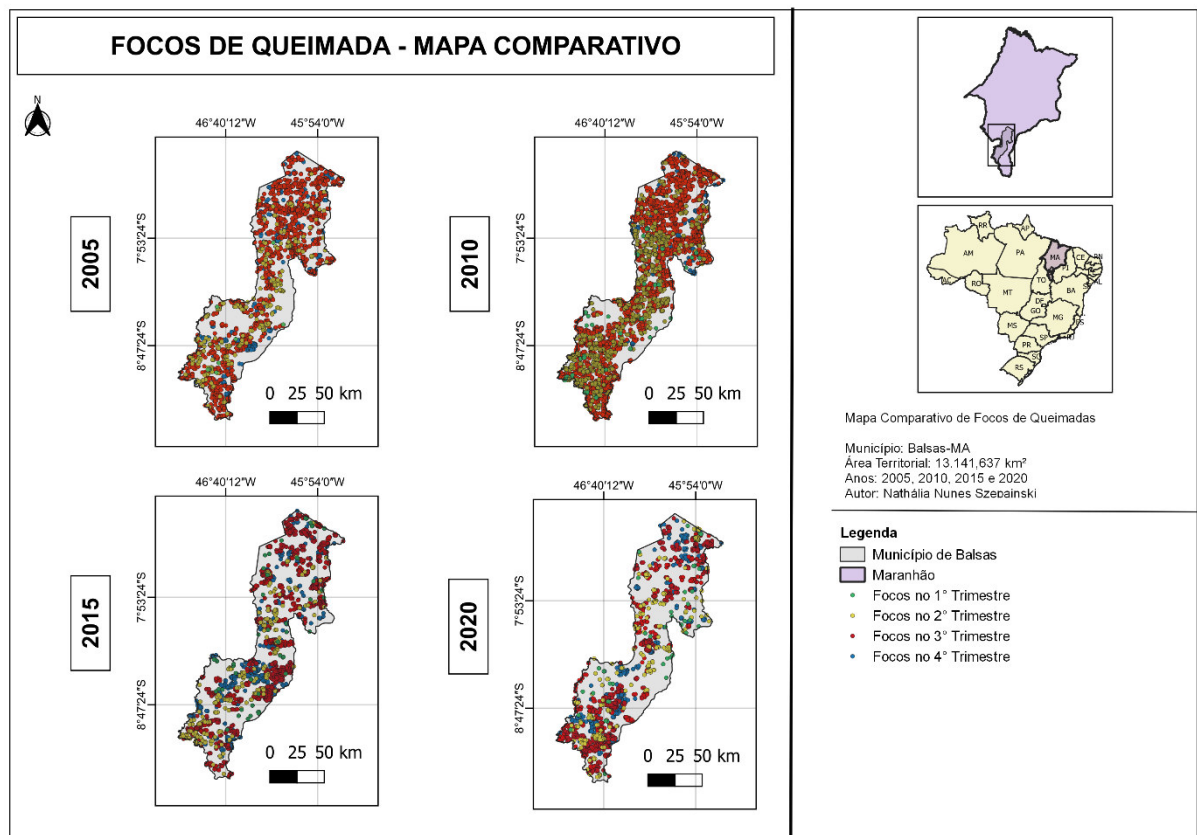
Através da Tabela 2, observou-se que em na relação trimestre-ano, 2005 foi o que obteve menor ocorrência de incêndios/focos de queimadas no primeiro trimestre, totalizando apenas 9 ocorrências. Em contrapartida, em 2015 apresenta o maior

número de focos de queimadas, totalizando 55 ocorrências também com relação ao primeiro trimestre.

Para o terceiro trimestre, 2010 obteve o maior número de ocorrências, totalizando 2474 focos, e 2020 totalizou 970, sendo, portanto, o ano com menor ocorrência no terceiro trimestre.

Quando comparado os dados quantitativos em todos os anos analisados (FIGURA 8), o ano correspondente ao maior índice de queimadas foi 2010, com um total de 3323 focos, e o ano com o menor número de ocorrência de queimadas foi 2020, com m total de 1629. Nesse sentido, quanto à porcentagem dos dados quantitativos, 2005 concentrou 22,95% dos dados totais somados; 2010 concentrou 36,13%; 2015 concentrou 23,20% e 2020 concentrou apenas 17,71%, sendo, portanto, o ano com menor porcentagem queimadas.

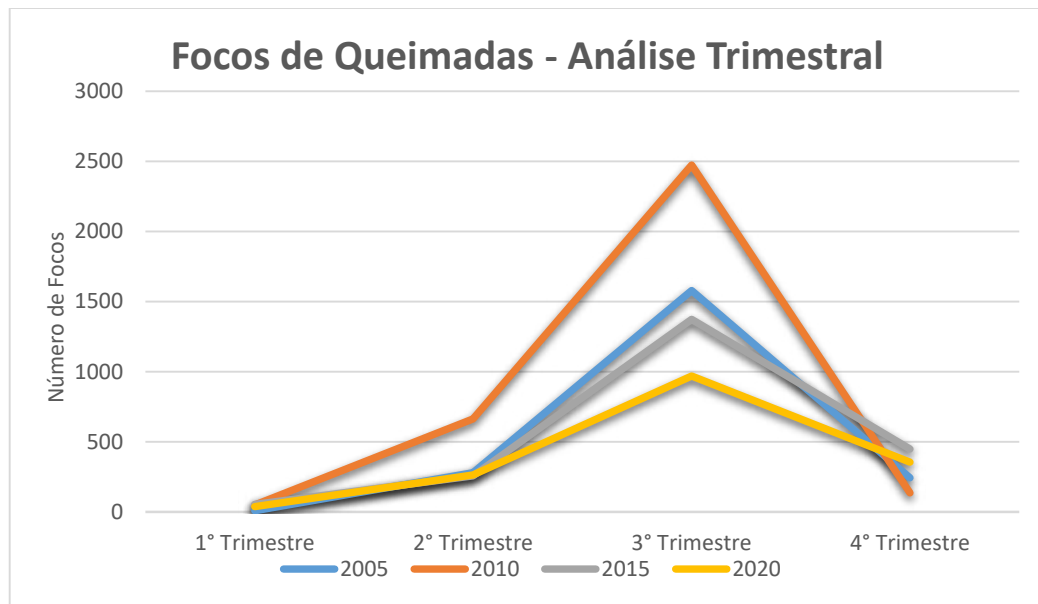
FIGURA 8: MAPA COMPARATIVO DE FOCOS DE QUEIMADAS



Através dos dados quantitativos, a análise trimestral de queimada evidenciou que o ano de 2010 ocorreu uma grande variação de focos por trimestre,

tendo o pico de ocorrências no terceiro trimestre com 2474 focos e o maior de todos os períodos analisados. Entretanto, observou-se uma queda brusca para o trimestre seguinte (quarto), que atingiu o menor número de focos nos anos analisados conferindo apenas 137 focos, conforme mostra a Figura 9.

FIGURA 9: ANÁLISE TRIMESTRAL DE QUEIMADAS



Além disso, foi observado que os anos de 2005 e 2015 tiveram um comportamento similar, onde os maiores índices se concentraram no terceiro e quarto trimestre, meses mais secos, com baixas precipitações e baixos índices de água no solo. Por fim, o ano de 2020 teve o comportamento mais estável mesmo sendo o ano com menor índice de focos de queimadas, mostrando as menores variações durante o ano.

Outros trabalhos realizados mostraram resultados parecidos com os dados obtidos com a análise de queimadas do município de Balsas-MA. Em seu estudo sobre a dinâmica das queimadas que ocorrem na área de cerrado do Maranhão, observa-se que há uma similaridade entre os resultados as queimadas e das chuvas para o estado, realizados por Junior (2018), e os resultados comportamentais do município de Balsas. O autor cita que as queimadas no estado ocorreram entre maio à novembro, com os meses de agosto, setembro e outubro com maior extensão de

áreas queimadas (77,23% em média anual), igualmente os resultados obtidos pra Balsas-MA.

Junior (2018) descreve que para o Maranhão há um padrão de chuva parecido com o do município de Balsas-MA. A estação chuvosa do estado ocorre entre os meses de janeiro e maio e tem pico máximo no mês de março. No município, os meses de fevereiro e março são os únicos possuem excedente hídrico, mas diferentemente, o mês de janeiro possui a maior taxa de precipitação (com 199 mm).

Rodrigues (2020) também analisou as queimadas ocorridas em Balsas-MA no período de junho de 2017 a junho de 2018. Em seus resultados aos autores apontam que os maiores índices de queimadas também se apresentaram nos meses de julho, agosto e setembro, com 81, 121 e 306 focos respectivamente. Entretanto, o mês com o menor índice de focos foi o de dezembro com 0 ocorrências, sucedido por janeiro, fevereiro e março com 2, 2 e 5 ocorrências, semelhante aos resultados observados nesse trabalho.

Rodrigues (2020) corrobora com a ideia de que a dinâmica do fogo está diretamente relacionada a sazonalidade climática, ressaltando que apesar das condições atmosféricas serem determinantes, o uso do solo para pastagens, agroindústrias e madeiras estão intimamente relacionados aos incêndios.

Santos e Carlesso (1998) e Silva et al (2008) descrevem que as queimadas tendem a ocorrer quando os valores mensais de precipitações acumulados estão abaixo de 100mm, fazendo com que a vegetação entre em déficit hídrico e sofra ressecamento nos seus tecidos, senescência e abscisão das folhas, causando aumento da biomassa disponível no solo. De acordo com esses autores, o material no solo pode sofrer combustão mais facilmente, sendo esse um dos fatores à contribuir com os focos de queimadas, principalmente, nos meses de maio à outubro, que tem precipitações inferiores à 10mm.

Quanto a influência de desmatamento no município, diversos autores citam que essa relação é bem menor quando comparada ao fator clima, aumentando somente em períodos de seca. Isso se justifica pela ocorrência natural dos regimes de fogo e pelas queimadas relacionadas com a ação antrópica que não estão ligadas ao desmatamento. Entretanto, a região é consolidada quanto à agricultura, podendo ser

este um fator precursor de queimadas (PEREIRA JÚNIOR et al., 2014; PIVELLO, 2011; MISTRY, 1998).

Assim, o clima torna-se determinante para ocorrência de padrões de fogo no município. Mesmo este sendo um fenômeno natural do Cerrado para reprodução de espécimes adaptadas ao fogo para sua reprodução e quebra de dormência de sementes (MYERS, 2006), diversas consequências ambientais são decorrentes desse fenômeno como a morte de árvores, diminuição de carbono dos ecossistemas, aumento de emissões atmosféricas, alterações na disponibilidade hídrica e impactos diretos na saúde humana.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A queimada é um dos principais problemas enfrentados na região de Balsas, visto que sua ocorrência de focos causa impactos diretos à animais silvestres, à fauna, ao solo, à atmosfera e à saúde da população. Além disso, o município de Balsas é dependente da sazonalidade para ocorrência e controle de queimadas, onde os índices de chuvas são determinantes vulnerabilizar a região quanto à ocorrência de secas que acarretam os focos de incêndio.

Na análise de queimadas, verificou-se que índices quantitativos de focos são maiores valores no 3º trimestre de todos os anos, e analogamente, atinge menores valores no primeiro trimestre do ano em consequência da interferência do clima nesses períodos, ocorrendo excedência hídrica no primeiro trimestre a valores altos de precipitações (total de 565 mm) e deficiência hídrica no terceiro trimestre e baixos índices de precipitações (apenas 33mm).

O ano com maior índice de focos de queimadas foi 2010, com um total de 3323 focos e 36,13% dos focos analisados, e o ano com menor índice de valores foi 2020 com 1629 focos e 17,71% de focos. Na análise trimestral, o ano de 2010 obteve as maiores variações de focos por trimestre, tendo a curva mais acentuada no terceiro trimestre. O ano de 2020 teve o comportamento mais estável, demonstrando uma menor variação de focos/mês, mas também com maiores ocorrências no terceiro trimestre e menores no primeiro

A eficiência e rapidez na detecção do fogo é fundamental para viabilizar o controle de incêndios, e para isso, é necessário compreender quais as áreas possuem maior incidência de queimadas e sua evolução o quanto à intensidade no passar dos anos. A análise utilizando geoprocessamento é uma eficaz maneira de monitorar os aspectos dos incêndios florestais e das queimadas, possibilitando a prevenção e combate de incêndios florestais para proteção do meio ambiente.

Observa-se, portanto, que a maior ocorrência de queimadas está atribuída ao fator do clima seco, que corresponde principalmente aos meses de julho à outubro. Dessa forma, sugere-se que seja elaborada políticas de prevenção de incêndios para região através de técnicas de monitoramento, prevenindo assim, grandes prejuízos ao meio ambiente, ao agronegócio e à saúde da população.

Considerando os resultados da presente pesquisa, sugere-se que em trabalhos futuros seja combinado os dados dos focos de calor com dados de uso do solo associados às propriedades rurais, como por exemplo, a base nos dados disponíveis no Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SiCAR), para que seja possível identificar responsáveis pelas ocorrências de focos de calor e queimadas no município de Balsas-MA.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Valdir Soares de et al. Aerossóis de queimadas e doenças respiratórias em crianças, Manaus, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v. 47, p. 239-247, 2013.

ANTUNES, Paulo de Bessa. *Direito Ambiental*. 18. ed. São Paulo: Atlas, 2016. p. 175

AQUINO, F. de G.; WALTER, Bruno Machado Teles; RIBEIRO, José Felipe. Espécies vegetais de uso múltiplo em reservas legais de cerrado-Balsas, MA. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2007.

ARONOFF, S. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications. 1995.

ARVORESBRASIL. Informações. Disponível em . Acessado em 25/09/2006.

ASSAD, E.D. (ed.) 1994. Chuva nos cerrados. Análise e espacialização. Embrapa/SPI. Brasília. 423p.

ASSAD, M. L. L. A fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: Embrapa/CPAC, 1997a. p. 363-443.

DOS SANTOS LAUS, Audrey. A sanção administrativa ambiental e o princípio da proporcionalidade. *Novos Estudos Jurídicos*, v. 9, n. 2, p. 417-434, 2004.

BARATA, M.M.L., KLIGERMAN, D.C., MINAYO-GOMEZ, C.A., 2007. Gestão Ambiental no setor público: uma questão de relevância social e econômica. *Ciências e Saúde Coletiva*, vol. 12, no. 1, pp. 165-170.

BARBOSA, R. I. 2001. Savanas da Amazônia: Emissão de gases do efeito estufa e material particulado pela queima e decomposição da biomassa acima do solo, sem a troca do uso da terra, em Roraima, BR. Manaus: Universidade do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 236 p. Tese de Doutorado.

BASKIN, J.; BASKIN, C. *Seeds ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. San Diego: Academic Press, 1998.

BATISTA, Antonio Cartos. Detecção de incêndios florestais por satélites. *Floresta*, v. 34, n. 2, 2004.

BENAZZI, Eloísa dos Santos et al. Impactos dos métodos de colheita da cana-de-açúcar sobre a macrofauna do solo em área de produção no Espírito Santo–Brasil. 2013.

BERNARDY, Katieli et al. Impactos ambientais diante das catástrofes naturais–secas e queimadas. XVI Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2011.

BERTANI, Gabriel. Determinação de áreas queimadas e severidade de queima a partir da análise de autocorrelação espacial. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3aWDTTI>. Acesso em: 14 abr. 2020.

BOLFE, E. L.; SANO, Edson Eyji; CAMPOS, Silvia Kanadani. Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções. Embrapa Informática Agropecuária-Livro científico (ALICE), 2020.

BRANCHER, Emerson Antonio. Implicações da inalação de fumaça gerada pela queima de combustível fóssil sobre mediadores inflamatórios E parâmetros de estresse oxidativo durante a prática de exercício físico. 2018.

BRASIL. Lei 12.727 de 17 de Outubro de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da República Federativa do Brasil - Seção 1 - Página 1 (Publicação Original), Brasília, DF, 28/5/2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012.

BRASIL; Ministério do Meio Ambiente (MMA). Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2011.

BRITO, Darlan Quinta de. Avaliação ecotoxicológica das cinzas de queimadas do Cerrado em ambientes aquáticos. 2014.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.V. Introdução à Ciência da Geoinformação. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros.html>. Acesso em: março de 2005

CAPECHE, C. L. Impactos das queimadas na qualidade do solo-degradação ambiental e manejo e conservação do solo e água. In: Embrapa Solos-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: ENCONTRO CIENTÍFICO DO PARQUE ESTADUAL DOS TRÊS PICOS, 2., 2012, Cachoeiras de Macacu, RJ. Resumos... Rio de Janeiro: INEA, 2012., 2012.

CAPECHE, Claudio Lucas. Impactos das queimadas na qualidade do solo: degradação ambiental e manejo e conservação do solo e água. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DO PARQUE ESTADUAL DOS TRÊS PICOS, 2., 2012, Cachoeiras de Macacu. Anais [...]. Rio de Janeiro: Inea, 2012. p. 17-20. Disponível em: <https://bit.ly/2D0Nc9Z>. Acesso em: 23 jul. 2020.

CAPECHE, Claudio Lucas. Impactos das queimadas na qualidade do solo: degradação ambiental e manejo e conservação do solo e água. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DO PARQUE ESTADUAL DOS TRÊS PICOS, 2., 2012, Cachoeiras de

Macacu. Anais [...]. Rio de Janeiro: Inea, 2012. p. 17-20. Disponível em: <https://bit.ly/2D0Nc9Z>. Acesso em: 23 jul. 2020.

CARVALHO, P.G.M., OLIVEIRA, S.M.M.C., BARCELLOS, F.C., ASSIS, J.M., 2005. Gestão Local e Meio Ambiente. Ambiente & Sociedade, vol. 8, no. 1, pp. 1–10

CEARÁ registra 85 ocorrências de incêndio em 9 cidades no mês de setembro. Diário do Nordeste, Fortaleza, p. 1-2, 21 set. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/338LP3N>. Acesso em: 28 jul. 2020.

CHAN, N.Y.; EBI, K.L.; SMITH, F.; WILSON, T.F. & SMITH, A.E. An integrated assessment framework for climate change and infectious diseases. Environmental Health Perspectives, v. 107, n. 5, May 1999.

COCHRANE, M. A. Tropical Fire Ecology: Climate change, Land use and Ecosystem Dynamics. Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK, 2009.

CORREIA FILHO, Francisco Lages et al. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Carolina. CPRM, 2011.

CORREIA, M. E. F.; DE OLIVEIRA, L. C. M. Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos. Embrapa Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E), 2000.

COSTA, L.M. da. Manejo de solos em áreas reinf. Agropec., Belo Horizonte, v.16, n.176, p.62-68 florestades. 10; BARROS, N.F. de; NOVAIS, R.F. de (Ed.). Relação solo eucaUpto. Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. capo 6, p, 237-264.

COUTINHO,, L. M. Fire in the Ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. Fire in the tropical biota: ecosystem process and global challenge. Berlin: Springer-Verlag, p.82-103.1ªed., 1990.

COUTINHO, L.M. O cerrado e a ecologia do fogo. Ciência Hoje, Brasília, v.12, n.68, p.22-30, 1990.

CUNHA, Gilberto Rocca da et al. Niño/La Niña – Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. Revista Plantio Direto, Passo Fundo, RS, n. 121, p. 1-7, fev. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/53594/1/elnino.pdf>.

DANGERFIELD, J. M.; TELFORD, S. R. Species diversity of julid millipedes: between habitat comparisons within seasonal tropics. Pedobiologia, Jena, v. 36, n. 6, p. 321-329, 1992.

DE ALCÂNTARA¹, Eurides Ferreira; DE OLIVEIRA FERNANDES, Renato. MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS NÍVEIS DE SEVERIDADE DE ÁREAS DE QUEIMADAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO COM O USO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO. Revista de Geografia (Recife), v. 37, n. 3, 2020.

DE MIRANDA, Evaristo Eduardo et al. Monitoramento orbital de queimadas no Brasil. In: Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. Anais... Santa Maria: UNIFRA, SBA, UFSM, 2003., 2003.

DE MIRANDA, Evaristo Eduardo et al. Monitoramento orbital de queimadas no Brasil. In: Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. Anais... Santa Maria: UNIFRA, SBA, UFSM, 2003., 2003.

DeBANO, L.; EBERLEIN, G.; DUNN, P. Effects of burning on Chaparral soils: I $\frac{3}{4}$ Soil nitrogen. Soil Science Society of American Journal, Madison, v.43, n.3, p.504-509, 1979.

DECAËNS, T. et al. Impacto del uso de la tierra en la macrofauna del suelo de los Llanos Orientales de Colombia. El arado natural: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las savanas neotropicales de Colombia. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, p. 21-45, 2003.

DEMATTE, J.L.J. Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos: região Amazônica. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215p.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. DECRETO Nº 10.735, DE 28 DE JUNHO DE 2021. Publicado em: 29/06/2021.

DO NASCIMENTO, Francisco Ivam Castro; DE LIRA, Elisandra Moreira. O USO DAS GEOTECNOLOGIAS COMO FERRAMENTA PARA O MAPEMANETO DE FOCOS DE QUEIMADAS NA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL. REVISTA GEONORTE, v. 3, n. 5, p. 1646–1654-1646–1654, 2012.

EARL, S.R.; BLINN, D.W. 2003. Effects of wildfire ash on water chemistry and biota in South-Western USA streams. Freshwater Biol. 48: 1015–1030.

FERREIRA, Maria da Glória Rocha. (Re) organização do espaço a partir da produção de soja: Balsas-MA. Terra Livre, v. 2, n. 27, p. 149-164, 2006.

FEARNSIDE, Philip M. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. Estudos Avançados, v. 16, p. 99-123, 2002.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. Iniciação em sensoriamento remoto. 3. ed. atual. e aum. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 123 p. ISBN 978-85-7975-016-8.

FLORIANO, Eduardo Pagel. Políticas de gestão ambiental. Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Ciências Florestais. 3ª ed. Santa Maria, 2007.

GERUDE, R. G. Focos de queimadas em áreas protegidas do Maranhão entre 2008 e 2012. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: INPE, 2013.

GIODA, Adriana; TONIETTO, Gisele Birman; LEON, Antonio Ponce de. Exposição ao uso da lenha para cocção no Brasil e sua relação com os agravos à saúde da população. Ciência & Saúde Coletiva, v. 24, p. 3079-3088, 2019.

GRANEMANN, Daniel Carvalho; CARNEIRO, Gerson Luiz. Monitoramento de focos de incêndio e áreas queimadas com a utilização de imagens de sensoriamento remoto. Revista de engenharia e tecnologia, v. 1, n. 1, p. Páginas 55-62, 2009.

IBGE, - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Disponível na internet via WWW URL: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/balsas>. Arquivo consultado em outubro de 2017.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 1994: radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios. Cambridge: Cambridge University Press., 1995. 339 p.

JUSTINO, F.B.; SOUZA, S.S.; SETZER, A. Relação entre "focos de calor" e condições meteorológicas no Brasil. Anais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz do Iguaçu. 2002. Anais ... CDROM.

JUNIOR, Celso Henrique Leite Silva et al. Dinâmica das queimadas no Cerrado do Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. Revista do Departamento de Geografia, v. 35, p. 1-14, 2018.

KAUFFMAN, D.; CUMMINGS, D.; WARD, D. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along vegetation gradient in the Brazilian Cerrado. Journal of Ecology, Oxford, v.82, n.3, p.519-531, 1994.

KEELEY, J.E.; PAUSAS, J.G.; RUNDEL, P.W.; BOND, W.J.; BRADSTOCK, R.A. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. Trends in Plant Science, 16. 2011.

KEY, Carl H.; BENSON, Nathan C. Measuring and remote sensing of burn severity: the CBI and NBR. 1999. Disponível em: <https://bit.ly/3bVhB6b> Acesso em: 25 fev. 2020. KEY, Carl H.; BENSON, Nathan C. Landscape Assessment (LA). In: LUTES, Duncan C. et al. FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System. Fort Collins: USDA Forest Service, 2006. p. LA-1-55.

LARANJEIRA, I. e LEITÃO, T. E. 2008. Avaliação do Impacte de Fogos Florestais nos Recursos Hídricos Subterrâneos. Análise do Impacte dos Fogos Florestais na Qualidade Química das Águas Superficiais e Subterrâneas das Áreas de Estudo da Região Centro. Disponível em: http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nas/estudos_id/Ficha_POCl_Fogos. Acesso em: Ago. 2012.

LIMA, J.E.F.W. Situação e perspectivas sobre as águas do Cerrado. Ciência e Cultura, v. 63, n. 3, p. 27-29, 2011.

LUCIARDO, R.O; CUNHA, N.R.S; JUNIOR, A.G.S. Identificação e proposição de métodos de valoração econômica dos efeitos das queimadas no estado de Mato Grosso. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/12/08O383.pdf> . Acesso: 01,maio. 2011.

MACEDO, I. C.; NOGUEIRA, LAH. Cadernos NAE/Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República-N. 2 (jan. 2004). Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2004.

MACHIN, Adrian Blanco; NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa. Efeitos da exposição a poluentes do ar na saúde das crianças de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. Cadernos de saúde Pública, v. 34, 2018.

MANUAL DE PREVENÇÃO E CONTROLE DE QUEIMADAS DO MARANHÃO <http://legislacao.sema.ma.gov.br/arquivos/1588181691.pdf>. 2020.

MARANHÃO. Lei Estadual Nº 8.598 DE 4 DE MAIO DE 2007. Dispõe sobre a Política Florestal e de Proteção à Biodiversidade no Estado do Maranhão.

MELO, Felipe Pessoa de. Risco ambiental e ordenamento do território em GaranhunsPE. 2016. 246 f. Tese (Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

MELO, Valdinar Ferreira et al. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. Revista Brasileira de Ciência do solo, v. 30, p. 1039-1050, 2006.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, JM WALTER. BMT; SILVA JR., MC; REZENDE, AV; FILGUEIRAS, TS; NOGUEIRA, PE Flora vascular do cerrado. SANO, SM & ALMEIDA, SP Cerrado: Ambiente e Flora. EMBRAPA-CPAC, p. 287-556, 1998.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL. Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal. Brasília: Ventura Comunicações e Cultura, 1999. 24 p

MINSHALL, G.W.; ROBINSON, C.T.; LAWRENCE, D.E.; ANDREWS, D.A.; BROCK, J.T. 2001. Benthic macroinvertebrate assemblages in five central Idaho (USA) streams over a 10-year period following disturbance by wildfire. International Journal of Wildland Fire, 10: 201-213.

MISTRY, Jayalaxshmi. Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. Progress in Physical Geography, v. 22, n. 4, p. 425-448, 1998.

MORAIS, José Carlos Mendes de. Principais causas dos incêndios florestais e queimadas. 2. ed. Brasília: Ibama/Prevfogo, 2011. 35 p.

MORAIS, José Carlos Mendes de. Principais causas dos incêndios florestais e queimadas. 2. ed. Brasília: Ibama/Prevfogo, 2011. 35 p.

MOTA, Francisco Lima et al. O rural e o urbano na cidade de Balsas (MA): transformações socioespaciais no pós 1980. 2011.

MROZ, G. et al. Effects of fire on nitrogen in forest floor horizons. Soil Science Society of American Journal, Madison, v.44, n.2, p.235-242, 1980.

MYERS, Ronald L.; BATALHA, Margaret. Convivendo com o Fogo-Manutenção dos ecossistemas e subsistência com o manejo integrado do fogo. The Nature Conservancy-Iniciativa Global para o Manejo do Fogo: Tallahassee, USA, 2006.

NASA Near Real-Time and MCD14DL MODIS Active Fire Detections (SHP format). 2021 Data set. Available online [<https://earthdata.nasa.gov/active-fire-data>]

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A. DE; MENEZES R. I. DE Q. 2006. Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob caatinga no semi-árido nordestino. Mossoró. Universidade Federal do Semi-Árido. V.19, n2. P. 200-208, abril/junho 2006.

OWENSBY, C.; WYRILL, J. Effects of range burning on Kansas Flint Hills Soil. *Journal of Range Management*, v.26, n.3, p.185-188, 1973.

PANKHURST, C.E.; LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R., eds. *Soil 45*

PARIZOTTO, Walter et al. Controle dos incêndios florestais pelo corpo de bombeiros de Santa Catarina: Diagnóstico e sugestões para seu aprimoramento. *Floresta*, v. 38, n. 4, 2008.

PASSOS, Mátilo Lages Vieira; ZAMBRZYCKI, Geraldo Cesar; PEREIRA, Reginaldo Sérgio. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-MA. *Scientia agraria*, v. 18, n. 1, p. 83-89, 2017.

PEREIRA, Allan Arantes et al. Validação de focos de calor utilizados no monitoramento orbital de queimadas por meio de imagens TM. *Cerne*, v. 18, p. 335-343, 2012.

PEREIRA JÚNIOR, Alfredo C. et al. Modelling fire frequency in a Cerrado savanna protected area. *PloS one*, v. 9, n. 7, p. e102380, 2014.

PEREIRA, José Antônio Vilar; DA SILVA, Janaína Barbosa. Detecção de Focos de Calor no Estado da Paraíba: um estudo sobre as queimadas. *Revista Geográfica Acadêmica*, 2016.

PIVELLO, Vânia R. O uso do fogo no Cerrado e na floresta amazônica do Brasil: passado e presente. *Ecologia do fogo*, v. 7, n. 1, pág. 24-39, 2011.

PRODES. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Coordenação Geral de Observação da Terra. PRODES, 2019: incremento anual de área desmatada no Cerrado Brasileiro. 2019. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/cerrado>. Acesso em: 20 dez. 2019.

RAMOS, Andrey Bethânia Rodrigues; DO NASCIMENTO, Erika Regina Prado; DE OLIVEIRA, Marcos José. Temporada de incêndios florestais no Brasil em 2010: análise de série histórica de 2005 a 2010 e as influências das chuvas e do

desmatamento na quantidade dos focos de calor. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 15, p. 7902-7909, 2011.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, J.C.P.; FERNANDES, V.B.B.; MAFRA, A.L.; ALMEIDA, J.A. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. *Ciência Rural*, v. 33, p. 49-55, 2003

RIBEIRO, Helena. Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. *Revista de Saúde Pública*, v. 42, p. 370-376, 2008.

RIBEIRO, Helena; ASSUNÇÃO, João Vicente de. Efeitos das queimadas na saúde humana. *Estudos avançados*, v. 16, n. 44, p. 125-148, 2002

ROCHA, Rosimary Gomes. O caráter dialético da modernização agrícola brasileira e suas inserções nos Gerais de Balsas-Ma. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 29, n. 1, p. 73-86, 2009.

RODRIGUES, Jeferson Botelho et al. Análise de focos de queimadas no município de Balsas/MA. *Nature and Conservation*, v. 13, n. 3, p. 146-151, 2020.

SALES, Daniela Pinto; NETO, Francisco Marques Oliveira. Análise da distribuição das queimadas no cerrado maranhense, Brasil (2014-2018). *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 9, n. 18, 2020.

SANO, E. E.; RODRIGUES, A. A.; MARTINS, E. S.; BETTIOL, G. M.; BUSTAMANTE, M. M. Cerrado ecoregions: a spatial framework to assess and prioritize Brazilian savana environmental diversity for conservation. *Journal of Environmental Management*, v. 232, p. 813-828, Feb. 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.11.108.

SANTOS, D; BAHIA, V. G.; TEIXEIRA, W. G. 1992. Queimadas e erosão do solo. *Informe Agropecuário*, v. 16, p. 62-68, 1992

SANTOS, Djail; BAHIA, Victor Gonçalves; TEIXEIRA, Wellceslau Geraldes. Queimadas e erosão do solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 62-68, 1992.

SANTOS, J. F. Estatística de incêndios florestais em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. *Dissertação de Mestrado*, UFPR, Curitiba, 2004

SANTOS, J. F. Estatísticas de incêndios florestais em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. 76

SANTOS, Juliana Ferreira; SOARES, Ronaldo Viana; BATISTA, Antonio Carlos. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. *Floresta*, v. 36, n. 1, 2006.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. DÉFICIT HÍDRICO E OS PROCESSOS MORFOLÓGICO E FISIOLÓGICO DAS PLANTAS. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 2, n. 3, p. 287 – 294, dez. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43661998000300287&lng=pt&nrm=iso&tling=en

SARAIVA, Odilon E.; COGO, Neroli P.; MIELNICZUK, João. Erosividade das chuvas e perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo laterítico bruno avermelhado distrófico I. Resultados do segundo ano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 16, n. 1, p. 121-128, 1981..

SCARIOT, Aldicir; FELFILI, Jeanine M.; SILVA, José Carlos Sousa. *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. 2005.

SCRIMGEOUR, G. J.; TONN, W. M.; PASZKOWSKI, C. A.; GOATER, C. 2001. Benthic macroinvertebrate biomass and wildfires: evidence for enrichment of boreal subarctic lakes. *Freshwater Biology* 46: 367-378.

SELLERS, P.J.; HALL, F.G.; MARGOLLS, H.; KELLY, B.; BALDOCCHI, D.; DEN HARTOG, J.; CIHLAR, J.; RYAN, M.; GOODISON, B.; CRILL, P.; RANSON, J.; LETTERNMAIER, D.; WICKLAND, D.E. The Boreal Ecosystem – Atmosphere Study (BOREAS): an overview and early results from 1994 field year. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.76, 1549-1577, 1995

SHAKESBY, R.A. & DOERR, S.H. 2006. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. *Earth Science Reviews*, 74 (3-4), 269–307.

SILVA, H. G; FIGUEIREDO, N.; ANDRADE, G. V. Estrutura da vegetação e padrões de diversidade de um cerradão no nordeste do Maranhão. *Revista Árvore, Viçosa MG*, v. 32, n. 5, p. 921-930, 2008.

SILVA JUNIOR, Celso Henrique Leite Silva et al. 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).

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 4, p. 697-704, 2006.

SILVA, R. F.; TOMAZI, M.; PEZARICO, C. R.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 6, p. 865-871, 2007.

SNYDER, B. A.; HENDRIX, P. F. Current and potential roles of soil macroinvertebrates (earthworms, millipedes and isopods) in ecological restoration. *Restoration Ecology, Crawley*, v. 16, n. 4, p. 629-636, 2008.

SOARES, R. V. Estatística dos incêndios florestais no Brasil. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. (Eds.) *Incêndios florestais no Brasil : o estado da arte*. Curitiba : UFPR , p. 1-20, 2009.

SOARES, R.V. *Prevenção e controle de Incêndios florestais*. Curitiba: FUPEF, 1982. 69p

SPEKTOR, Dalia M. et al. Effects of heavy industrial pollution on respiratory function in the children of Cubatao, Brazil: a preliminary report. *Environmental health perspectives*, v. 94, p. 51-54, 1991. SPENCER C.N., GABEL K.O., HAUER F.R. 2003.

Wildfire effects on stream food webs and nutrient dynamics in Glacier National Park, USA. *Forest Ecology and Management* 178 (2003) 141–153.

STRASSBURG, B.B.N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution*, v. 1, n. 4, p. 1-3, 2017.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Oxford: Blackwell, 1979. 372p

TAVARES, SR de L. et al. Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E), 2008.

VAN SATADEN, J., BROWN, A.C.B.N., JAGER, A.K., JOHNSON, T.A. Smoke as a germination cue. *Plant Species Biology*, 15:167-178, 2000.

VAZ, Ana Paula de Melo et al. Bacia hidrográfica do rio balsas: diagnóstico físico e avaliação qualitativa de áreas suscetíveis à erosão. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 26, p. 77-87, 2021.

VAZ, Ana Paula de Melo et al. Relação entre uso e ocupação do solo e características geoquímicas naturais e antrópicas da bacia hidrográfica do Rio Balsas-MA.

VEDOVATO, Laura Barbosa et al. Detection of burned forests in Amazonia using the Normalized Burn Ratio (NBR) and Linear Spectral Mixture Model from Landsat 8 images. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. Anais [...]. São José dos Campos: INPE, 2015. p. 2984-2991.

VEDOVATO, Laura Barbosa et al. Detection of burned forests in Amazonia using the Normalized Burn Ratio (NBR) and Linear Spectral Mixture Model from Landsat 8 images. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. Anais [...]. São José dos Campos: INPE, 2015. p. 2984-2991.

YAMASDE, E., M.A.; ARTAXO, P.; MIGUEL, A.H. & ALLEN, A.G. Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of vegetation fires in the Amazon Basin: water-soluble species and trace elements. *Atmospheric Environment*, 34, p. 1641-1653, Elsevier, Great Britain, 2000.