

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Engenharia Agrícola e Ambiental

Beatriz Mendes de Sousa

IDENTIFICAÇÃO E MONITORAMENTO DA INCIDÊNCIA DE QUEIMADA NO
MUNICÍPIO DE UNAÍ-MG ENTRE 2010 E 2020

Unai-MG

2022

Beatriz Mendes de Sousa

**IDENTIFICAÇÃO E MONITORAMENTO DA INCIDÊNCIA DE QUEIMADA NO
MUNICÍPIO DE UNAÍ-MG ENTRE 2010 E 2020**

Trabalho apresentado como parte integrante da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Orientador: Prof. Dr. André Medeiros de Andrade

Unai-MG

2022

Beatriz Mendes de Sousa

**IDENTIFICAÇÃO E MONITORAMENTO DA INCIDÊNCIA DE QUEIMADA NO
MUNICÍPIO DE UNAÍ-MG ENTRE 2010 E 2020**

Trabalho apresentado como parte integrante da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Orientador: Prof. Dr. André Medeiros de Andrade

Data de aprovação 23/ 02 / 2022.

Prof^ª. Dr^ª. Alice Cesar Fassoni-Andrade
Universidade Federal de Brasília - Unb

Prof. Dr. Hermes Soares da Rocha
Faculdade de Ciências Agrárias - UFVJM

Unaí-MG

Dedico este trabalho à minha mãe, Ivanilda Mendes! Te amarei para sempre.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me capacitar e a Nossa Senhora Aparecida por atender minhas preces e interceder por mim durante a minha trajetória acadêmica.

Agradeço a toda comunidade acadêmica da UFVJM-Campus Unaí, ao corpo docente, técnicos, coordenadores, acadêmicos, demais colaboradores que contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui. Durante estes últimos anos aprendi muito dentro desta universidade e sou extremamente grata pela carga de conhecimento que levo comigo após esta jornada, graças ao ensino fornecido na UFVJM hoje tenho capacitação para ingressar no mercado de trabalho.

Gostaria de agradecer também alguns acadêmicos que fizeram parte desta minha jornada e que agregaram de alguma forma em minha formação Isamara Alves, Roberta Leão, Rosy Mara, Northon Matheus e Maysa Ramos. De igual forma agradeço aos docentes Hermes Soares, Hellen Deckers, Denis Leocádio, Ingrid Horák-Terra, Fabricio da Silva Terra, André Medeiros de Andrade e Leandro Tavares, pelo excelente trabalho realizado e a ótima metodologia aplicada dentro de sala de aula.

Agradeço também a todos os meus familiares que me apoiam desde o início, às minhas tias Aleandra e Alessandra, minha avó Lucia, minhas irmãs Betânia e Barbara, meus primos (as), sobrinhos (as), sogros e meu cunhado Lucimar Santos Soares.

Um agradecimento especial para meu esposo Lucinaldo que sempre está ao meu lado, acredita no meu potencial e me dá esperança para continuar dia após dia. Obrigado por ser a pessoa mais incrível do meu mundo, por ter cuidado de mim todos esses anos, por ter me ajudado a correr atrás dos meus sonhos e por me torna um ser humano melhor.

Um agradecimento especial também para Beatriz Hashimoto que me faz um bem danado, melhor presente que a UFVJM poderia me dar. Obrigada por ser minha parceira, por me apoiar, por acreditar em mim e por me ouvir por horas. Você é um ser humano incrível, cheio de luz e sou muito grata por ser minha amiga.

RESUMO

Queimada é o processo de combustão de uma matéria orgânica ou inorgânica. As queimadas podem ser do tipo controlada ou de forma involuntária ocasionada naturalmente ou de forma antrópica, sendo em sua maior predominância queimadas de beiras de estrada, rodovias e áreas de serra. Logo, este estudo tem como fundamentação identificar se existe relação entre a incidência de queimadas no município de Unaí-MG e a meteorologia da região. Com isto, este trabalho tem como objetivo monitorar e identificar as queimadas ocorridas em Unaí-MG entre 2010 e 2020 e analisar se existe relação entre a incidência de queimadas com o clima do município, utilizando dados meteorológicos de Unaí. Para o estudo, foram adquiridos os dados de incidência de queimadas no sistema de monitoramento de áreas queimadas na base de dados do Sistema de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), referentes ao município de Unaí, e as imagens utilizadas foram capturadas pelo satélite LANDSAT-8/sensor OLI. Os dados orbitais de queimadas em Unaí foram adquiridos nos anos entre 2010 e 2020. Dentre estes anos, as imagens utilizadas serão referentes aos 12 meses de cada dos 10 anos estudos. Para a análise dos dados foi-se utilizado o software QGis® Desktop 3.16.16, onde foi possível separar as queimadas que ocorreram em Unaí das que ocorreram nas demais regiões, e posteriormente fazer as quantificações necessárias. A aquisição dos dados meteorológicos ocorreu através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP-INMET), os dados obtidos são da Estação Meteorológica Convencional de Unaí-MG, que fornece informações diária de precipitação total, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima, umidade relativa do ar média e velocidade média dos ventos, entre outras. A partir dos dados de incidência de queimadas e dos dados meteorológicos foi possível realizar a análise de coeficiente de correlação linear de Pearson (ρ) que tem o intuito de medir o grau de interação entre duas variáveis quantitativas. Após a realização de processamento dos dados de queimadas, foi possível realizar a quantificação de queimadas ocorridas no município de Unaí entre 2010 e 2020. É em seguida a realização das análises de correlação que identificaram correlações moderadas nos anos 2010, 2014 e 2019 quando relacionado queimadas com umidade relativa do ar. Ouve-se diversas relações fracas entre os fatores precipitação e queimadas ao longo dos 10 anos observadas nos anos 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 e 2019. Em contra partida, ouve-se diversas relações fortes entre os fatores temperatura média e incidência de queimadas em Unaí em 2010, 2014 e 2018. E por fim maior parte de relações fracas entre velocidade média dos ventos e incidência de queimadas,

evidenciadas pelos anos 2013, 2016, 2017 e 2019. Contudo, a metodologia utilizada para identificação das queimadas ocorridas no município de Unaí se mostrou eficiente, tendo em vista que foi possível realizar as análises propostas, mesmo com a ausência de dados orbitais para algumas épocas do ano.

Palavras-chave: Queimadas, Unaí, Dados Meteorológicos.

ABSTRACT

Burning is the process of burning an organic or inorganic matter. The fires can be controlled or involuntary, caused naturally or anthropically, being mostly fires on roadsides, highways and mountain areas. Therefore, this study is based on identifying whether there is a relationship between the incidence of fires in the municipality of Unaí-MG and the weather in the region. With this, this work aims to monitor and identify the fires that occurred in Unaí-MG between 2010 and 2020 and to analyze whether there is a relationship between the incidence of fires and the climate of the municipality, using meteorological data from Unaí. For the study, fire incidence data were acquired from the burnt areas monitoring system in the National Institute for Space Research (INPE) Burning System database, referring to the municipality of Unaí, and the images used were captured by the LANDSAT-8 satellite/OLI sensor. The orbital data of fires in Unaí were acquired in the years between 2010 and 2020. Among these years, the images used will refer to the 12 months of each of the 10 years studied. For data analysis, the software QGIS® Desktop 3.16.16 was used, where it was possible to separate the fires that occurred in Unaí from those that occurred in other regions, and later to make the necessary quantifications. The acquisition of meteorological data took place through the Meteorological Database for Teaching and Research of the National Institute of Meteorology (BDMEP-INMET), the data obtained are from the Conventional Meteorological Station of Unaí-MG, which provides daily information on total precipitation, maximum temperature, average temperature, minimum temperature, average relative humidity and average wind speed, among others. From the fire incidence data and the meteorological data, it was possible to perform the analysis of Pearson's linear correlation coefficient (ρ) that aims to measure the degree of interaction between two quantitative variables. After processing the fire data, it was possible to quantify the fires that occurred in the municipality of Unaí between 2010 and 2020. It is then performed the correlation analyzes that identified moderate correlations in the years 2010, 2014 and 2019 when related to fires with relative air humidity. There are several weak relationships between the factor's precipitation and fires over the 10 years observed in the years 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 and 2019. On the other hand, there are several strong relationships between the factor's average temperature and incidence of fires in Unaí in 2010, 2014 and 2018. And finally, most of the weak relationships between average wind speed and incidence of fires, evidenced by the years 2013, 2016, 2017 and 2019. However, the methodology used to identify the fires that occurred in the municipality of Unaí proved to be efficient, considering that it was possible

to carry out the proposed analyses, even with the absence of orbital data for some times of the year.

Keywords: Burns, Unai, Meteorological Data.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figure 1 – Localização do Bioma Cerrado nos estados brasileiros	17
Figure 2 – Localização do Município de Unaí no estado de Minas Gerais.	21
Figura 3 – Incidências de Queimadas entre 2010 e 2020 do município de Unaí.	30
Figura 4- Focos de Queimadas identificados no município de Unaí-MG entre os anos 2010 e 2020.....	32
Figura 5 – Relação entre Incidência de Queimadas (km ²) e Precipitação Mensal (mm) em Unaí no ano 2010.....	34
Figura 6- Relação entre Incidência de Queimadas (km ²) e Umidade Relativa do Ar (%) em Unaí no ano 2011.....	36
Figura 7- Relação entre Incidência de Queimadas (km ²) e Umidade Relativa do Ar (%) em Unaí no ano 2013.....	37
Figura 8- Relação entre Incidência de Queimadas (km ²) e Temperatura Média (°C) em Unaí no ano 2011.	38
Figura 9- Relação entre Incidência de Queimadas (km ²) e Velocidade Média dos Ventos (m/s) em Unaí no ano 2015.	40
Figura 20- Relação entre Incidência de Queimadas (km ²) e Velocidade Média dos Ventos (m/s) em Unaí no ano 2018.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais características dos satélites LANDSAT 8, assim como seu sensor utilizado no estudo.	23
Tabela 2- Dados disponibilizados pelo Sistema de Queimadas do Inpe de acordo com o período de estudo, compreendido entre 2010 a 2020.....	24
Tabela 3- Dados da estação meteorológica do município de Unaí-Mg.	26
Tabela 4- Dados Meteorológicos utilizados no estudo. P= Precipitação mensal; TM= Temperatura Média, UR=Umidade Relativa do ar e VV= Velocidade Média dos Ventos.	27
Tabela 5- Quadro de interpretação do Coeficiente Correlação de Pearson.....	29
Tabela 6 – Incidência de Queimadas ocorridas no município de Unaí-MG entre 2010 e 2020.	29
Tabela 7- Dados de incidência de queimadas de Unaí entre 2010 e 2020 em número de focos, km ² e hectares queimado.	31
Tabela 8- Correlação entre Precipitação Mensal (mm) e Incidência de Queimadas (km ²) de Unaí entre 2010 e 2020. BF= relação bem fraca; Fra= relação fraca; M= relação moderada; For= relação forte e MF= relação muito forte.	33
Tabela 9- Correlação entre Umidade Relativa do Ar (%) e Incidência de Queimadas (km ²) de Unaí entre 2010 e 2020. BF= relação bem fraca; Fra= relação fraca; M= relação moderada; For= relação forte e MF= relação muito forte.	35
Tabela 10- Correlação entre Temperatura Média (°C) e Incidência de Queimadas (km ²) de Unaí entre 2010 e 2020. BF= relação bem fraca; Fra= relação fraca; M= relação moderada; For= relação forte e MF= relação muito forte.	38
Tabela 11- Correlação entre Velocidade Média dos Ventos (m/s) e Incidência de Queimadas (km ²) de Unaí entre 2010 e 2020. BF= relação bem fraca; Fra= relação fraca; M= relação moderada; For= relação forte e MF= relação muito forte.	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVO	16
3 REFERENCIAL TEORICO	17
3.1 O Bioma Cerrado	17
3.2 Queimadas no Cerrado	18
3.3 Sensoriamento Remoto no Mapeamento de Queimadas	19
4 METODOLOGIA	20
4.1 Descrição e Local da Área de Estudo.	20
4.2 Período de Estudo	22
4.3 Dados Orbitais	22
4.3.1 Análise dos Dados Orbitais	24
4.4 Dados Meteorológicos	25
4.4.1 Análises dos Dados Meteorológicos	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 Incidência de Queimadas em Unaí	29
5.2 Relação entre Queimadas e Meteorologia no Município de Unaí	32
5.2.1 Precipitação	32
5.2.2 Umidade Relativa do Ar	34
5.2.3 Temperatura Média	37
5.2.4 Velocidade Média dos Ventos	39
6 CONCLUSÃO	42
7 REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

Queimada é o processo de combustão de uma matéria orgânica ou inorgânica, as queimadas de materiais orgânicos as que ocorrem queima de biomassa, ocorridas geralmente em florestas, pastos e vegetação em serras (Mendonça, 2019). As queimadas podem se dar de forma natural, oriundas da ação da natureza ou de origem antrópica em que o ser humano de forma direta ou indiretamente é responsável por sua existência. As queimadas também podem ser do tipo controlada, quando se tem o objetivo de realizá-la em um local específico, ou de forma involuntária (Mendonça, 2019).

Segundo Fearnside (2002) o Brasil é um dos grandes responsáveis pela elevada quantidade de gases de efeito estufa, devido principalmente à queima de florestas no país. Queimadas essas que muitas vezes são ocasionadas de forma antrópica na pretensão de ampliar as áreas de agrícolas e de pastagem, para que por sua vez promova o aumento produtivo do país e conseqüentemente a elevação do seu potencial econômico. As queimadas com objetivo de promover o desmatamento são responsáveis pela maioria dos gases emitidos a atmosfera, isso porque até mesmo a porção que não foi totalmente queimada pelo fogo também contribui para emissão de CO₂, CH₄, entre outros gases nocivos ao meio ambiente

Estudos realizados mostram que o Brasil teve cerca de 20% da sua área total consumido por focos de queimadas no ano de 2019, o que equivalente a quase 2 milhões de quilômetros quadrados (Ribeiro, 2021). As principais áreas afetadas pelo fogo estão situadas nos biomas cerrado e a floresta amazônica, assim como uma porção das vegetações nativas. Estudos também aponta que a maioria das queimadas ocorreram na Amazonia e 60% delas foram originados em propriedades privadas (Ribeiro, 2021).

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e abrange uma área superior a 200 milhões de hectares ocupando cerca de 23,5% do território brasileiro (EMBRAPA, 2018). No Cerrado, os índices de queimadas tiveram elevações durante a última década. No ano de 2019 foi queimado 7,3% do território do bioma Cerrado, enquanto em 2020 houve uma redução na taxa de queimadas no bioma de 0,3%, sendo estimado o equivalente a 7% do território do Cerrado queimado em 2020(Costa, 2021).

Segundo Nascimento (2001), as queimadas no Cerrado se intensificaram devido à ampliação de áreas agricultáveis no Bioma que apresenta clima favorável para os cultivos de diversos cereais. A limpeza das áreas muitas vezes é feita através da prática de queimada

controlada que, quando não são devidamente supervisionadas, fogem do controle e se propagam por grandes áreas.

Tendo em vista que o ato de se utilizar de queimadas para a limpeza da área já traz graves consequências para o meio ambiente, sua propagação descontrolada intensifica os prejuízos. Em virtude disso, a preocupação com as queimadas no Cerrado nas últimas décadas vem sendo pautada como preocupação nacional, tendo em vista que estes eventos promovem o desequilíbrio da natureza (Costa, 2021).

O Noroeste do estado de Minas Gerais, que ocupa uma porção do Bioma Cerrado, apresenta índices preocupantes de queimadas, que muitas vezes ocorrem nas margens de rodovias, florestas, lavouras, chegando a atingir até residências rurais. A intensificação das queimadas no Noroeste do Estado se deu pela ação humana e pelo clima seco das primaveras dos últimos anos (Souza, 2021). Segundo especialistas, a quantidade de queimadas no Noroeste de Minas Gerais é uma das mais elevadas dos últimos dez anos nos meses de setembro a novembro (Nobre, 2021).

No município de Unaí, situado no noroeste do estado de Minas Gerais, o quadro de queimadas não é muito distinto do restante dos demais municípios mineiros. Sendo em sua maior predominância queimadas de beiras de estrada, rodovias e áreas de serra, o município também contribui com os índices de elevação de queimadas do Estado. Assim como no Cerrado, as queimadas ocorridas no município também são predominantemente oriundas das ações antrópicas, isso porque, o homem provoca queimadas em áreas, com potencial produtivo, sem controle adequado. Além do fato do clima em Unaí ser quente.

Logo, este estudo tem como fundamentação identificar se existe relação entre a incidência de queimadas no município de Unaí e a meteorologia da região.

2 OBJETIVO

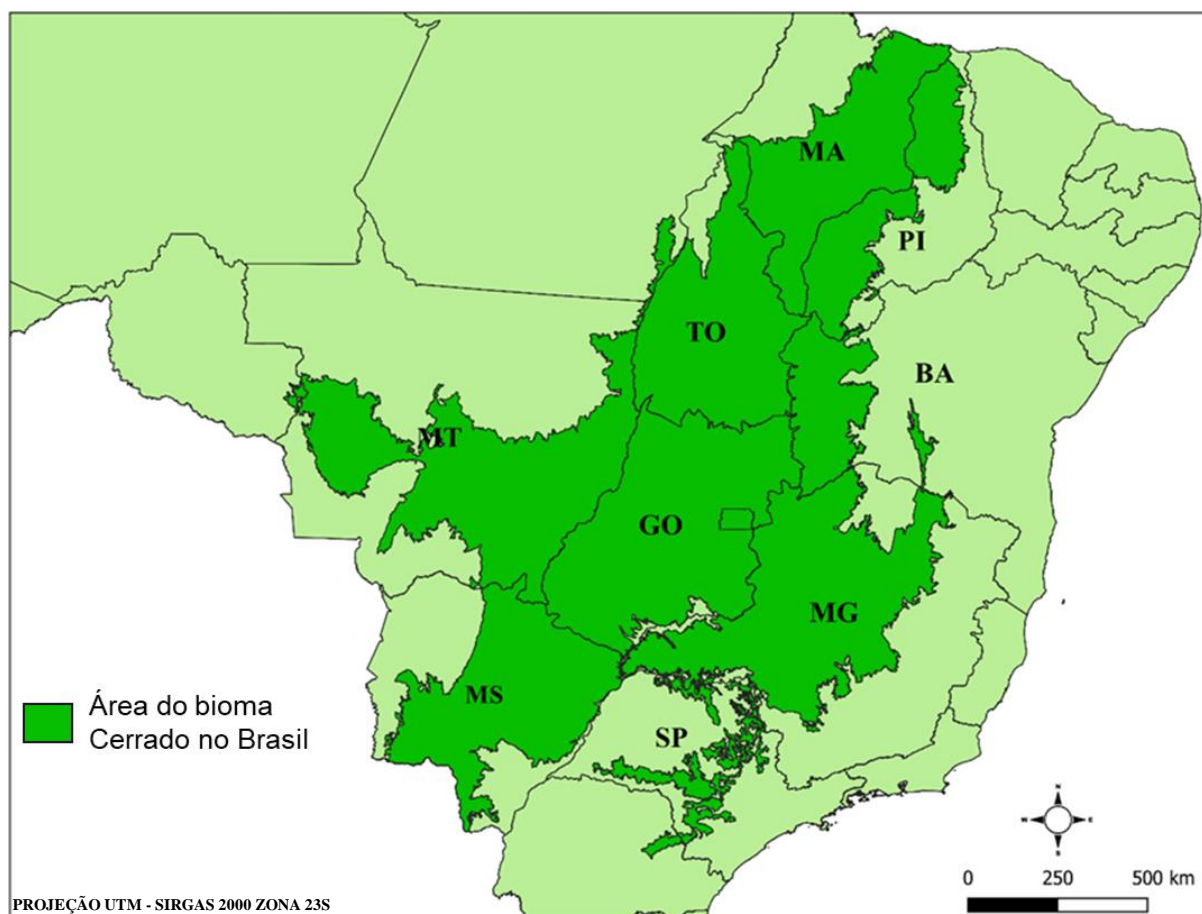
Visando identificar a incidência das queimadas ocorridas no município de Unaí-Mg, este trabalho tem como objetivo monitorar e identificar as queimadas ocorridas em Unaí entre 2010 e 2020 e analisar se existe relação entre a incidência de queimadas com o clima do município, utilizando dados meteorológicos de Unaí.

3 REFERENCIAL TEORICO

3.1 O Bioma Cerrado

O Cerrado é o segundo maior Bioma do Brasil e está situado entre as latitudes 10° Sul e 24° Sul e longitudes 42° Oeste e 65° Oeste. Presente em vários estados brasileiros, o Cerrado abrange totalmente o estado do Goiás e o Distrito Federal e de forma parcial os estados de Minas Gerais, Tocantins, Mato Grosso, Bahia, Piauí, Maranhão (França, 2000) (Figura 1).

Figure 1 – Localização do Bioma Cerrado nos estados brasileiros



As altitudes do Cerrado variam de 300 a 1600 m, tendo predominância de áreas com altitude entre 300 a 600 m. Nas regiões de maiores altitudes a temperatura média nas estações de primavera e verão tendem a ser mais elevadas, apresentando médias inferiores a 24°C. Nas regiões com altitudes entre 300 e 900 m as temperaturas médias durante as mesmas

estações variam de 24° a 28°C. O inverno no Cerrado, de modo geral, não apresenta temperatura média inferior a 20°C, podendo ser menores em maiores altitudes (França, 2000).

A precipitação anual no Cerrado varia entre 1200 a 1800 mm, com predominância de chuvas concentradas no verão, enquanto os meses de inverno são caracterizados por ausência de chuva (França, 2000).

Segundo França (2000) o Cerrado é predominantemente coberto por Latossolo, com presença de porções menores de solos arenosos, argilosos minerais não-hidromórficos e Plintossolos, além de uma porção menor de gleissolos e cambissolos. E o relevo do Cerrado é, em maior escala, plano e suave-ondulado, e em alguns casos, ondulado e montanhosos.

O Cerrado é composto por uma vegetação diversificada com espécies herbáceas e arbustos semelhantes a campos, sem a presença de espécies arbóreas. E também em alguns locais há predominância de florestas com grandes arvores e dosséis. Assim como savanas com presença de gramíneas e arvores, mas sem a composição do dossel formado nas florestas, as arvores e arbustos estão espalhado pela savana do Cerrado (Ribeiro *et al* Walter, 1998).

3.2 Queimadas no Cerrado

O Cerrado apresenta alta susceptibilidade à ocorrência de queimadas, sejam acidentais ou de origem antrópica. De modo geral, as queimadas no cerrado acontecem nos períodos de seca, com maior incidência de focos entre os meses de agosto a setembro. Essas queimadas acontecem, em sua maioria, de forma premeditada, devido principalmente à intensificação do manejo agrícola, ampliação das fronteiras de ocupação humana e implementação de áreas de pastagem no Bioma (França, 2001).

Segundo Machado (2018), pouco menos de 10% das queimadas no Cerrado tem origem natural, e apesar da ocorrência dessas queimadas ser baixa, são apontados alguns acontecimentos deste fenômeno. Em maior parte, a origem do fogo se dá a partir de descargas elétricas que atingem topos de arvores secas propiciando a queima e proliferação das chamas por todo o campo (Ribeiro *et al* Figueira, 2011). De modo geral, essas queimadas não costumam ser devastadoras como as de origem antrópica, tendo em vista as queimadas originadas por raios está atrelada à ocorrência de precipitação, que por sua vez, é um comburente capaz de extinguir queimadas (Ribeiro *et al* Figueira, 2011).

As queimadas de origem antrópica no Cerrado ocorrem há mais de 500 anos, tendo em vista que há evidências de que no período colonial já se tinha a prática de utilizar o fogo

para limpar áreas, seja para fins de construção de moradias ou plantio de culturas (Ribeiro *et al* Figueira, 2011). Os povos indígenas usavam o fogo muitas vezes como técnica de caça e até mesmo para manter a vegetação menos densa nas proximidades de suas moradias. A utilização do fogo como meio renovação de áreas de pastagem e desmatamento foi se intensificando com o decorrer do tempo e ainda é uma prática recorrente no Cerrado (Daldegan, 2012).

No estudo desenvolvido por Arruda (2021) foi desenvolvido o monitoramento de queimadas em savanas tropicais com o intuito de identificar as consequências climáticas e atmosféricas geradas por esses eventos. O autor ressalta a importância de se preservar o meio ambiente nas regiões de savanas, assim como, em florestas e matas nativas. No estudo, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto como ferramenta para o mapeamento de áreas queimadas utilizando resoluções temporais e espaciais de alta definição. Podendo assim, ser identificarem-se as áreas afetadas pelo fogo e quantificar as porções afetadas.

3.3 Sensoriamento Remoto no Mapeamento de Queimadas.

O sensoriamento remoto é utilizado desde 1972 para diferentes monitoramentos da superfície terrestre através de imagens de satélites, como as fornecidas pela série Landsat. Através de técnicas de sensoriamento remoto é possível realizar monitoramento, análises, quantificações e estimativas de toda a superfície buscando-se diferentes objetivos (Araújo, 2010).

Com o avanço tecnológico dos últimos anos tornou-se possível quantificar e mapear os focos de queimadas em todo o Brasil. Através dos programas de monitoramento do INPE é possível ter acesso aos dados de focos de queimadas ocorridos desde 1980 detectados por vários sistemas orbitais capazes de detectar indícios de calor, como MODIS, Landsat, NOAA, entre outros. No entanto, cada sensor tem capacidade distinta de captação de dados, com resolução espacial e temporal que variam de acordo com suas especificações técnicas, mas todos tem a finalidade de fornecer dados que auxiliam na detecção de focos de queimadas no país (Araújo, 2010).

O monitoramento das queimadas no Brasil iniciou na década de 1980 com a implantação do sistema que monitora e identificação de foco de queimadas no Brasil via imagens de satélites, mediante ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Assim, é possível quantificar as queimadas de todo o Brasil e também as monitorar de acordo com a

sua localização, pois é possível obter as informações de focos de queima de cada região do Brasil (Daldegan, 2012).

Para a obtenção de índices de focos de queimadas através de imagens de satélites é necessário que a mesma tenha uma resolução espacial moderada e resolução temporal alta, isso porque as queimadas podem ocorrer em locais distintos em um curto período de tempo e são distribuídas de forma bastante extensas em alguns casos mais extremos. Em virtude disso, uma resolução temporal, de um período de até 7 dias, é mais viável para este tipo de pesquisa, assim como uma resolução espacial ampla, com no mínimo 30 metros, também auxilia na elaboração de mosaicos (Araújo, 2010).

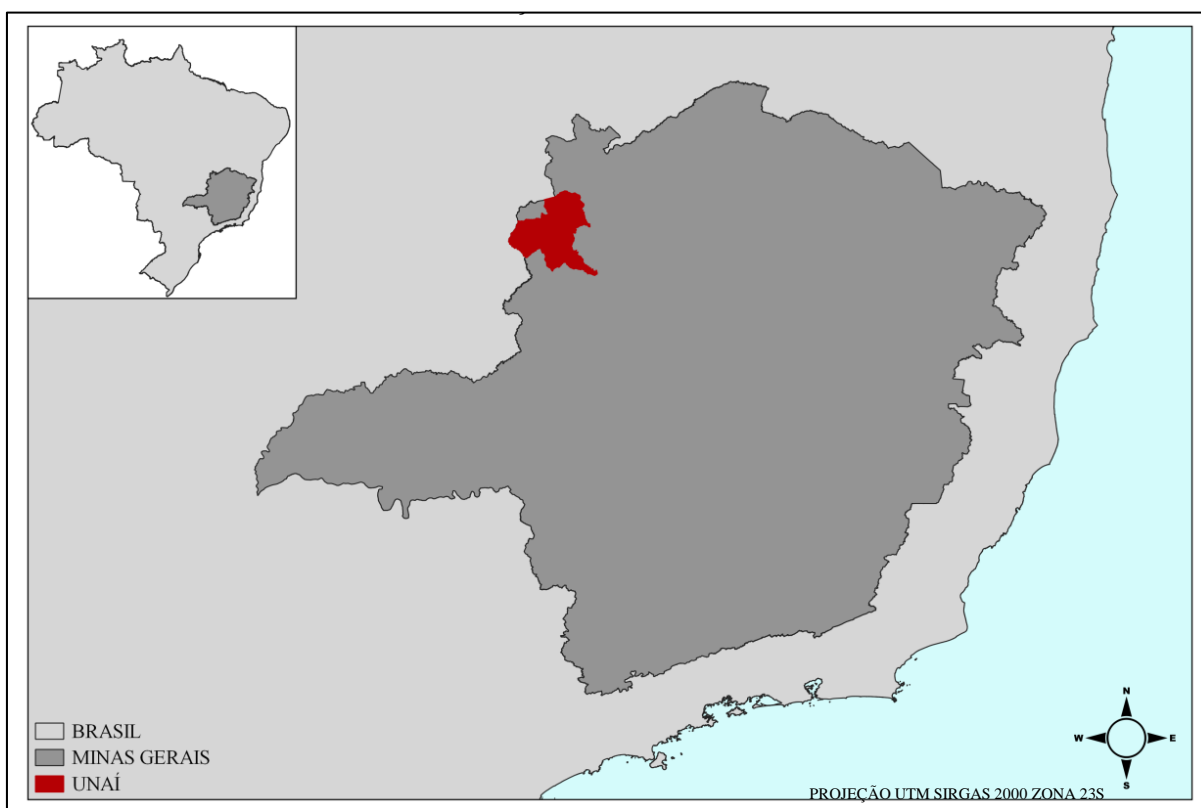
Arruada *et al* Piontekowski (2021) utilizaram o mapeamento de cicatrizes de queimadas no bioma Cerrado imagens do satélite Landsat com resolução espacial de 30 m e a técnica de Deep Learning com acurácia de 97%. No estudo foram analisadas as cicatrizes de queimadas no período de 2000 a 2019 de todo o bioma Cerrado, tendo-se uma compreensão ampla da distribuição do fogo no bioma. Ainda segundo Arruada *et al* Piontekowski (2021) o sensoriamento remoto foi fundamental para o monitoramento das áreas afetadas no bioma Cerrado por utilizar imagens de alta resolução espacial e temporal.

4 METODOLOGIA

4.1 Descrição e Local da Área de Estudo.

O estudo foi realizado no município de Unaí, localizado no Noroeste de Minas Gerais com uma área equivalente a 8.447km² (Sousa, 2019).

Figure 2 – Localização do Município de Unaí no estado de Minas Gerais.



O município de Unaí apresenta clima predominantemente quente em quase todo o ano, caracterizado por temperaturas que variam anualmente entre 14°C a 35°C e médias anuais de aproximadamente 24°C, de modo geral as temperaturas na cidade raramente ultrapassam mínimas de 11°C e máximas de 40°C (Sousa, 2019).

A precipitação pluvial média anual de Unaí é de aproximadamente 1300 mm, onde são identificados períodos secos nos meses de maio a setembro e períodos chuvosos entre outubro e abril (Silva et. al. Cunha, 2017).

O relevo em Unaí em sua maioria é plano (60%) com uma porção menor de relevo montanhoso (25%), os outros 15% do território são compreendidos pela bacia hidrográfica do Rio São Francisco (Sousa, 2019).

Os solos em Unaí são bastante diversos, com machas maiores de latossolo-vermelho, latossolo-amarelo e latossolo-vermelho-amarelo. Solos esses que contêm excelentes características físicas e características químicas que possibilitam sua fácil correção (Naime, 2014). Estes atributos trazem ótimos benefícios para a agricultura, que é a principal atividade econômica do município.

4.2 Período de Estudo.

As queimadas são fenômenos capazes de carbonizar grandes áreas em curtos períodos de tempo. Eventos de queimadas podem ocorrer com maiores incidências em alguns anos e em menores em outros anos, e o mesmo ocorre dentro de um ano, podendo-se ter maiores percentuais de queimadas em alguns meses e em outros ter-se percentual baixo.

Logo, foram adquiridos os dados de incidência de queimadas no sistema de monitoramento de áreas queimadas na base de dados do Sistema de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o qual fornece dados de áreas queimadas de todo o Brasil. E com o intuito de identificar qual a proporção das queimadas ocorridas no município de Unaí na última década, determinou-se o período de estudo como o compreendido de 2010 a 2020.

4.3 Dados Orbitais.

Com o intuito de se obter informação especificamente para o município de Unaí, utilizou-se a aquisição de dados georreferenciados contendo informação de focos de queimadas do município de Unaí. Esses dados foram adquiridos no Sistema de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com resolução espacial de 30 metros.

O sistema fornece imagens capturadas pelos satélites LANDSAT 8 sensor OLI, CBRS-4 sensor MUX e/ou satélite RESOURCESAT-1 sensor LISS III. No entanto, para o estudo foram obtidas as imagens fornecidas pelo satélite LANDSAT-8, o qual a Tabela 1 fornece as principais informações dos dados orbitais utilizados no estudo.

Tabela 1- Principais características dos satélites LANDSAT 8, assim como seu sensor utilizado no estudo.

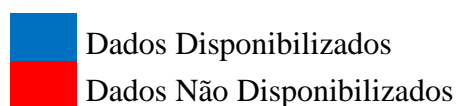
Satélite		LANDSAT 8			
Sensores		OLI			
Informações das bandas que serão utilizadas					
Sensor	Bandas	Res. Espectral (μm)	Res. Espacial (m)	Res. Temporal (dias)	Faixa imageadora (km)
OLI	2	0,45 – 0,51			
	3	0,53 – 0,59			
	4	0,63 – 0,67	30	16	183
	5	0,85 – 0,88			
	6	1,56 – 1,65			

Os dados orbitais utilizados englobam a área do município de Unaí, e por se tratar de uma região extensa realizou-se o download dos dados shapefile referentes a duas orbitas ponto a 220/071 e a 220/072. As imagens foram adquiridas com base no período de estudo pré-determinado anteriormente, que compreende aos anos entre 2010 e 2020.

No entanto foram encontradas algumas dificuldades referentes aos dados fornecidos pelo Sistema de Queimada do INPE, por se tratar de um período de estudo extenso, de 10 anos, alguns meses e até mesmo anos não foram possíveis serem estudados. Isso porque, o Inpe não forneceu os dados referente aos períodos. Essa falta de dados pode ter ocorrido devido à falta total de queimadas ou até mesmo o excesso de nuvens no período de captação da imagem, tornando-a inviável para análise. Na Tabela 2 é apresentando os períodos em que foram realizados obtidas dados para a realização do estudo.

Tabela 2- Dados disponibilizados pelo Sistema de Queimadas do Inpe de acordo com o período de estudo, compreendido entre 2010 a 2020.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2010	Red	Red	Red	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red
2011	Red	Red	Red	Red	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red
2012	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
2013	Red	Red	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2014	Red	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2015	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2016	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2017	Red	Red	Red	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red
2018	Red	Red	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Red
2019	Red	Red	Red	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red
2020	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red



Com base na tabela, não foram fornecidos, pelo sistema, nenhum dado referente anos 2012 e 2020, não sendo possível fazer a identificação das queimadas nestes períodos. Os demais anos foram afetados parcialmente, podendo-se realizar análises referentes aos meses que foram obtidos os dados orbitais, não inviabilizando assim o estudo nestes anos.

4.3.1 Análise dos Dados Orbitais

Para a análise dos dados de queimadas ocorridos em Unaí a partir de dados orbitais foram utilizadas imagens adquiridas nos anos entre 2010 e 2020. Dentre estes anos, as imagens utilizadas serão referentes aos 12 meses de cada dos 10 anos estudos.

Após a obtenção dos dados orbitais que compreendem o município de Unaí, estes foram manipulados no software QGIS® Desktop 3.16.16. No software foi possível separar as queimadas que ocorreram em Unaí das que ocorreram nas demais regiões, próximas ao município, que também estão compreendidas nos dados. A partir daí, foi possível realizar a quantificação das áreas queimadas em Unaí. Isso foi possível graças a ferramenta presente no QGIS® capas de estimar a área de cada um dos polígonos presentes nas imagens, que por sua vez, representa cada focos de queimadas.

Obtendo-se o número de focos, representados por polígonos, e a quantificação da área dos focos foi possível identificar a incidência de queimadas no município de Unaí em área total queimada (km²) em cada mês e ano e também em relação ao número de queimadas (focos) ocorridas em cada um dos meses e anos.

Para a monitoramento e análise destes dados foram elaboradas tabelas com os dados de focos de queimadas e área queimada em cada um dos 10 anos observados. Estes dados foram mensurados e organizados através do software Microsoft Excel. Também foi elaborado um mapa que permite visualizar a proporção das queimadas ocorridas em cada anos.

4.4 Dados Meteorológicos.

As características climáticas de um dado local podem interferir diretamente na ocorrência de focos de queimadas, aumentando ou minimizando os focos de queimadas do ambiente. Em virtude disso, para este estudo foram adquiridos os dados meteorológicos da cidade de Unaí dos últimos 30 anos, este período foi determinado com o intuito de analisar a série histórica do município, podendo ser identificado se o evento ocorrido, em um dos anos analisados, foi um caso isolado ou faz parte de uma característica climática da região. Com base nesta série histórica será possível identificar as características e padrões climáticos e avaliar se existe influência climática nas queimadas ocorridas durante o período de estudo.

A aquisição dos dados meteorológicos ocorreu através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP-INMET). Os dados foram obtidos a partir da Estação Meteorológica Convencional de Unaí-MG (Tabela 3), que fornece informações diárias de precipitação total, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima, umidade relativa do ar média e velocidade média dos ventos, entre outras.

Tabela 3- Dados da estação meteorológica do município de Unaí-Mg.

Nome		UNAÍ
Código Estação		83428
Coordenadas da Estação	Latitude	-1.636.638.888
	Longitude	-4.688.944.444
Altitude		595.59 m
Situação		Operante
Periodicidade da Medição		Diária
Data da Medição	Início	01/01/1990
	Final	31/12/2019

4.4.1 Análises dos Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos foram adquiridos a partir de medições diárias e com o intuito de adequá-los aos dados de incidência de queimada do município de Unaí, fornecidos mensalmente, manipulou-se os dados meteorológicos diários para serem utilizados como dados mensais, se adequando assim aos dados de queimadas. O processo de adequação dos dados meteorológicos se deu através composição de médias mensais (Tabela 4).

Tabela 4- Dados Meteorológicos utilizados no estudo. P= Precipitação mensal; TM= Temperatura Média, UR=Umidade Relativa do ar e VV= Velocidade Média dos Ventos.

		P	TM	UR	VV			P	TM	UR	VV
		mm	°C	%	m/s			mm	°C	%	m/s
2010	1	146,90	25,84	69,35	1,77	2011	1	187,30	25,81	69,28	1,95
	2	48,90	26,98	62,01	1,50		2	61,10	26,64	61,18	1,43
	3	233,40	25,66	74,74	1,69		3	469,00	24,70	78,94	1,34
	4	77,50	24,48	65,25	1,46		4	59,00	24,47	67,44	1,38
	5	20,20	23,84	64,85	1,08		5	2,60	22,84	63,27	1,33
	6	0,60	20,93	58,81	1,42		6	0,00	21,75	59,13	1,54
	7	0,00	22,13	51,82	1,58		7	0,00	22,06	52,04	1,56
	8	0,00	22,52	42,44	1,59		8	0,00	24,41	41,13	1,64
	9	12,80	26,09	38,51	1,72		9	0,00	26,11	36,15	1,80
	10	183,60	27,00	60,56	1,30		10	135,60	24,91	67,20	1,90
	11	202,30	24,58	75,73	1,54		11	182,30	24,57	70,02	1,67
	12	272,10	25,72	72,58	1,05		12	328,80	24,68	76,46	1,19
2013	1	287,90	25,27	75,47	1,91	2014	1	46,40	26,29	62,83	1,91
	2	73,40	26,32	65,74	1,28		2	138,30	25,97	66,49	1,70
	3	181,70	26,10	72,87	1,42		3	201,60	25,36	74,13	1,39
	4	78,50	24,17	73,10	1,23		4	139,80	25,38	71,85	1,24
	5	21,20	23,60	64,36	1,37		5	5,80	23,33	65,05	1,34
	6	51,60	22,96	68,61	1,03		6	0,00	22,58	61,63	1,34
	7	0,00	22,63	57,90	1,52		7	0,40	22,05	56,36	1,68
	8	0,00	23,87	45,79	1,57		8	0,00	24,01	45,44	1,55
	9	67,60	26,14	50,47	1,87		9	2,00	27,80	41,62	1,87
	10	139,30	25,75	62,35	1,65		10	28,10	27,81	47,09	2,09
	11	151,40	25,65	68,28	1,66		11	206,70	26,28	67,92	1,90
	12	243,60	25,42	77,13	1,11		12	270,90	25,05	74,34	1,52
2015	1	79,60	27,80	55,87	1,92	2016	1	461,00	25,34	79,72	1,96
	2	183,60	25,85	69,65	1,75		2	51,20	28,05	59,59	1,36
	3	219,00	24,97	77,49	1,20		3	137,80	26,80	66,77	1,46
	4	160,40	25,31	75,82	1,39		4	37,00	26,74	55,92	1,47
	5	39,20	23,08	74,10	1,40		5	0,60	24,78	60,52	1,30
	6	0,00	22,39	63,36	1,49		6	0,00	23,22	52,53	1,34
	7	1,30	22,96	57,08	1,49		7	0,00	23,73	46,29	1,48
	8	0,00	24,30	45,73	1,58		8	0,70	25,26	45,53	1,82
	9	39,20	27,77	47,37	1,71		9	69,20	27,93	41,88	1,58
	10	24,10	29,50	43,15	1,74		10	69,50	28,34	48,99	1,92
	11	264,70	28,36	57,57	1,62		11	245,20	25,97	69,53	1,79
	12	80,60	27,51	62,19	1,57		12	171,40	26,39	64,02	1,85

2017	1	55,20	27,04	61,13	2,10	2018	1	128,50	26,33	67,96	1,83
	2	225,40	25,71	71,01	1,52		2	179,20	25,53	73,20	1,46
	3	123,10	26,58	65,41	1,41		3	64,20	26,23	69,10	1,51
	4	16,00	26,74	61,72	1,42		4	151,70	24,29	70,64	1,60
	5	31,80	24,80	65,31	1,23		5	13,00	22,83	62,07	1,48
	6	0,00	23,56	57,17	1,58		6	0,00	22,33	58,49	1,37
	7	0,00	21,49	49,56	1,77		7	0,00	21,87	52,08	1,42
	8	0,00	25,01	42,44	1,47		8	8,60	24,97	46,57	1,53
	9	3,80	25,96	50,88	1,97		9	33,30	26,59	43,28	1,77
	10	80,90	26,00	55,96	2,12		10	138,80	27,44	58,30	1,67
	11	287,40	25,27	71,93	1,53		11	439,70	24,09	77,83	1,68
	12	268,80	27,34	74,05	1,08		12	313,20	25,17	69,00	1,22
2019	1	54,60	26,60	61,12	1,80						
	2	110,40	25,88	70,24	1,49						
	3	228,80	24,83	75,82	1,49						
	4	107,80	24,96	74,79	1,32						
	5	29,30	23,81	70,88	1,22						
	6	0,20	21,37	63,44	1,42						
	7	0,00	20,72	55,48	1,49						
	8	0,00	23,63	48,48	1,60						
	9	1,70	26,68	41,94	1,77						
	10	21,60	27,97	45,56	1,84						
	11	258,80	26,10	65,46	1,70						
	12	158,60	25,57	69,30	1,63						

Os dados meteorológicos e os de área queimada usados no estudo, passaram por uma análise estatística, na qual, foi possível identificar se existe relação entre os dados de queimada e cada um dos parâmetros mensuráveis dos dados meteorológicos, sendo eles precipitação, temperatura média, velocidade média dos ventos e umidade relativa do ar. A análise estatística foi realizada através do coeficiente de correlação entre cada um dos fatores meteorológicos com os dados de queimadas, referente a cada um dos anos entre 2010 e 2020.

Na análise de correlação, utilizou-se o coeficiente de correlação linear de Pearson (ρ) que tem o intuito de medir o grau de interação entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente varia entre -1 a 1, em que $\rho=1$ corresponde uma perfeita relação entre as variáveis, $\rho=-1$ não existe nenhuma relação positiva entre as variáveis, isto é, quando uma aumenta a outra tende a diminuir e $\rho=0$ não existe uma relação linear entre as variáveis, podendo existir uma relação não linear entre elas (Tabela 5).

Equação do Coeficiente de Correlação Linear de Pearson:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2(\sum(y_i - \bar{y})^2)}}$$

Tabela 5- Quadro de interpretação do Coeficiente Correlação de Pearson.

Valor ρ (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 0,19	Uma correlação bem fraca
0,20 a 0,39	Uma correlação fraca
0,40 a 0,69	Uma correlação moderada
0,70 a 0,89	Uma correlação forte
0,90 a 1,00	Uma correlação muito forte

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Incidência de Queimadas em Unaí

Após a realização de processamento dos dados de queimadas, foi possível realizar a quantificação de queimadas ocorridas no município de Unaí entre 2010 e 2020. Na Tabela 6 é possível identificar as áreas queimadas, em Km², do município em cada um dos anos estudados.

Tabela 6 – Incidência de Queimadas ocorridas no município de Unaí-MG entre 2010 e 2020.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2010	-	-	-	-	1,067	3,123	3,220	4,740	16,223	-	-	-	28,373
2011	-	-	-	-	0,941	-	0,559	4,361	7,043	8,690	-	-	21,595
2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	-	2,851	0,647	0,000	1,500	2,498	7,872	2,219	1,446	19,033
2014	-	-	0,028	0,794	0,447	0,000	0,130	7,152	77,528	154,043	3,699	0,975	244,795
2015	4,751	5,012	1,196	0,000	0,000	2,154	0,707	3,596	0,000	15,971	0,012	2,098	35,496
2016	-	10,902	38,395	14,853	7,349	9,759	1,633	1,299	13,287	6,139	9,601	0,306	113,523
2017	-	-	-	-	21,664	4,402	6,207	5,515	23,293	-	-	-	61,081
2018	-	-	-	1,388	1,512	3,569	4,696	22,012	40,464	27,468	0,893	-	102,002
2019	-	-	-	-	5,103	1,631	1,861	6,331	27,912	1,342	-	-	44,179
2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	4,751	15,914	39,619	17,035	40,934	25,285	19,013	56,506	208,247	221,525	16,424	4,824	670,076

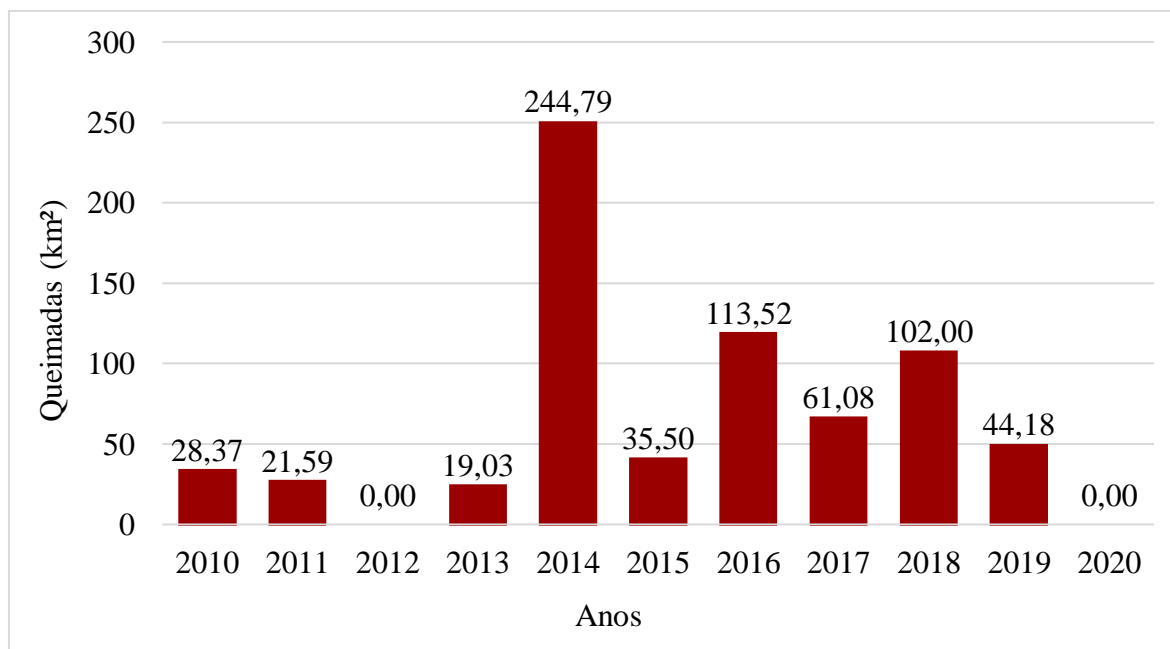
Na tabela de incidência de queimadas é apresentados algumas linhas sem dados, tendo apenas um traço, estas lacunas representam os meses em que não foram possíveis adquirir dados de queimadas no sistema do Inpe.

Além disso, pôde-se evidenciar nos dados tabelados que nos anos 2014, 2016 e 2018 obteve-se maiores incidências de queimadas nos últimos 10 anos. Cada um dos anos apresentaram o total de 244,795 km², 113,523 km² e 102,002 km², respectivamente. Esse fato ocorreu mesmo com a falta de dados nos meses iniciais, em 2014, 2016 e 2018, e no final do ano 2018.

Em contra partida, no ano de 2015, que foi possível a aquisição os dados em todos os meses do ano, apresentou pouco mais de 35 km² de área queimada em Unaí. Mostrando que talvez a falta de alguns dados, em determinados meses, pode ter afetado de forma pouco significativa o estudo.

As incidências de queimadas do município de Unaí entre 2010 e 2020, também podem ser melhor visualizado na da Figura 3. Na qual podemos identificar que os anos de 2012 e 2020 não foi possível ser analisados devido à falta de fornecimento no sistema do Inpe.

Figura 3 – Incidências de Queimadas entre 2010 e 2020 do município de Unaí.



Outro dado importante mensurado a partir dos dados orbitais do município de Unaí, foi a quantificação do número de focos de queimadas dos anos dentre o período de

estudo. Na Tabela 7 são apresentados os números de focos, assim como a área total queimada de cada ano entre 2010 e 2020.

Tabela 7- Dados de incidência de queimadas de Unai entre 2010 e 2020 em número de focos, km² e hectares queimado.

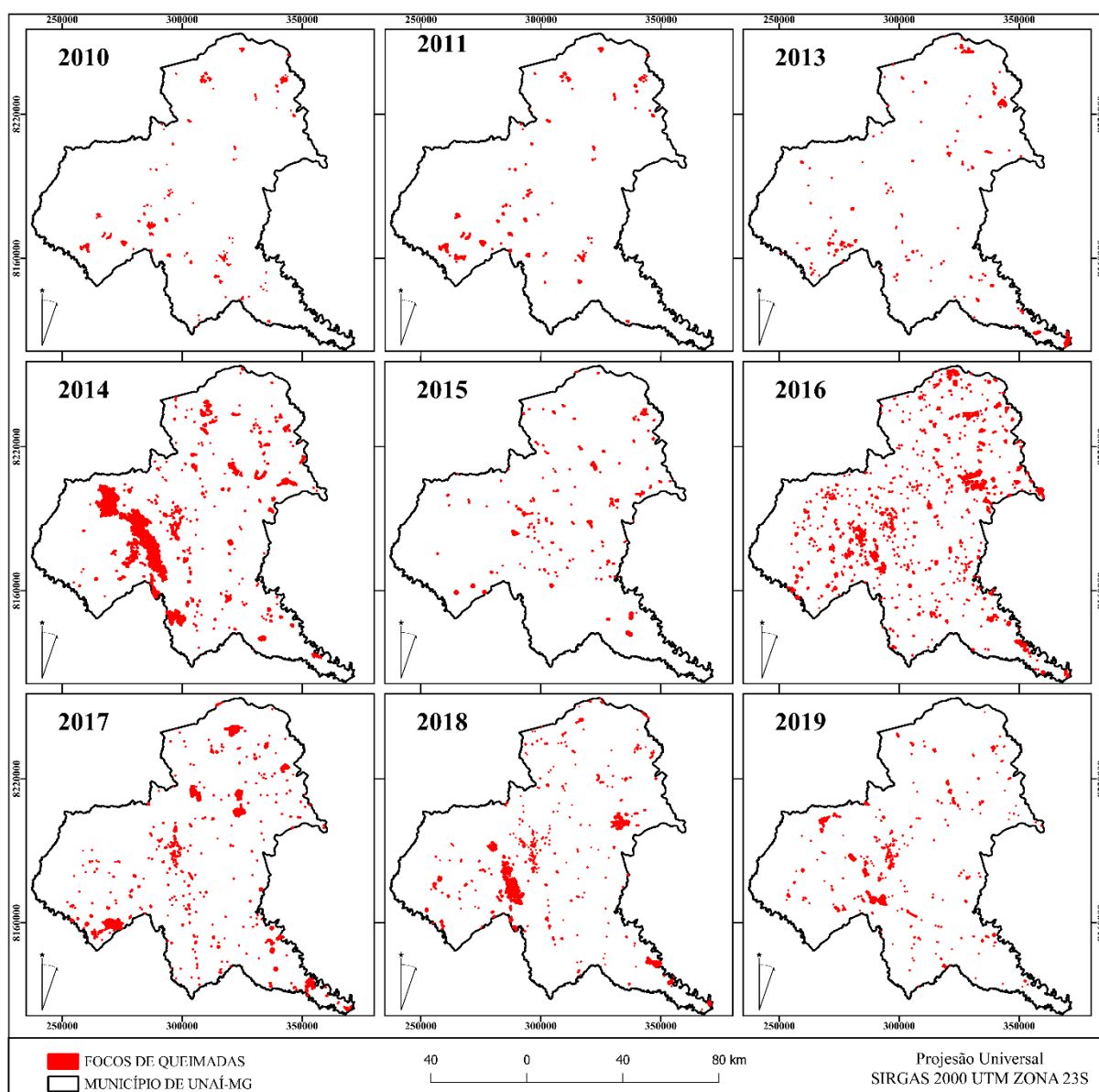
	Focos	Km ²	ha
2010	161	28,37253	2.837,25
2011	144	21,59462	2.159,46
2012	-	-	-
2013	198	19,03255	1.903,25
2014	568	244,7949	24.479,49
2015	221	35,49627	3.549,62
2016	966	113,523	11.352,3
2017	385	61,08084	6.108,08
2018	509	102,0024	10.200,24
2019	342	44,1792	4.417,92
2020	-	-	-
Total	3494	670,0763	67007,63

Comparando-se os dados de queimadas em número de focos com os de área queimada, em km², podemos notar que no ano 2016 ouve cerca de 41,2% de focos de queimadas a mais que no ano 2014, que por sua vez, foi o ano com maior área queimada.

Logo, nota-se que o número de focos de queimadas não é proporcional à área queimada, isso porquê, a cada queimada existente é considerado como um foco, mas esse mesmo foco pode ter quilômetros de extensão. Assim como, vários focos podem representar pequenas áreas queimadas, como o que ocorre nos anos de 2013 e 2010, por exemplo, ouve-se aproximadamente 19 km² queimados em Unai em 2013 com 198 focos e em 2010 ouve 28,3 km² com 161 focos, sendo a incidência de focos maior no ano 2013 que teve cerca de 9 km² queimados a menos que 2010.

Na Figura 4 é possível observar os focos de queimadas detectados em cada um dos anos do período de estudo dentro do município de Unai.

Figura 4- Focos de Queimadas identificados no município de Unaí-MG entre os anos 2010 e 2020.



5.2 Relação entre Queimadas e Meteorologia no Município de Unaí

5.2.1 Precipitação

Tabela 8- Correlação entre Precipitação Mensal (mm) e Incidência de Queimadas (km²) de Unaí entre 2010 e 2020. BF= relação bem fraca; Fra= relação fraca; M= relação moderada; For= relação forte e MF= relação muito forte.

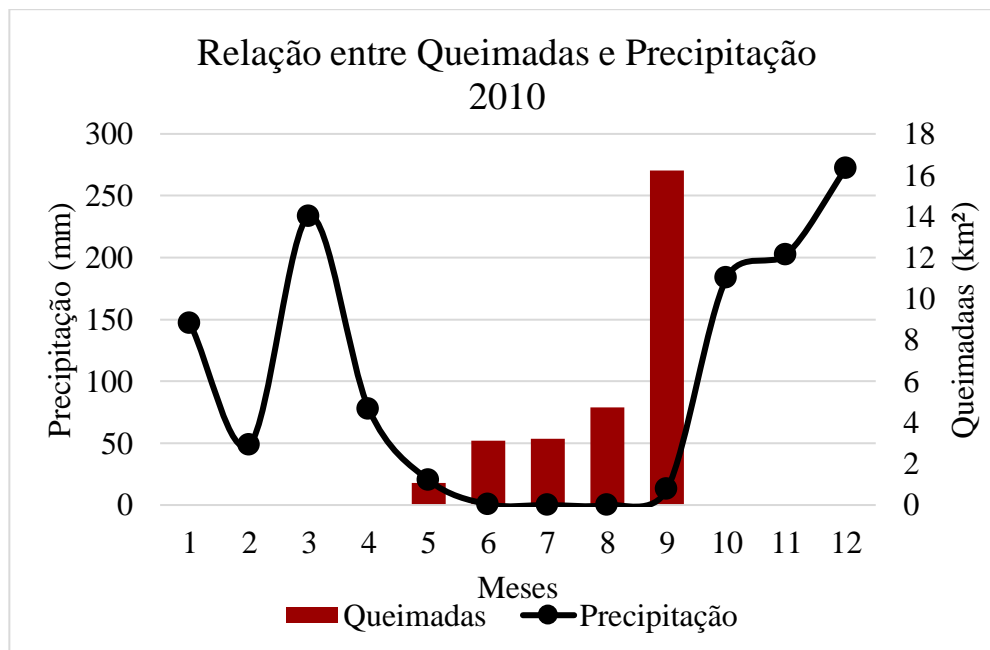
PRECIPITAÇÃO MENSAL											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Correlação	0,1797	0,6703	-	0,3025	-0,3076	-0,2426	0,2431	0,6464	-0,2512	-0,2407	-
Interpretação	BF	M	-	Fra	Fra	Fra	Fra	M	Fra	Fra	-

A Tabela 8 apresenta os dados de correlação entre precipitação mensal e incidência de queimadas nos anos de estudo no município de Unaí. A partir dela, evidencia-se que nos anos 2011 e 2017 houve relações moderadas entre queimadas e precipitação, identificando assim, que de alguma forma a incidência de chuvas afetou a propagação de queimadas nestes períodos.

Em contra partida, houve-se diversas relações fracas entre os fatores precipitação e queimadas ao longo dos 10 anos observados. Esse fator poderia ter ocorrido devido a pouca interferência das chuvas na incidência de queimadas nos anos 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 e 2019.

No ano de 2010 a relação entre queimadas e precipitação chegou a ser ainda menor, apresentando uma interação bem fraca entre os fatores. Na Figura 5 é possível observar com mais detalhamento os dados de queimadas e precipitação do ano 2010.

Figura 5 – Relação entre Incidência de Queimadas (km²) e Precipitação Mensal (mm) em Unaí no ano 2010.



Analisando o gráfico, vemos que nos meses em que não foi possível obter dados de observação de queimadas no município de Unaí no sistema do Inpe, foi justamente os anos em que as ocorrências de precipitação estavam mais elevadas. No entanto, esses dados de precipitação não foram utilizados na análise de correlação, isto é, só foram utilizados na correlação entre os fatores os dados de queimadas referente aos meses em que foi possível obter os dados no Inpe, então foram correlacionados os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro de 2010 com os dados de precipitação do mesmo período. Em virtude disso, não é plausível dizer que a correlação foi bem fraca devido à falta dos dados de queimadas em alguns meses de 2010.

No entanto, a correlação entre precipitação e queimadas em 2010 ter sido de 0,1797 (BF) não é facilmente identificável na Figura 5, devido ao fato de que a partir dela é possível notar que os meses em que houve pouca precipitação foi exatamente os meses com maiores incidências de queimadas, como o ocorrido no mês de agosto e setembro.

5.2.2 Umidade Relativa do Ar

A análise estatística de correlação de Pearson realizada entre os fatores umidade relativa do ar e incidência de queimadas, referentes ao município de Unaí, apresentou diferentes resultados ao longo dos anos (Tabela 9).

Tabela 9- Correlação entre Umidade Relativa do Ar (%) e Incidência de Queimadas (km²) de Unaí entre 2010 e 2020. BF= relação bem fraca; Fra= relação fraca; M= relação moderada; For= relação forte e MF= relação muito forte.

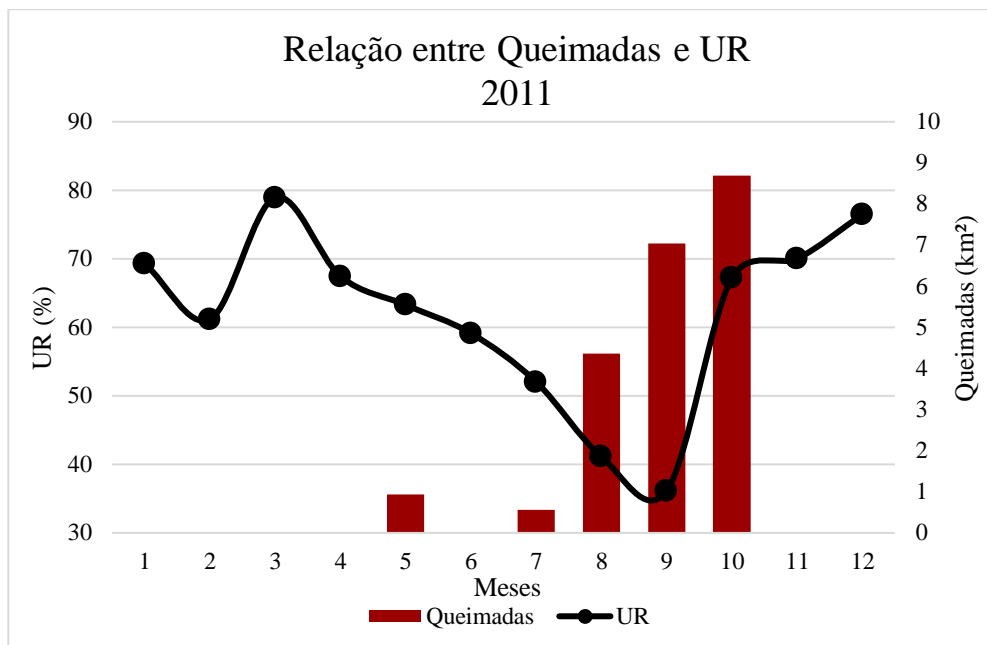
UMIDADE RELATIVA DO AR											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Correlação	-0,7898	-0,0791	-	-0,0053	-0,6311	-0,4949	0,3788	0,8003	-0,7195	0,5088	-
Interpretação	M	BF	-	BF	M	M	Fra	For	For	M	-

No ano 2010, 2014 e 2019 foram apresentadas correlações moderadas entre os fatores, evidenciado a existência de relação entre eles. Assim como ocorre nos anos 2017 e 2018 que tiveram relação entre queimadas e umidade relativa acima de 0,700, estimando uma relação forte entre as variáveis. Essas correlações moderadas a forte obtidas nestes anos analisados, nos permite diagnosticar que a interferência na umidade da cobertura vegetal afeta a propagação de queimadas, seja positivamente ou negativamente. Isso porque, quando a umidades do ar está baixa, afeta a quantidade de água presente na matéria orgânica. Logo, matéria orgânica menos úmida facilita a combustão por obter menos água em sua composição. E o inverso ocorre quando se tem umidade relativa boa, isto é, quando a mesma estiver acima de 50% (UFRRJ, 2020).

Ainda na Tabela 9, os resultados de correlação dos anos 2011 e 2013, determinaram uma correlação Bem Fraca entre umidade relativa do ar e incidência de queimadas. Em ambos os casos a análise foi estimada em valores bem pequenos abaixo de 0, considerando quase que inexistente a relação entre os dois fatores nos períodos.

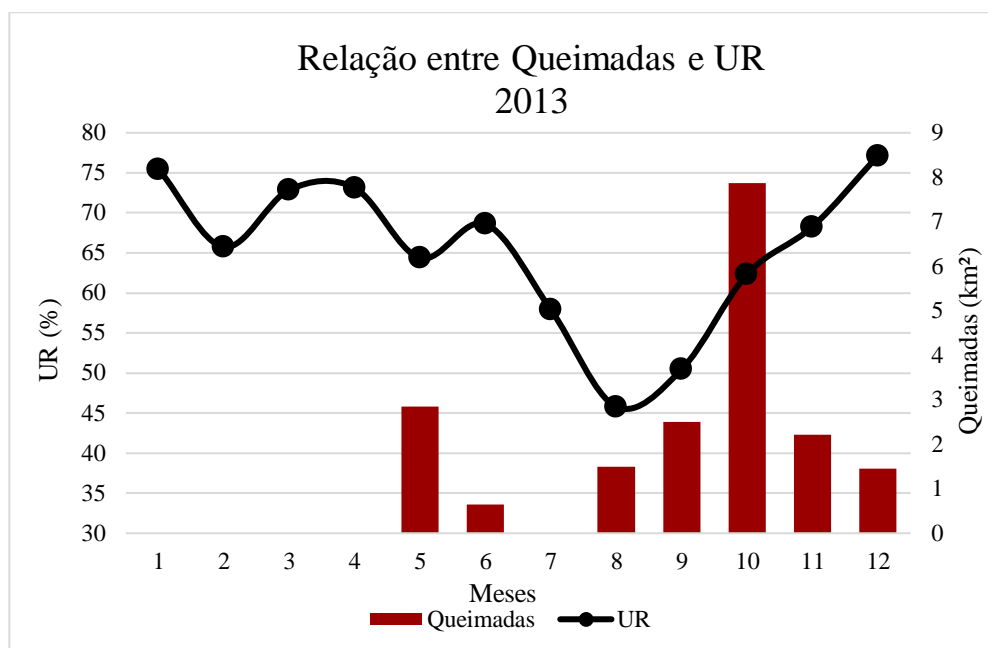
Com o intuito de buscar interpretar os dados das correlações geradas em 2011 e 2013 foi-se analisados os dados de queimada e umidade relativa de cada um dos anos a partir das Figura 6 e Figura 7.

Figura 6- Relação entre Incidência de Queimadas (km²) e Umidade Relativa do Ar (%) em Unafí no ano 2011.



Em 2011 observa-se que a umidade relativa do ar estava próxima dos 35% no mês de setembro que apresentou pouco mais de 7 km² de área queimada. Já o mês de outubro que teve uma umidade acima dos 60% teve quase 9 km² queimados mesmo com a umidade alta. Esse fato pode ter influenciado na baixa relação constatada na correlação entre umidade relativa do ar e queimadas no ano 2011.

Figura 7- Relação entre Incidência de Queimadas (km²) e Umidade Relativa do Ar (%) em Unai no ano 2013.



A análise de correlação em 2013 foi estimada em bem fraca, e observando o gráfico da Figura 7 é possível notar que ocorre uma baixa relação entre queimadas e umidade relativa em 2013, assim como estimado na correlação. Isso devido principalmente ao aumento de queimadas justamente nos meses em que a umidade estava acima de 50%. Sendo evidente no mês de outubro, por exemplo, que teve quase 8 km² queimados mesmo com uma umidade de 62,3%. Logo, dificilmente as queimadas ocorridas em 2013 sofreram alguma influência da umidade relativa do ar do período,

5.2.3 Temperatura Média

A Tabela 10 apresenta a correlação entre incidências de queimadas e temperatura média do município de Unai entre 2010 e 2020.

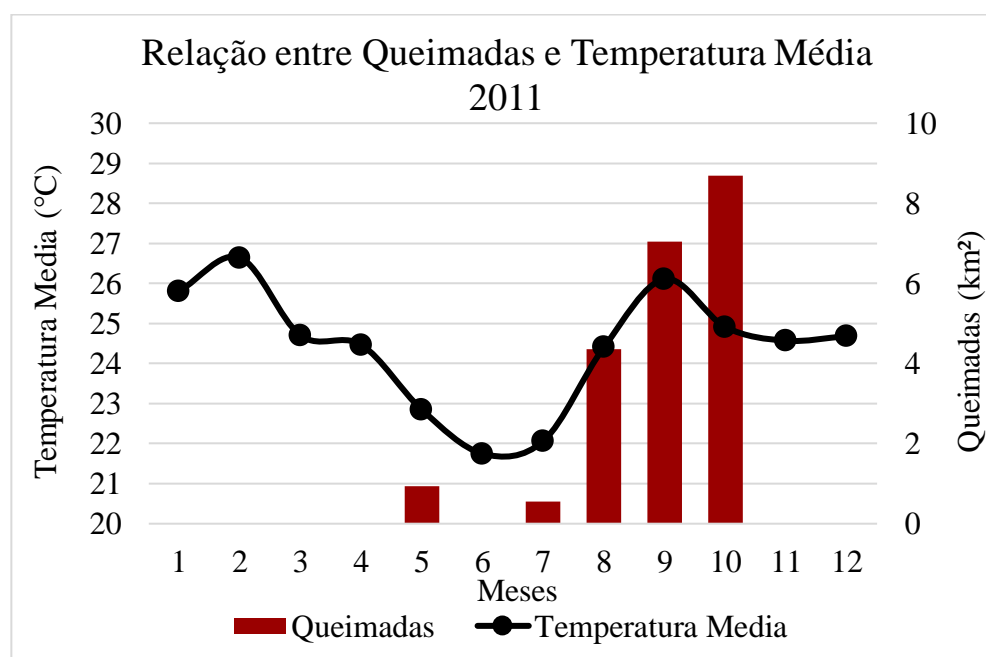
Tabela 10- Correlação entre Temperatura Média (°C) e Incidência de Queimadas (km²) de Unai entre 2010 e 2020. BF= relação bem fraca; Fra= relação fraca; M= relação moderada; For= relação forte e MF= relação muito forte.

TEMPERATURA MÉDIA											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Correlação	0,7701	0,8950	-	0,5663	0,7079	0,4818	0,2811	0,2558	0,8188	0,4443	-
Interpretação	For	MF	-	M	For	M	Fra	Fra	For	M	-

As correlações obtidas resultaram em relações fracas, como no caso dos anos de 2016 e 2015, que apresentaram respectivamente correlações de 0,2811 e 0,2558. Em contrapartida, houve diversas relações fortes entre os fatores, como em 2010, 2014 e 2018 que mostraram forte relação entre temperatura e queimadas em Unai.

Mas, o que nos chamou atenção nesta análise, foi o ano de 2011, que por sua vez, estimou pelo coeficiente de correlação uma relação acima de 0,89, que é considerada uma relação muito forte entre as variáveis queimadas e temperatura média. E para melhor compreender esta relação, a Figura 8 apresenta os dados de queimadas em 2011, juntamente com os dados de temperatura média, com o intuito de identificar onde estas relações foram mais elevadas.

Figura 8- Relação entre Incidência de Queimadas (km²) e Temperatura Média (°C) em Unai no ano 2011.



Analisando a temperatura média de Unaí de modo geral, a mesma não ultrapassa os 27°C, evidenciando temperatura amena o ano inteiro. Em comparação com os dados de queimadas observa-se uma queda na temperatura nos meses de maio, junho e julho, conseqüentemente os meses em que as queimadas foram mais baixas, atingindo menos de 2 km² cada. Os meses de maiores temperaturas foram janeiro, fevereiro e setembro, no entanto, ocorreu a ausência de dados em janeiro e fevereiro, inviabilizando a análise deste período. Mais em setembro a elevação da temperatura apresentou aumento de queimadas mostrando que neste caso realmente existe uma relação entre as variáveis.

Logo, a temperatura média durante o ano de 2011 afetou na propagação ou diminuição das queimadas. Este fato pode ser explicado, por exemplo, por quando ocorre o descarte lata ou pedaço de alumínio em uma área com potencial de queimada, como em campos secos, e a temperatura estando elevada este metal ao aquecer em contato com a matéria seca pode ocasionar a ignição de uma queimada. Assim como o fato de a própria temperatura elevada favorecer que o fogo não pare mesmo com práticas de contenção para extinguir a queimada.

5.2.4 Velocidade Média dos Ventos

As velocidades médias dos ventos em Unaí nos 10 anos observados apresentaram maiores ocorrências em 2012, 2014 e 2016. Os ventos nestes anos chegaram a ter velocidade anual de 1,68 m/s, 1,63 m/s e 1,61 m/s, respectivamente.

Quando correlacionado as incidências de queimadas ocorridas em Unaí com os dados de velocidade dos ventos também de Unaí, foram observadas diferentes relações ao longo dos 10 anos estudados (Tabela 11).

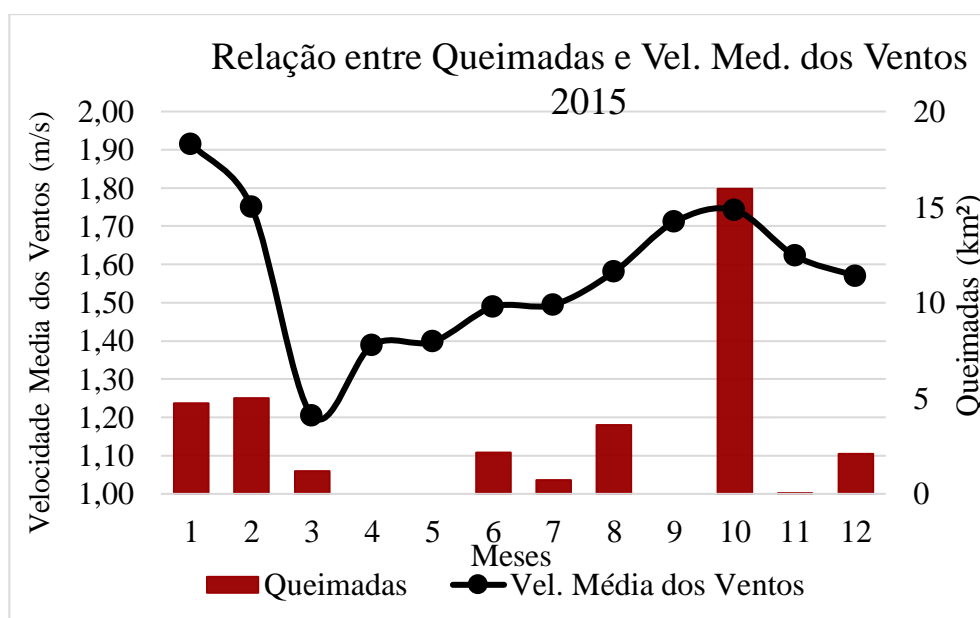
Tabela 11- Correlação entre Velocidade Média dos Ventos (m/s) e Incidência de Queimadas (km²) de Unaí entre 2010 e 2020. BF= relação bem fraca; Fra= relação fraca; M= relação moderada; For= relação forte e MF= relação muito forte.

VELOCIDADE MÉDIA DOS VENTOS											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Correlação	0,7004	0,9168	-	0,3801	0,7523	0,4799	-0,3617	0,2467	0,6090	0,3771	-
Interpretação	For	MF	-	Fra	For	M	Fra	Fra	M	Fra	-

Nas análises de correlação entre velocidade média dos ventos e incidência de queimadas, observa-se a ocorrência de relações fracas nos anos 2013, 2016, 2017 e 2019, ressaltando que existe uma baixa relação entre os fatores nestes anos. Neste sentido, a velocidade dos ventos não influenciou a incidência de queimadas nestes anos.

Ocorreram correlações moderadas nos anos 2015 e 2018, evidenciando que de forma moderadamente significativa as queimadas foram afetadas pela incidência de ventos nestes anos em Unaí. A Figura 9 e Figura 10, apresenta os dados de incidência de queimadas e velocidade média dos ventos em cada um dos anos.

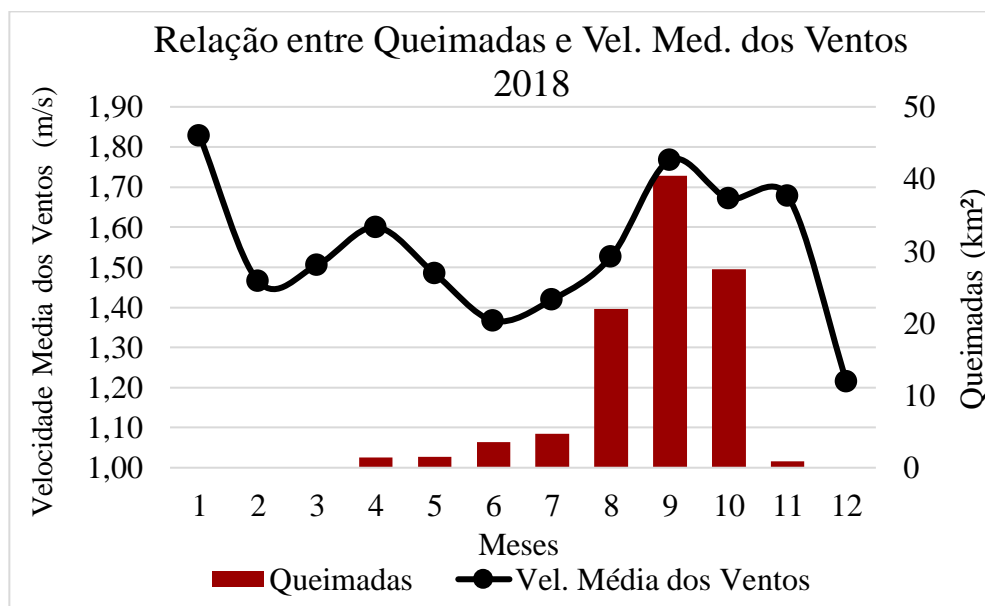
Figura 9- Relação entre Incidência de Queimadas (km²) e Velocidade Média dos Ventos (m/s) em Unaí no ano 2015.



Observa-se que em 2015 a velocidade dos ventos em outubro esteve próxima de 1,70 m/s, sendo este também o mês com maiores incidências de queimadas no ano. No entanto o mês que mais teve ventos com velocidades elevadas foram os que menos tiveram incidência de queimadas. Este fato, pode ter ocorrido por diversas razões diferentes. Uma delas é que talvez nestes períodos iniciais do ano, a existência de queimadas era baixa, é o vento não pôde afeta elas em grandes proporções elevando as incidências de queimadas em grandes proporções.

Lembrando que o ano de 2015 não sofre interferência na falta de dados orbitais, sendo assim, o ano foi totalmente analisado no estudo.

Figura 10- Relação entre Incidência de Queimadas (km²) e Velocidade Média dos Ventos (m/s) em Unaí no ano 2018.



Já em 2018, vemos que os meses com maiores incidência de queimadas ocorreram ventos com aproximadamente 1,70 m/s de velocidade, ou até menores. No entanto, o mês de janeiro teve ventos mais rápidos, mas infelizmente não tivemos acesso aos dados de queimadas do período, não sendo possível assim, identificar a proporção de queimadas no mês. Logo, em 2015 também é evidente a relação moderada existente entre os fatores velocidade média dos ventos e incidência de queimadas.

Os anos 2010 e 2014 apresentaram relações fortes entre os fatores, ressaltando que a velocidade dos ventos pode ter tido influência nas queimadas ocorridas no município de Unaí nestes períodos. Nota-se que o ano 2014 foi o segundo com maior velocidade dos ventos entre 2010 e 2020. Neste contexto, essa elevada ocorrência de ventos em 2014 pode ter afetado negativamente a magnitude das queimadas em Unaí no ano. Isso devido principalmente ao fato de que os ventos são fortes disseminadores de queimadas, pois, a partir dele as queimadas se propagam mais rápido. Isso ocorre devido a existência de gás oxigênio no ar natural, que por sua vez é um dos combustíveis que auxilia na propagação do fogo (UFRRJ, 2020).

A relação entre os fatores ocorrida em 2011 apresentou uma correlação muito forte, evidenciando que a velocidade média dos ventos em 2011, que foi de 1,53 m/s, pode ter afetado bastante a incidência de queimadas em Unaí no período.

6 CONCLUSÃO

A metodologia utilizada para identificação das queimadas ocorridas no município de Unai se mostrou eficiente, tendo em vista que foi possível realizar as análises propostas, mesmo com a ausência de dados orbitais para algumas épocas do ano. As análises de relacionamento de queimadas e meteorologia também foram satisfatórias para o estudo, favorecendo no entendimento de como acontece as relações entre queimadas e cada um dos parâmetros mensuráveis dos dados meteorológicos.

Logo, pode-se concluir que as análises e identificações realizadas neste estudo têm grande importância para o município e região, tendo em vista que queimadas são eventos de elevado potencial de impactar ambiental e social. Este estudo também evidencia excelência do sensoriamento remoto na identificação e monitoramento de queimada a partir de dados orbitais.

7 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F.M. **Mapeamento de áreas queimadas no Bioma Cerrado a partir de dados MODIS MCD43A1**. Universidade Federal do Goiás – UFG. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia. Goiânia-GO, 2010.

ARRUDA, V.L.S. Mapeamento de cicatrizes de áreas queimadas no Cerrado, usando imagens Landsat, Google Earth Engine e Deep Learning. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Brasília-UNB. Brasília-DF, 2021.

ARRUDA, V.L.S.; PIONTEKOWSKI, V.J.; ALENCAR, A.; PEREIRA, P.S.; MATROCARDI, E.A.T. **Uma abordagem alternativa para mapear cicatrizes de queimadas usando imagens Landsat, Google Earth e Deep Learning no Cerrado brasileiro**. Remote Sensing Applications: Society and Environment. Brasília-DF, 2021.

BRANCO, S.M. **Um passeio pelas estações do ano**. Editora Moderna. 2021. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/infantil/estacoesano.htm#:~:text=Todo%20mundo%20j%C3%A1%20sabe%20que,do%20sol%2C%20dura%20um%20ano.>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2022.

CBERS. Câmeras Imagiadoras CBERS-3 e 4. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**. Disponível em: <<http://www.cbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers3-4.php>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2021.

COSTA, A. **Incêndios Florestais no Brasil**. Instituto Jurumi. Disponível em: <<https://www.institutojurumi.org.br/2021/02/incendios-florestais-no-brasil.html>>. Acesso em: novembro de 2021.

DALDEGAN, G.A. **Análise espacial-temporal de queimadas em áreas nativas do Cerrado: RPPN Serra do Tombador, Cavalcante-GO**. Departamento de Geografia. Universidade Federal de Brasília – UNB. Brasília-DF, 2012.

DIAS, G.F. **Queimadas e Incêndios Florestais: Cenários e Desafios**. Subsídios para Educação Ambiental. IBAMA-MMA, Brasília-DF, 2009.

DIVISÃO DE GERAÇÃO DE IMAGENS – DGI. RESOURCESAT 1 e 2 - Indian Remote Sensing Satellite. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/resourcesat>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2021.

EMBRAPA. **Embrapa Cerrados**. Contando Ciência na Web. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>>. Acesso em: novembro de 2021.

FEARNSIDE, P.M. **Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazonia brasileira**. Estudos Avançados. 2002

FRANÇA, H. **Monitoramento de identificação e quantificação de áreas queimadas no Cerrado com imagens AVHRR/NOAA**. Tese Doutorado. Instituto de Biociência, USP. São Paulo-SP, 2001.

FRANÇA, H. **Metodologia de identificação e quantificação de áreas queimadas no Cerrado com imagens AVHRR/NOAA**. Tese Doutorado. Instituto de Biociência, USP. São Paulo-SP, 2000.

G1. **Incêndios Atinge Fazendas em Unaí-MG**. Globo.com. Disponível em: <<https://g1.globo.com/busca/?q=incendio+em+unai>> Acesso em: 23 novembro de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 16 outubro de 2021.

MENDONÇA, A. L.V. M. **“Fogo Zero” Versus Fogo Como Ferramenta De Gestão Da Paisagem: Diagnóstico Da Percepção Do Manejo Integrado Do Fogo No Cerrado Do Tocantins**. Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais Instituição de Ensino: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS. Tocantins- TO, 2018.

MENDONÇA, G.H. **Queimadas**. Mundo Educação. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/queimadas.htm>>. Acesso em: novembro de 2021.

NASCIMENTO, I.V. **Cerrado: o fogo como agente ecológico**. Universidade Católica do Goiás/PUC-GOÍÁS. Instituto de Trópico Subúmido. Goiânia-GO, 2001.

NAIME, J. U.; MOTA, P.E.F.; SILVA, D.C. **Solos e avaliação do potencial agrossilvipastoril das microrregiões Paracatu e Unaí – Minas Gerais**. EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.

NOBRE, P. CÓCOLO, V. **Sudeste tem o maior número de queimadas no mês de setembro em 10 anos, aponta Inpe**. CNN Brasil. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/sudeste-tem-o-maior-numero-de-queimadas-no-mes-de-setembro-em-10-anos-aponta-inpe/>>. Acesso em: novembro de 2021.

PROGRAMA DE QUEIMADAS. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>>. Acesso em: outubro de 2021.

RESENDE SANTOS, P.; PEREIRA, G.; ROCHA, L.C. **Análise da distribuição espacial dos focos de queimadas para o bioma Cerrado (2002-2012)**. Departamento de Geociência – DEGEO. Caderno de Geografia, vol.24, num. 1, pp. 133-142. Belo Horizonte – MG, 2014.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA, pp. 89-166. Planaltina-Go, 1998.

RIBEIRO, M.C.; FIQUEIRA, J.E.C. Uma abordagem histórica do fogo no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais-Brasil. Instituto de Ciências Biológicas - UFMG. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Belo Horizonte MG, 2011.

RIBEIRO, V. **60% das queimadas no Brasil ocorrem em áreas particulares.** Radio Agenda Nacional. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/meio-ambiente/audio/2021-08/60-das-queimadas-no-brasil-ocorrem-em-areas-particulares>>. Acesso em: novembro de 2021.

SILVA, D.V.; CUNHA, F.F.; VICENTE, M.R.; ALENCAR, C.A.B.; SOUZA, I.P. **Análise de Precipitação, Balanço Hídrico Climatológico e Classificação Climática no Município de Unaí-MG.** Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium Ituiutaba, v.8, n.1, p. 68-82, jan./jun. 2017.

SOUSA, B. M.; **Análise da Expansão da Agricultura de Inverno no Município de Unaí – MG no período de 1980 a 2019.** Instituto de Ciências Agrárias – ICA/UFVJM. Unaí-MG, 2019.

SOUZA, A. **Há uma década MG não se registrava números tão brutais de queimadas.** Tempo.com. Disponível em: < <https://www.tempo.com/noticias/actualidade/ha-uma-decada-mg-nao-via-numeros-tao-brutais-de-queimadas.html>>. Acesso em: novembro de 2021.

UFRRJ. **Formas de propagação.** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/propag.htm>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2022.