

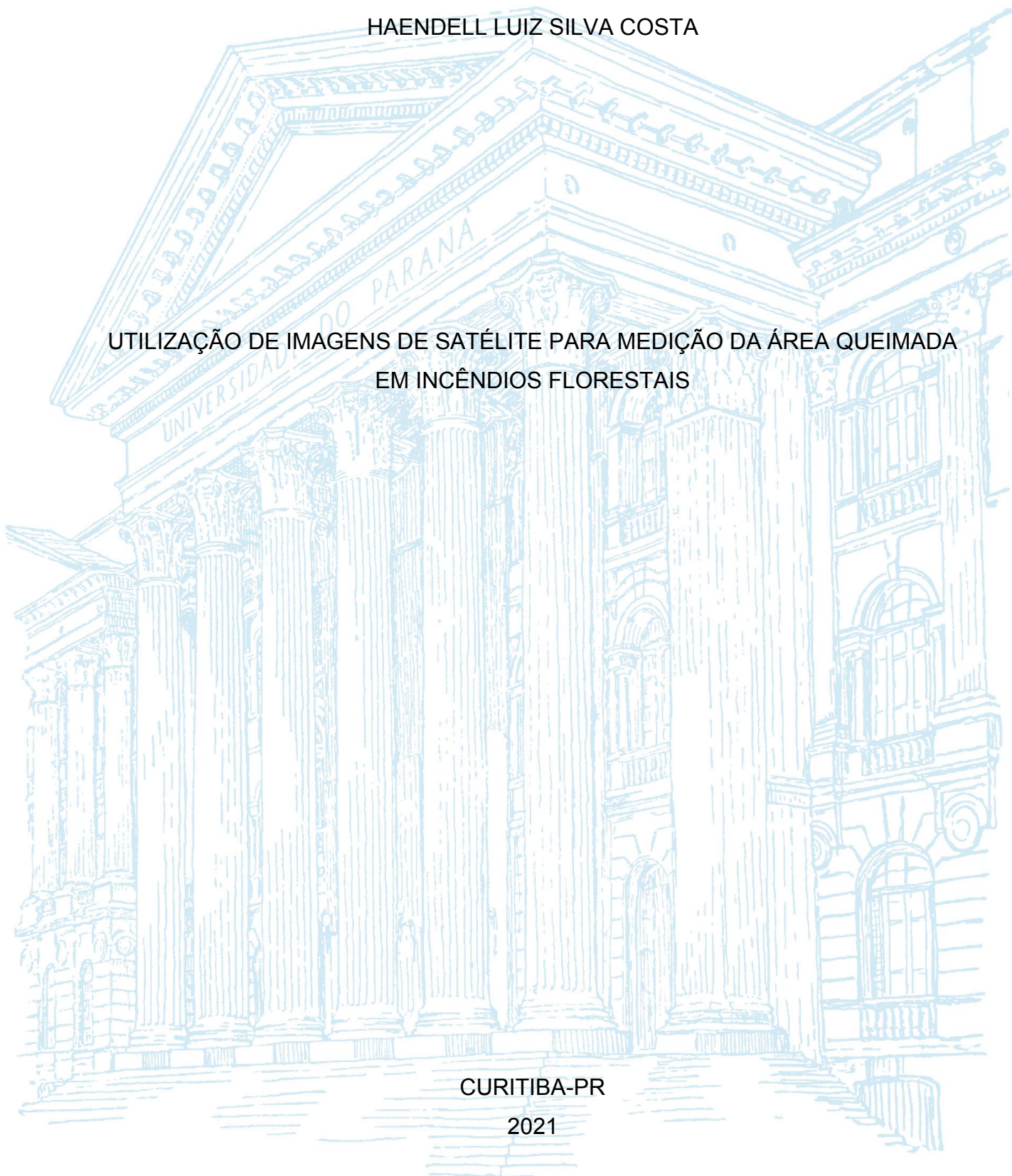
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HAENDELL LUIZ SILVA COSTA

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA MEDIÇÃO DA ÁREA QUEIMADA
EM INCÊNDIOS FLORESTAIS

CURITIBA-PR

2021



HAENDELL LUIZ SILVA COSTA

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA MEDIÇÃO DA ÁREA QUEIMADA
EM INCÊNDIOS FLORESTAIS

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista.

Orientador: Professor. Dr. Alexandre França Tetto

CURITIBA-PR

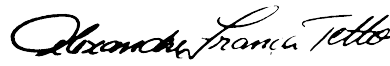
2021

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em PREVENÇÃO E COMBATE AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Monografia de Especialização de **HAENDELL LUIZ SILVA COSTA** intitulada: **Utilização de imagens de satélite para medição da área queimada em incêndios florestais**, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de especialista está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 03 de Março de 2021.



ALEXANDRE FRANÇA TETTO

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



ANDRESSA TRES

Avaliador Interno



TATIANA CRISTINA GUIMARÃES KAMINSKI

Avaliador Externo (UFPR / DEPARTAMENTO CIÊNCIAS FLORESTAIS)

RESUMO

O sistema de informação geográfico pode ser um grande aliado na obtenção dos dados referentes às cicatrizes dos incêndios florestais. Esta pesquisa buscou comparar os dados de área queimada obtidos pelos meios convencionais, com as medidas das cicatrizes dos incêndios florestais provenientes das imagens de satélite anteriores e posteriores ao incêndio. Para isso, em um primeiro momento foi realizada uma pesquisa com os militares que coordenam equipes de combate a incêndio florestal no 5º Batalhão de Bombeiros Militar, na cidade de Uberlândia/MG, para avaliar a forma que utilizam para medir a área queimada dos incêndios e o motivo que levam a escolher tal método de medição. Foram avaliados também os dados dos eventos de incêndios florestais atendidas pelo 5º Batalhão de Bombeiros Militar, no ano de 2020, na cidade de Uberlândia/MG. Foram selecionadas 13 ocorrências de incêndio florestal para realizar o comparativo, sendo três em cada uma das cinco classes de tamanho de incêndio, exceto na classe V (maior que 200 ha), em que foi registrada apenas uma ocorrência atendida em 2020. Diante das informações levantadas, foi realizado o comparativo dos dados lançados no Registro de Eventos de Defesa Social com os resultados obtidos por meio da medição da cicatriz do incêndio, utilizando as imagens fornecidas pelo site “SentinelHub”, com base nos dados do satélite “Sentinel2”. Após a comparação entre a área queimada lançada no Registro de Eventos de Defesa Social e a área queimada apurada com base nas imagens de satélite, foi verificado que este segundo método é eficiente principalmente em incêndios de média e grande proporção, uma vez que fornece dados fidedignos em um prazo curto (até 5 dias, caso não existam falhas na obtenção da imagem), de forma mais simples que os demais métodos verificados e de forma mais confiável. O correto lançamento da área queimada possui extrema importância para que possa dar maior confiabilidade aos dados lançados no boletim de ocorrência, ou mesmo na produção de relatórios referentes aos incêndios florestais. Ainda, tais dados podem auxiliar no monitoramento da eficácia de campanhas preventivas na região avaliada.

Palavras-chave: Cicatriz. Incêndio Florestal. GIS. Bombeiro. SentinelHub. Uberlândia.

ABSTRACT

The geographic information system can be a great ally in obtaining data regarding the burn scars of wildland fires. This research sought to compare the burned area data obtained by conventional means, with the measurements of the burn scars of wildland fires from satellite images before and after the fire. For this, at first, a survey was carried out with the military firefighters that coordinate wildland fire fighting teams in the 5th Military Fire Brigade, in the city of Uberlândia, State Minas Gerais (MG), to evaluate the way they use to measure the area burned by fires and the reason for choosing such a measurement method. The data of wildland fire events attended by the 5th Military Firefighters Battalion in 2020 in the city of Uberlândia/MG were also evaluated. 13 wildland fire occurrences were selected to perform the comparison, three in each of the five fire size classes, except in class V (greater than 200 ha), in which only one occurrence attended in 2020 was recorded. Then, the data released in the Social Defense Event Registry were compared with the results obtained by measuring the fire scar, using the images provided by the "SentinelHub" website, based on the data from the "Sentinel2 satellite". After comparing the burned area registered in Social Defense Event Registry and the burned area presented on satellite images, it was found that this second method is efficient, especially in medium and large proportion fires, since it provides reliable data within a short period (up to 5 days, if there are no flaws in obtaining the image), simpler than the other verified methods and more reliably. The correct register of the burned area is extremely important so that it can give greater reliability to the data released in the occurrence record, or even in the production of reports regarding wildland fires. Still, such data can assist in monitoring the effectiveness of preventive campaigns in the evaluated region.

Keywords: Burn scar, Wildland Fire, GIS, Firefighter, SentinelHub. Uberlândia.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA.....	21
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – OCORRÊNCIAS DE IFs NO ANO DE 2020.....	24
GRÁFICO 2 – DIVISÃO DAS OCORRÊNCIAS DE IFs POR NATUREZA.....	25
GRÁFICO 3 – MÉTODO DE MEDIÇÃO DE ÁREA QUEMADA.....	25
GRÁFICO 4 – CRITÉRIO UTILIZADO PARA ESCOLHA DO MÉTODO	26

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DADOS DOS INCÊNDIOS AVALIADOS NO ESTUDO	26
TABELA 2 – VARIAÇÃO DA ÁREA DOS INCÊNDIOS AVALIADOS.....	28
TABELA 3 – PERÍMETRO DOS INCÊNDIOS AVALIADOS NO ESTUDO	31

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

BBM	- Batalhão Bombeiro Militar
CBMMG	- Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais
CIDS	- Centro Integrado de Defesa Social
CIF	- Combate a Incêndio Florestal
DIAO	- Diretriz Integrada de Ações e Operações
GPS	- <i>Global Positioning System</i>
Ha	- Hectare
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IF	- Incêndio Florestal
REDS	- Relatório de Empenho de Defesa Social
SIDS	- Sistema Integrado de Defesa Social
SIG	- Sistema de Informação Geográfica
SR	- Sensoriamento Remoto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 INCÊNDIOS FLORESTAIS	14
3.2 CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	15
3.3 MONITORAMENTO E MEDIÇÃO DE ÁREA QUEIMADA	16
4 MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	131
4.2 OBTENÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	21
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	24
5.1 QUANTIFICAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS E MÉTODOS DE MEDIÇÃO	13
5.2 ANÁLISE DOS INCÊNDIOS E MEDIÇÃO DA ÁREA QUEIMADA	13
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS	355
APÊNDICE	37

1 INTRODUÇÃO

É necessário, para as agências que lidam com a prevenção e o combate aos incêndios florestais (IFs), conhecer as informações referentes aos efeitos e as causas desses incêndios.

Dentre essas informações, verifica-se que conhecer os danos causados pelos incêndios é muito importante, uma vez que a partir dos dados referentes a área queimada pode-se ter informações acerca da efetividade do combate. Diante de tais dados é possível realizar comparativos com a área atingida nos anos anteriores, dos locais que vem sendo atingidos rotineiramente, dos danos causados, dentre vários outros benefícios que podem ser obtidos.

Um problema que se verifica é que os dados de área queimada nos incêndios florestais muitas vezes não são fidedignos, pois muitas agências utilizam o sistema de GPS portátil como principal forma de medição de área queimada, ou mesmo tal medição se dá de forma empírica. Em incêndios de pequenas proporções, esses métodos de medição podem ser efetivos, mas em áreas mais extensas sua eficiência pode cair muito. No caso do uso do GPS portátil, o fato do combatente ter de percorrer todo o perímetro da área queimada após estar muito desgastado devido as ações realizadas no combate ao incêndio é um grande dificultador, e a utilização do método empírico pode fazer com que ocorra algum equívoco ao comparar a área queimada com outras áreas que o combatente conhece, devido a proporção das áreas queimadas nos IFs.

Como possível solução para facilitar a medição dessas áreas e obter menor margem de erro nas medidas, verificam-se como grandes aliados os sistemas de informação geográficos (SIG), que por meio de satélites podem oferecer, de forma pública e gratuita, imagens das áreas queimadas com boa resolução temporal e ainda com resolução espacial satisfatória, possibilitando a determinação dessas áreas. As imagens obtidas podem ainda ser utilizadas na produção de mapas, tornando mais didática a apresentação dos dados obtidos e demonstrando a severidade dos IFs.

No ano de 2020, no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro, o 5º Batalhão de Bombeiros Militar (BBM) atendeu em Uberlândia/MG a um total de 1431 ocorrências classificadas com a natureza de IF, sendo que dessas, 777 foram em lotes vagos e 654 nas outras diversas formas de vegetação. Dentre essas

ocorrências de IFs foram selecionadas três, de forma aleatória, em cada uma das cinco classes de área queimada: classe I (< 0,1 ha), classe II (0,1 a 4,0 ha), classe III (4,1 a 40,0 ha), classe IV (40,1 a 200,0 ha) e classe V (> 200,0 ha).

Diante das informações de área queimada lançadas no Relatório de Empenho de Defesa Social (REDS), foi realizada uma consulta a cada um dos chefes de guarnição que coordenou o combate dessas ocorrências selecionadas para verificar qual foi o método utilizado para medir a área queimada. A partir das informações, foi realizada a medição utilizando imagens do satélite Sentinel2, por meio do site SentinelHub, e com base nesses dados foi feito um comparativo entre os valores de área utilizando cada método.

Assim, o presente trabalho buscou verificar a viabilidade da medição da área queimada por meio de imagens de satélite, onde poderia ocorrer de forma mais célere e mais fidedigna, possibilitando ainda um menor desgaste do responsável pela realização das medições.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar a eficiência de se medir a área queimada nos IF por meio de imagens de satélite e pelo método convencional.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Traçar o perfil dos IF ocorridos na cidade de Uberlândia e atendidos pelo 5° BBM no ano de 2020 em função dos meses do ano e de suas naturezas;

-Verificar a forma que os militares do 5° BBM realizam a medição da área queimada nos IFs e o motivo que os levam a escolher o método utilizado;

-Avaliar as ocorrências selecionadas, comparando os valores de área queimada obtido por imagens de satélite com os valores obtidos por métodos convencionais (GPS portátil e empirismo) lançados nos REDS dos atendimentos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 INCÊNDIOS FLORESTAIS

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2010) define IF como todo tipo de fogo sem controle sobre uma vegetação, e pode ocorrer tanto em áreas rurais, como em áreas urbanas (parques, lotes vagos e áreas não edificadas). Dentre os danos causados, cita o empobrecimento do solo, a destruição de vegetação, a erosão e alterações na composição química da atmosfera.

Os incêndios florestais ocorrem quando a partir de uma fonte ignição se tem o fogo e, não havendo o controle desse fogo, ele se torna um incêndio. A fonte de ignição desse incêndio pode se dar tanto por causas naturais como por causas antrópicas, que em sua maioria ocorre por ação de incendiários. Com relação a suas consequências, elas alteram os recursos de uma floresta e são causadores de danos ambientais (GIACOMIN, 2014).

De forma complementar ao que foi citado:

Os incêndios se constituem, sem dúvida, na maior ameaça para os povoamentos florestais e as florestas naturais. No entanto, o fogo, sempre esteve presente na Terra, influenciando de maneira significativa em vários aspectos da vida humana. Atualmente, porém, os incêndios florestais têm atingido níveis preocupantes, pois ameaçam a manutenção da biodiversidade, o rendimento sustentado das florestas, as benfeitorias e até mesmo vidas humanas (PARIZOTTO et al., 2008, p. 651).

Para Batista (2004), os IFs são uma das maiores fontes de danos aos ecossistemas florestais nas regiões em desenvolvimento, e devido a expansão da agropecuária no Brasil, a extensão das áreas queimadas tem aumentado bastante.

Soares, Batista e Tetto (2017) explicam que para que se inicie um IF é necessário que exista uma fonte de calor, para elevar o material ao seu ponto de ignição, mas salientam que depois de iniciado a combustão, normalmente o incêndio é autossustentável.

Sobre o uso das queimadas e para abertura de áreas é explicado que:

A intensidade, e o uso indiscriminado das queimadas na abertura de novas áreas para agricultura transformou-se em um grave problema ambiental para o país. Também, na medida em que se ampliavam as áreas de

pecuária bovina, o emprego do FOGO, para renovação de pastagens, foi sendo incrementado. Da mesma forma, com o crescimento da indústria canavieira, impulsionada pelo Programa Nacional do Alcool, a prática da queima de canaviais tornou-se uma constante. Já no início da década de 90 eram queimadas cerca de 4 milhões de hectares dessa cultura, localizados principalmente, nas Regiões Sudeste e Nordeste (RAMOS, 1995, p. 4).

Mas, um ponto importante é citado por Soares, Batista e Tetto (2017) quando lembram que o fogo tem seu papel importante na natureza e que ele sempre existiu e foi responsável pela formação de muitos ecossistemas, eliminando algumas espécies e tornando outras mais resistentes à sua passagem.

3.2 CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DOS INCÊNDIOS FORESTAIS

Com relação às causas dos IFs, Parizotto et al. (2008) explicam que estão intimamente relacionadas com as condições do tempo. De acordo com as diversas variáveis meteorológicas, dentre elas o índice pluviométrico, que irá influenciar diretamente na umidade da vegetação, a quantidade e severidade dos IFs irão variar.

Abordando sobre as consequências dos incêndios florestais, Giacomini (2014) cita o prejuízo ecológico e social, a extinção de áreas com vegetação, danos ao solo, produção de fumaça, danos aos animais, perdas de áreas produtivas e danos na infraestrutura das áreas atingidas. Reforça ainda sobre o prejuízo financeiro, principalmente quando ocorre em áreas produtivas, e explica que o prejuízo irá variar de acordo com a severidade do incêndio e da característica do material combustível presente na área. Quando ocorrem os IFs, além dos inúmeros danos causados ao ecossistema de forma geral, ainda tem influência sobre a poluição atmosférica, que afeta toda a população e mudanças microclimáticas severas (BATISTA, 2004).

Soares, Batista e Tetto (2017) explicam que os danos diretos causados pelos IFs geralmente são fáceis de avaliar e muito visíveis, mas que existem muitos efeitos indiretos que só serão percebidos com o passar do tempo, como o assoreamento de rios, redução de cursos de água, erosões, dentre outros. Ainda complementam que os danos indiretos podem trazer prejuízo monetário até 10 vezes maiores que os causados pelos danos diretos.

Sousa e Giongo (2017, p. 126) afirmam que “as queimadas trazem várias consequências para o bioma Cerrado, dentre elas está o aumento da temperatura, diminuição das chuvas, empobrecimento do solo, além de aumentar os riscos de doenças respiratórias”. As que ocorrem nas florestas tropicais correspondem a cerca de 75% do volume de gás carbônico emitido pelo país e por isso a sociedade brasileira deve se preocupar com esse problema. Para eles, o mapeamento das áreas queimadas é muito importante (LIMA et al., 2009).

3.3 MONITORAMENTO E MEDIÇÃO DE ÁREA QUEIMADA

Soares, Batista e Tetto (2017) frisam que quanto maior o fogo, maior será a dificuldade de seu combate, e por isso é tão importante detectar os focos iniciais antes que se tornem grandes incêndios com uma dificuldade maior de combate e resultando em diversos danos. A importância da detecção rápida do incêndio é destacada por Batista (2004, p.3):

A rapidez e a eficácia na detecção e monitoramento dos incêndios florestais é fundamental para a viabilização do controle do fogo, 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

O sensoriamento remoto (SR) é uma tecnologia que permite obter dados e imagens da superfície terrestre, a partir do registro e da captação da energia emitida ou refletida pela superfície terrestre, que se dá por meio de sensores instalados em satélites artificiais (FLORENZANO, 2002). Existem diversas formas de detecção de IFs, dependendo das características do local, principalmente extensão da área a ser monitorada, podendo ser utilizado o monitoramento por imagens de satélites (BATISTA, 2004). Florenzano (2002) comenta que as imagens de satélite são muito utilizadas para detectar focos de calor, permitindo localizar e detectar em tempo real focos ativos, fornecendo informações sobre a área queimada. Complementa que utilizando imagens de datas anterior e posterior ao incêndio é possível compará-las para verificar os efeitos na vegetação.

Batista (2004) cita que os métodos de detecção e monitoramento de IFs são importantes para o planejamento e controle, bem como para o dimensionamento dos efeitos produzidos pelo fogo sobre o ambiente. Com relação a prevenção, Soares,

Batista e Tetto (2017) explicam que é a principal linha de defesa contra os IFs e que se pudessem ser evitados não haveriam danos e nem custos com o combate, mas como nem todos podem ser prevenidos, quando ocorrerem deve ser definida de forma célere a ação de combate e iniciá-la imediatamente. Apontam também que quanto mais eficiente são os sistemas preventivos, maior será o potencial dos danos dos incêndios florestais, uma vez que ocorrerá um maior acúmulo de material combustível na área. No entendimento de Parizotto et al. (2008) são necessárias políticas preventivas adequadas a cada região para que possa preservar o ambiente dos efeitos dos grandes IFs. Para que isso ocorra, deve entender e conhecer os incêndios, sabendo quando e o motivo de ocorrerem, frisando sobre a importância das estatísticas para obter tais informações.

As informações referentes às áreas queimadas podem ajudar na criação de mapas de risco de incêndio, mostrando as regiões mais críticas, locais estes onde as ações preventivas devem ser intensificadas, e ainda, tais dados podem auxiliar na tomada de decisão mais acertada sobre a elaboração e implantação dos planos de prevenção e combate aos incêndios e manejo do fogo (SOUSA; GIONGO, 2017)

Parizotto et al. (2008) citam a importância dos registros de IFs, constando local, data e causas das ocorrências. Assim, conhecendo as causas pode fortalecer a prevenção e minimizar as consequências dos incêndios. Dentre as informações importantes sobre os incêndios, Batista (2004) destaca os dados referentes aos focos de calor, que são obtidos a partir de sensores remotos instalados em satélites. São registros de calor captados na superfície do solo sempre que encontrar algum ponto com temperatura superior a 47 °C. Com relação ao sensor presente no satélite, Florenzano (2002) explica que quanto maior for sua resolução, mais fácil será distinguir objetos ou elementos da superfície terrestre. Complementa que um satélite que possui resolução espacial de 30 metros irá conseguir distinguir objetos que medem no terreno 30 metros ou mais, ou seja, 30 x 30 metros, sendo a área mínima que se distingue de 900 m².

Para Pereira (2009) a detecção de focos de calor e a quantificação de áreas queimadas a partir de dados de satélites ocorrem de formas distintas, sendo que a primeira está associada a fogos ativos, e a segunda está relacionada a quantidade e localização das áreas afetadas pelo incêndio. Libonati et al. (2013) explicam que não se pode utilizar a quantidade de focos de calor para quantificar a área queimada, pois um foco ativo se refere a um horário específico de passagem do satélite e,

portanto, está sujeito a perda de informações em períodos do dia sem a ocorrência de passagens do satélite. Mas, podem indicar a localização espacial e temporal destas áreas. Sousa e Giongo (2017) reiteram que os dados de focos de calor não fornecem informações diretas sobre a extensão de uma área queimada, mas somente pontos onde exista fonte de calor, e frisam que para ter informações sobre área queimada é necessário calibrar os dados de focos com estimativa de área queimada obtidas por sensores de alta resolução.

Existem dois tipos de sensores em satélites: óticos e radar. Os sensores óticos dependem da luz solar para produzirem as imagens, uma vez que ela que irá gerar a energia que será refletida ao sensor, já o sensor do tipo radar possui uma fonte de energia própria na região de micro-ondas, podendo gerar imagens tanto durante o dia quanto à noite e em qualquer condição meteorológica (FLORENZANO, 2002).

Para Batista (2004), a detecção de IFs por meio de SR é a forma mais viável para o Brasil, devido a magnitude e a diversidade das características dos ecossistemas florestais, mas lembra que há necessidade de aperfeiçoar esse sistema, utilizando a análise de vários outros parâmetros, que associados aos focos de calor obtidos das imagens de satélites, propiciem um aumento da precisão na detecção de focos de incêndios e áreas queimadas. Delimitar as áreas queimadas em decorrência dos IFs no local do evento é uma tarefa complexa, conforme relata Pereira (2009). Segundo ele, tal dificuldade ocorre em virtude de geralmente envolverem áreas extensas e de difícil acesso, mas informa que o SR é uma ferramenta muito útil para quantificação e delimitação dessas áreas, pois possibilita extrair informações por meio de imagens orbitais.

Florenzano (2002) alerta que nuvens ou mesmo fumaça podem dificultar, na obtenção na imagem, pois podem impedir que o sensor do satélite capte a energia refletida pela superfície terrestre. Na mesma linha, Batista (2004) trata da dificuldade de obter boas imagens devido às condições meteorológicas, sendo que uma das principais limitações do uso de imagens de satélites na detecção de incêndios florestais é a presença de nuvens.

A avaliação da área queimada não é tão simples quanto parece, uma vez que se for realizada com base em uma única imagem de satélite, as informações podem ser prejudicadas devido à elevada ocorrência de nuvens. Lembrem que durante a época de queimadas, grandes e densas nuvens de fumaça ocultam a

superfície, dificultando a observação das áreas afetadas pelo fogo (LIBONATI et al., 2013). Mas Sousa e Giongo (2017) lembram também que o período seco, em virtude de menor quantidade de nuvens obstruindo as imagens de satélite, favorece a utilização de dados orbitais na obtenção de informação sobre as áreas queimadas. Como solução para tal problema pode ser feito a composição de diversas imagens diárias, de forma a obter uma imagem composta multi-temporal correspondente a um determinado período (LIBONATI et al., 2013).

Ainda quanto a fatores que interferem na obtenção de boas imagens, Florenzano (2002) complementa que quanto mais distante estiver o satélite artificial, maior será a interferência da atmosfera, impedindo ou atrapalhando que a energia refletida pela superfície terrestre chegue ao sensor a bordo do satélite. Batista (2004) frisa que a detecção é mais precisa quanto maior a extensão da área queimada e que incêndios de grande extensão são detectados com maior precisão, quando comparados a incêndios de pequena extensão. Libonati et al. (2013) explicam que existem discrepâncias tanto na quantificação da extensão da área queimada, quanto na sua localização espacial e temporal. Complementa que a exatidão destes dados varia de forma significativa de acordo com o bioma.

Conforme explicado por Batista (2004) a extensão territorial do Brasil e a diversidade de sua cobertura vegetal, bem como o número expressivo de ocorrências de IFs verificados no país, são fatores que demonstram a necessidade de um sistema cada vez mais aprimorado de detecção de IFs para facilitar as atividades de planejamento de prevenção, controle e mitigação dos danos. Nesse sentido, uma das variáveis cruciais para quantificar a extensão da queima de biomassa em escala global é o tamanho da área queimada. Para isso, os dados de SR têm sido usados, uma vez que permitem a espacialização e o monitoramento temporal desses eventos (ANDERSON et al., 2005).

Ainda tratando de medição de área queimada em IFs, Libonati et al. (2013) explicam que as informações sobre as distribuições espaciais (localização e extensão) e temporais das áreas queimadas são cruciais na gestão dos recursos naturais e nos estudos de química da atmosfera e de mudanças climáticas, entre outros.

Chuvieco et al. (1998 citados por Pereira, 2009, p.11) alerta que “após a ocorrência de uma queimada, é papel da ciência geográfica orientar a evolução espacial das consequências do mesmo. Isso implica em quantificar e mapear as

áreas queimadas para analisar suas consequências e os efeitos ecológicos ao longo do tempo”.

Sobre como é possível distinguir os materiais presentes na superfície terrestre uns dos outros por meio das imagens de satélite, Florenzano (2002, p. 11) faz o seguinte apontamento: “os objetos da superfície terrestre como a vegetação, a água e solo absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento da onda, de acordo com as suas características bio-físico-químicas”.

|

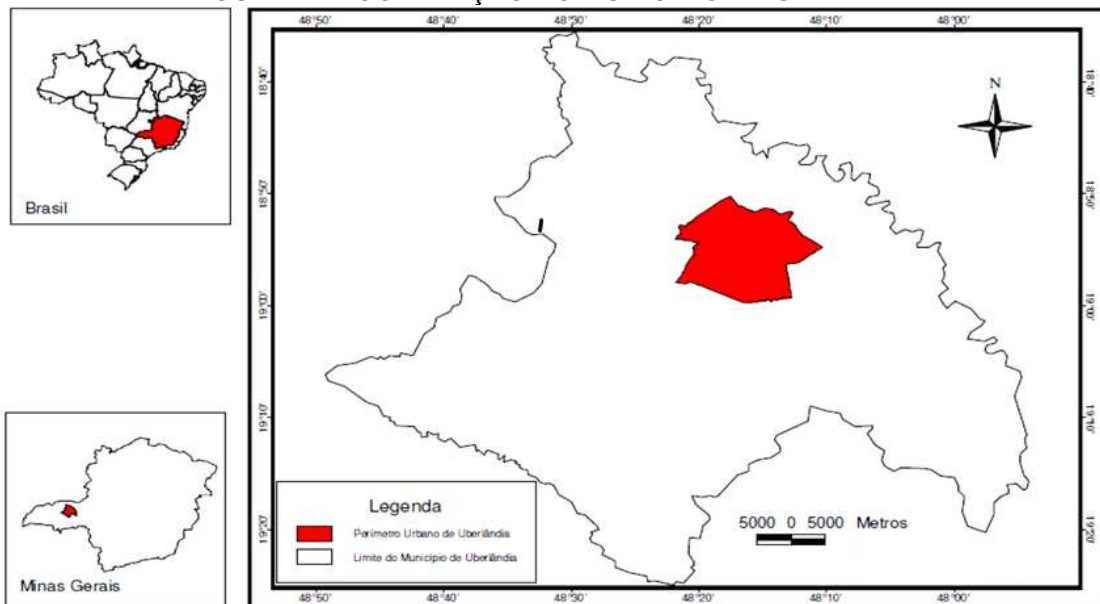
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município está situado na região do Triângulo Mineiro, no estado de Minas Gerais, limitado pelas coordenadas geográficas de 18° 30' e 19° 30' de latitude sul e de 47° 50' e 48° 50' de longitude oeste (IBGE, 2011). A localização geográfica do município de Uberlândia é apresentada na Figura 1.

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), a população de Uberlândia era de 604.013 habitantes no ano de 2010, tendo a previsão de 699.097 habitantes para o ano de 2020 (IBGE, 2020), sendo a 2ª cidade com maior população no estado Minas Gerais e a 30ª maior em todo o país, possuindo uma área territorial de 4.115,206 km².

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA



FONTE: IBGE (2020)

4.2 OBTENÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Os dados utilizados nessa pesquisa são referentes a ocorrências de IFs atendidas pelas guarnições do 5º BBM, no ano de 2020, e tais dados foram obtidos por meio de uma planilha fornecida pelo Centro Integrado de Defesa Social (CIDS)

do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), onde constam os dados de todos os REDS referente às ocorrências atendidas pela instituição na cidade de Uberlândia/MG.

Essas ocorrências são classificadas de acordo com sua natureza, conforme previsto na Diretriz Integrada de Ações e Operações (DIAO) do Sistema Integrado de Defesa Social (SIDS). A natureza da ocorrência de IFs é classificada como “Oscar 04” e se subdividem em subclasses.

A partir desses dados, foram analisadas e selecionadas ocorrências de acordo com o valor de área queimada lançada nos respectivos REDS de atendimento. A separação das ocorrências se deu conforme sugerido por Giacomini (2014), dividindo em cinco classificações de IFs, de acordo com a área queimada, sendo: classe I (< 0,1 ha), classe II (0,1 a 4,0 ha), classe III (4,1 a 40,0 ha), classe IV (40,1 a 200,0 ha) e classe V (> 200,0 ha).

Assim, foram divididas em cinco classes e selecionadas três ocorrências por classe de forma aleatória para serem analisadas, com exceção da classe V, que constava apenas uma ocorrência atendida, totalizando então 13 ocorrências analisadas neste estudo.

Foi também aplicado um questionário a 84 militares do 5º BBM que chefiam guarnições de Combate a Incêndio Florestal (CIF), com o objetivo de verificar qual método utilizam para medir a área queimada nos IFs, e também qual a razão que os levam a optar por tal método.

O questionário apresentava opções de respostas para serem assinaladas, podendo inclusive ser escolhido mais de uma resposta por pergunta. O questionário aplicado encontra-se no apêndice desse estudo para que possa ser consultado.

Após essa fase, foram analisados cada um dos 13 incêndios escolhidos, sobre os quais foi realizada a comparação da área queimada medida por imagem de satélite com os dados de área queimada lançados no REDS, identificando ainda qual o método utilizado pelo chefe de guarnição para medir área.

Foi avaliada a primeira imagem anterior a data do incêndio em comparação com a primeira imagem posterior. Em alguns casos houve erro em uma dessas imagens, o que foi solucionado comparando com a primeira imagem disponível antes ou depois do incêndio, de acordo com cada caso. Assim, em todos os outros 10 incêndios foi possível avaliar as imagens do satélite Sentinel2.

A análise das imagens de satélite de datas anteriores e posteriores aos incêndios que deram origem a este estudo encontram-se no apêndice desse estudo para que possam ser consultadas.

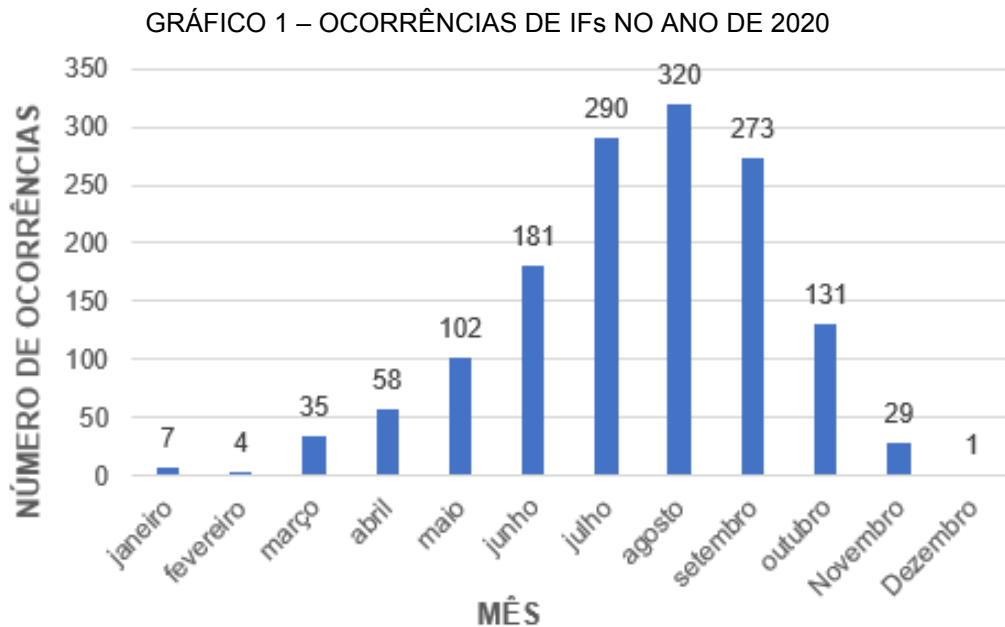
As imagens utilizadas para comparar os valores de área queimada com os dados do REDS foram obtidas por meio do site SentilHub, que utiliza como referência as imagens produzidas pelo satélite Sentinel2. Tais imagens se deram com base na composição RGB 4/3/2 Cor Verdadeira e 8/4/3 Falsa Cor e, a partir dessas imagens, foi feita a comparação da primeira imagem antes do incêndio com a primeira imagem após.

A série de satélites Sentinel começou a ser lançada em 2014 pela Agência Espacial Europeia. Em junho de 2015 o satélite Sentinel2A foi o primeiro satélite óptico da série a ser operado. Ele possui sensor multiespectral MSI com 13 bandas, com resolução espacial variando de 10 a 60 metros de acordo com a combinação de bandas, resolução temporal de 5 dias e resolução radiométrica de 12 bits. Para atingir a resolução de 10 metros podem ser feitas 3 combinações, sendo a primeira de cor verdadeira utilizando as bandas RGB 4/3/2, e as outras duas composições de falsa cor utilizando as bandas RGB 8/4/3 e RGB 4/8/3 (*EUROPEAN SPACE AGENCY*, 2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 QUANTIFICAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS E MÉTODOS DE MEDIÇÃO

Verificou-se que no ano de 2020 o 5º BBM atendeu na cidade de Uberlândia/MG a 1431 ocorrências classificadas com a natureza de IF, sendo que dessas, 777 ocorrências se deram em lotes vagos e 654 nas outras diversas formas de vegetação. A distribuição do quantitativo de ocorrências pelos meses do ano é apresentada no Gráfico 1.

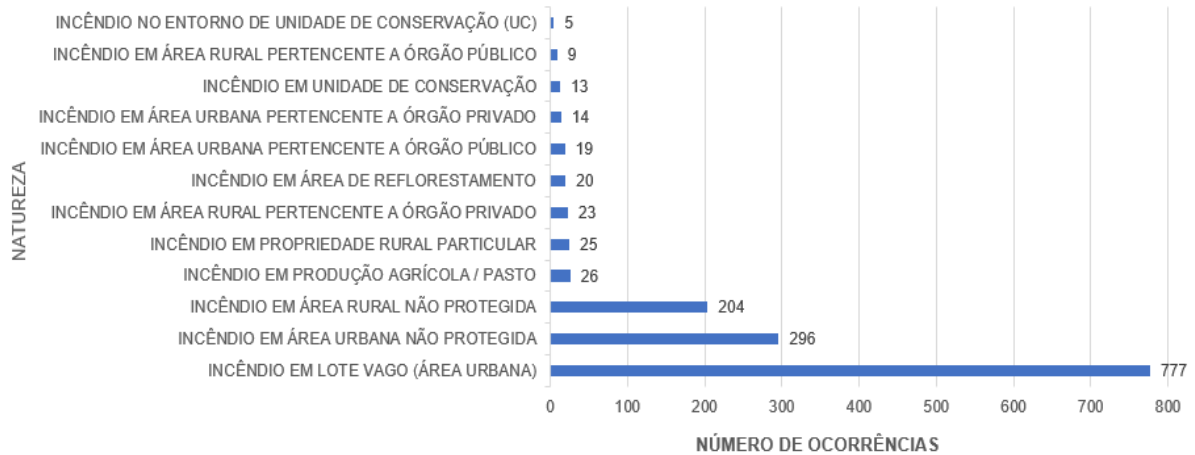


FONTE: O autor (2021).

Pode ser verificado o aumento das ocorrências de IFs a partir do mês de março, tendo o ápice de atendimentos entre os meses de julho a setembro, situação que condiz com a chegada do período de estiagem.

Dentre as 1431 ocorrências de IF atendidas no ano de 2020, a divisão das ocorrências por naturezas é apresentada no Gráfico 2.

GRÁFICO 2 – DIVISÃO DAS OCORRÊNCIAS DE IF POR NATUREZA

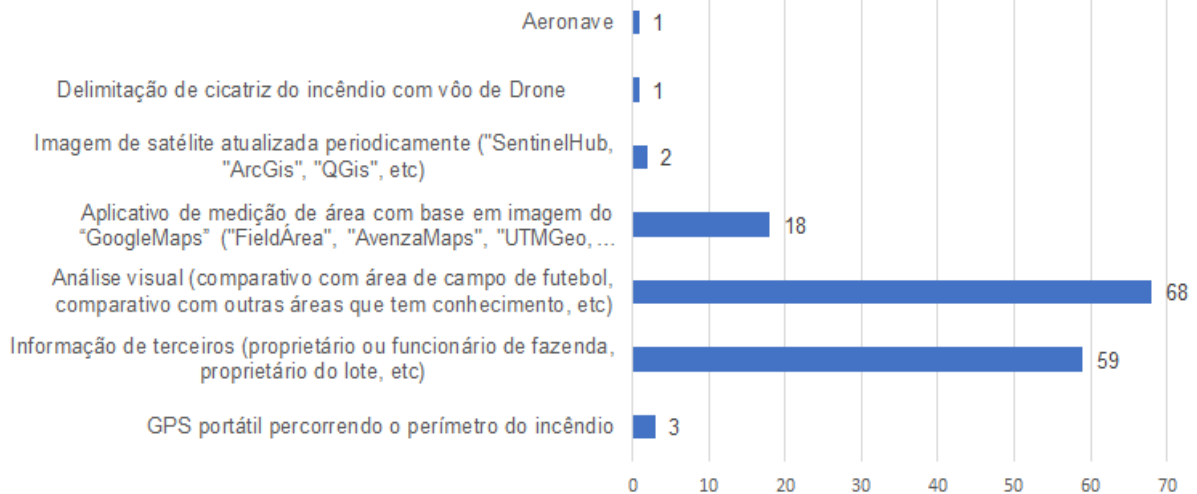


FONTE: O autor (2021).

Participaram do questionário 84 militares que chefiam as guarnições de CIF, divididos, conforme seus postos e graduações, da seguinte forma: 25% Oficial, 47,6% Subtenente/Sargento e 27,4% Cabo.

Com base nos métodos que utilizam para medir área queimada, informaram o que é apresentado no Gráfico 3.

GRÁFICO 3 – MÉTODO DE MÉDICAÇÃO DE ÁREA QUEMADA

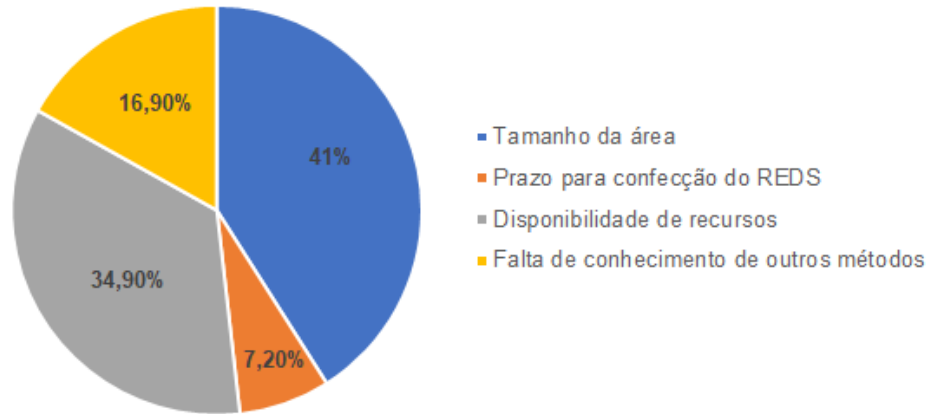


FONTE: O autor (2021).

Foi possível perceber que a maior parte dos chefes de guarnição utilizam o método de análise visual da área ou informações de terceiros como forma de medir a área queimada nos incêndios florestais. Uma pequena parcela utiliza imagens de

satélite como método de medição. A justificativa para o uso dos métodos é apresentada no Gráfico 4.

GRÁFICO 4 – CRITÉRIO UTILIZADO PARA ESCOLHA DO MÉTODO



FONTE: O autor (2021).

Dentre as repostas, 41% dos militares informaram que o critério de medi o que utilizam varia de acordo com o tamanho da área do incêndio, outros 34,9% informaram que escolhem devido a indisponibilidade de recursos para medi o. A falta de conhecimento de outros métodos foi a justificativa de 16,9%, além dos 7,2%, que informam não que utilizam os métodos citados devido ao curto prazo de confeccionarem os REDS, uma vez que devem ser concluídos até o término do plantão.

5.2 ANÁLISE DOS INCÊNDIOS E MEDI O DE ÁREA QUEIMADA

Os incêndios que foram avaliados estão numerados de 01 a 13 e serão tratados com base nesses números de referência. Tais incêndios estão listados na Tabela 1 e serão analisados adiante.

TABELA 1 – DADOS DOS INCÊNDIOS AVALIADOS NO ESTUDO

Ord	Classe	Data/hora	Coordenada	�rea no REDS	Método utilizado
01	I	26/08/2020 às 15h04min	Lat: -18.9168, Lng: -48.3278	0,03 ha	Análise visual
02	I	30/03/2020 às 15h50min	Lat: -18.9395, Lng: -48.2429	0,04 ha	Análise visual
03	I	19/08/2020 às 07h02min	Lat: -18.9511, Lng: -48.2733	0,06 ha	Análise visual
04	II	09/07/2020 às 11h52min	Lat: -18.9493, Lng: -48.2556	1,6 ha	Análise visual
05	II	12/09/2020 às 14h10min	Lat: -18.9634, Lng: -48.3763	4 ha	Informa�o de terceiros
06	II	28/09/2020 às 15h15min	Lat: -18.8717, Lng: -48.3193	4 ha	Análise visual
07	III	21/07/2020 às 16h49min	Lat: -18.8541, Lng: -48.2917	5 ha	Análise visual

08	III	15/09/2020 às 12h53min	Lat: -18.9034, Lng: -48.2266	9 ha	Análise visual
09	III	12/09/2020 às 13h32min	Lat: -18.9609, Lng: -48.3757	40 ha	Informação de terceiros
10	IV	29/09/2020 às 11h15min	Lat -18.8585, Lng -48.4848	50 ha	Informação de terceiros
11	IV	12/09/2020 às 11h53min	Lat -18.9449, Lng -48.3545	80 ha	Informação de terceiros
12	IV	01/10/2020 às 10h39min	Lat: -19.0411, Lng: -48.3044	200 ha	Informação de terceiros
13	V	11/09/2020 às 11h50min	Lat: -18.9656, Lng: -48.1941	500 ha	Imagem de satélite atualizada

FONTE: O autor (2021).

Em relação à classe de área I (< 1,0 ha), os incêndios tiveram seus lançamentos de área queimada no REDS feitos com base em análise visual por parte do Chefe da Guarnição.

Ao tentar avaliar a área queimada destes incêndios utilizando imagem de satélite, foi possível perceber que a resolução espacial não permite tal avaliação. Analisando a imagem antes e depois do incêndio não foi possível avaliar a variação de feição na imagem.

Sobre a avaliação de áreas queimada em IF, Florenzano (2002) explica que a distinção da vegetação verde (sem queimar) para a vegetação queimada se dá, pois, a vegetação na cor verde reflete mais energia que a vegetação queimada, que já está em cinzas, uma vez que mesma irá absorver mais e refletir menos energia e apresentará uma imagem mais escura quando analisada pela imagem do satélite.

Assim, foi percebido que nos incêndios que atingem áreas da classe I (< 0,1 ha) essa distinção entre cores no mapa não pode ser observada utilizando o satélite Sentinel2 devido a sua resolução espacial.

Ainda, no incêndio 03, que se deu no mês de março, foi possível perceber a presença de muitas nuvens nas imagens, situação que prejudicaria a análise do incêndio, mesmo que a resolução espacial do satélite possibilitasse a medição da área atingida.

Sobre essa situação, Florenzano (2002) adverte que a presença de nuvens pode dificultar na obtenção na imagem, pois podem impedir que o sensor do satélite capte a energia refletida pela superfície terrestre. Seguindo a mesma linha, Batista (2004) cita que as condições meteorológicas podem interferir na obtenção de boas imagens, pois uma das principais limitações do uso de imagens de satélites na detecção de incêndios florestais é a presença de nuvens.

Ainda, Sousa e Giongo (2017) explicam que no período seco, em virtude de menor quantidade de nuvens, é possível obter melhores imagens de satélite para cálculo de área queimada, situação que se confirmou nesse trabalho, uma vez que

somente em 01 dos 13 incêndios avaliados foi verificado presença de nuvens na imagem, e somente este ocorreu no primeiro semestre do ano.

Nos incêndios 04 ao 13 foi possível fazer o comparativo de área queimada lançada no REDS com a área medida por meio das imagens de satélite, conforme verifica-se na Tabela 2.

TABELA 2 – VARIÇÃO DA ÁREA DOS INCÊNDIOS AVALIADOS

Ord	Classe	Método utilizado	Área lançada no REDS (ha)	Área medida por imagem de satélite (ha)	Varição (%)
04	II	Análise visual	1,6	4	150
05	II	Informação de terceiros	4	6	50
06	II	Análise visual	4	9	125
07	III	Análise visual	5	15	200
08	III	Análise visual	9	14	55
09	III	Informação de terceiros	40	43	7,5
10	IV	Informação de terceiros	50	185	270
11	IV	Informação de terceiros	80	62	-22,5
12	IV	Informação de terceiros	200	313	56,5
13	V	Imagem de satélite atualizada	500	470	-6

FONTE: O autor (2021).

As informações sobre forma de medição de área dos 13 incêndios selecionados seguiram a mesma linha das respostas da pesquisa realizada com os militares que coordenaram equipes de combate a incêndio, sendo que na pesquisa os militares podiam escolher mais de uma resposta para o questionamento sobre métodos que utilizam, e 81% utilizam o método de análise visual da área e 79,2% utilizam informações de terceiros. Analisando as informações dos 13 incêndios, tais técnicas foram utilizadas em 54% e 39%, respectivamente.

Para o incêndio 04, foi lançado no REDS que sua área queimada foi de 1,6 ha. Em consulta ao militar que coordenou essa ocorrência, o mesmo informou que fez medição da área queimada por meio de análise visual. Fazendo a medição utilizando imagem do satélite Sentinel2, foi constatado que a área queimada foi de 4 ha. Assim, verificou-se que a área lançada no REDS correspondia a 40% da área que realmente havia sido queimada.

No incêndio 05, foi lançado no REDS que sua área queimada foi de 4 ha. Em consulta ao militar que coordenou essa ocorrência, o mesmo informou que fez medição da área queimada por meio de informações prestadas pelo proprietário da área. Fazendo a medição utilizando imagem do satélite Sentinel2, foi constatado que

a área queimada foi de 6 ha. Assim, verificou-se que a área lançada no REDS correspondia a 66% da área que realmente havia sido queimada.

No incêndio 06, foi lançado no REDS que sua área queimada foi de 4 ha. Em consulta ao militar que coordenou essa ocorrência, o mesmo informou que fez medição da área queimada por meio de análise visual. Fazendo a medição utilizando imagem do satélite Sentinel2, foi constatado que a área queimada foi de 9 ha. Assim, verificou-se que a área lançada no REDS correspondia a 44% da área que realmente havia sido queimada.

No incêndio 07, foi lançado no REDS que sua área queimada foi de 5 ha. Em consulta ao militar que coordenou essa ocorrência, o mesmo informou que fez medição da área queimada por meio de análise visual. Fazendo a medição utilizando imagem do satélite Sentinel2, foi constatado que a área queimada foi de 15 ha. Assim, verificou-se que a área lançada no REDS correspondia a 33% da área realmente queimada.

No incêndio 08, foi lançado no REDS que sua área queimada foi de 9 ha. Em consulta ao militar que coordenou essa ocorrência, o mesmo informou que fez medição da área queimada por meio de análise visual. Fazendo a medição utilizando imagem do satélite Sentinel2, foi constatado que a área queimada foi de 14 ha. Assim, verificou-se que a área lançada no REDS correspondia a 64% da área realmente queimada.

No incêndio 09, foi lançado no REDS que sua área queimada foi de 40 ha. Em consulta ao militar que coordenou essa ocorrência, o mesmo informou que fez o lançamento da área queimada no REDS com base na informação prestada pelo proprietário da fazenda. Fazendo a medição utilizando imagem do satélite Sentinel2, foi constatado que a área queimada foi de 43 ha. Assim, verificou-se que a área lançada no REDS foi bem próxima da medida com base na imagem de satélite, e que correspondia a 93% da área realmente queimada.

No incêndio 10, foi lançado no REDS que sua área queimada foi de 50 ha. Em consulta a militar que coordenou essa ocorrência, a mesma informou que fez o lançamento da área queimada no REDS com base em informação prestada por um funcionário da fazenda. Fazendo a medição utilizando imagem do satélite Sentinel2, foi constatado que a área queimada foi de 185 ha. Assim, verificou-se que a área lançada no REDS correspondia a 27% da área realmente queimada.

No incêndio 11, foi lançado no REDS que sua área queimada foi de 80 ha. Em consulta ao militar que coordenou essa ocorrência, ele informou que fez o lançamento da área queimada no REDS com base em informação prestada pelo proprietário da fazenda. Fazendo a medição utilizando imagem do satélite Sentinel2, foi constatado que a área queimada foi de 62 ha. Assim, dentre os casos analisados, esse foi o único que a medição foi superdimensionada, havendo um lançamento de 18 ha para mais, o que corresponde a um acréscimo de 29% de área queimada.

No incêndio 12, foi lançado no REDS que sua área queimada foi de 200 ha. Em consulta ao militar que coordenou essa ocorrência, o mesmo informou que fez o lançamento da área queimada no REDS com base em informação de terceiros. Fazendo a medição utilizando imagem do satélite Sentinel2, foi constatado que a área queimada foi de 313 ha. Assim, verificou-se que a área lançada no REDS correspondia a 63,9% da área realmente queimada.

No incêndio 13, foi lançado no REDS que sua área queimada foi de 500 ha. Em consulta ao militar que coordenou essa ocorrência, o mesmo informou que fez medição da área queimada por meio de análise da imagem de satélite após o incêndio. Fazendo a medição utilizando imagem do satélite Sentinel2, foi constatado que a área queimada foi de 472 ha. Assim, verificou-se que entre a área lançada no REDS e a avaliada neste trabalho houve uma variação de 28 ha, que corresponde a 6% da área. Tendo em vista o método de medição ser o mesmo, tal variação se justifica pela diferença de marcação dos pontos da cicatriz pelos usuários.

Esse acerto entre as medições do incêndio 13 corrobora com a explicação de Batista (2004) de que a detecção é mais precisa quanto maior a extensão da área queimada. O fato de não ter conseguido medir as áreas queimadas por imagem de satélite nos três incêndios da classe I também é explicado por este autor, quando diz que incêndios de grande extensão são detectados com maior precisão, quando comparados aos menores.

Com base na última e penúltima coluna da Tabela 2 foi possível perceber que houve grande variação no lançamento de área queimada no REDS comparando com o resultado obtido pela medição utilizando imagem de satélite. Apenas em 2 dos 10 incêndios avaliados a variação do resultado obtido pela divisão da área queimada maior pela menor foi inferior a 10%. Ainda, foi possível perceber que entres os 10 incêndios avaliados houve variação média de 94,25% entre as áreas apuradas.

Foi possível verificar no comparativo das medições de imagens de satélite com informações de terceiros que, em sua maioria, há uma grande variação em área, em quase todos os casos subdimensionando a área queimada e, em apenas um caso, superdimensionando. A variação média entre as medições utilizando tal método foi de 81,3%.

Nos casos em que o método utilizado foi o de análise visual, nos incêndios da classe I não foi possível realizar o comparativo, por não ser possível fazer a avaliação por imagem de satélite. Nas classes II e III apresentou, grande variação entre os dois métodos, com uma média de 132,5%.

No caso em que o método utilizado pelo militar foi o de análise de imagem de satélite houve variação de 6% entre a área lançada no REDS a e medição feita nesse trabalho, algo muito pequeno se comparado ao tamanho da área.

Ainda, foi levantado o perímetro da cicatriz de cada um dos incêndios que foram avaliados neste trabalho e tais dados citados são demonstrados na Tabela 3.

TABELA 3 – PERÍMETRO DOS INCÊNDIOS AVALIADOS NO ESTUDO

ORD	CL	Área lançada no REDS (ha)	Área apurada na medição por imagem de satélite (ha)	Perímetro da cicatriz do incêndio (km)
01	I	0,03	Não apurado	Não apurado
02	I	0,04	Não apurado	Não apurado
03	I	0,06	Não apurado	Não apurado
04	II	1,6	4	1,39
05	II	4	6	2,75
06	II	4	9	2,18
07	III	5	15	2,70
08	III	9	14	1,84
09	III	40	43	3,41
10	IV	50	185	11,24
11	IV	80	62	5,15
12	IV	200	313	14,87
13	V	500	470	20,19

FONTE: O autor (2021).

Com relação a utilização da técnica de medição de área utilizando GPS portátil, cabe lembrar que o militar deve caminhar por toda a circunferência do incêndio para que o aparelho possa medir a área queimada.

Assim, avaliando a Tabela 3 pode-se perceber que em todos os incêndios as medidas do perímetro apresentaram valores altos, principalmente nos incêndios das classes IV e V. Tal técnica se mostra bastante complexa, pois além do responsável pela medição necessitar de um aparelho de GPS no local, deve ainda caminhar pelo perímetro após estar desgastado pelo combate ao IF. Na pesquisa realizada com os

militares do 5° BBM, apenas 3% dos que responderam ao questionário informaram que utilizam tal técnica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de imagens de satélite para medição de área queimada se mostrou eficiente nos incêndios de classe II a V, uma vez que possibilita medição mais precisa da área e ainda permite desconsiderar áreas não queimadas dentro a cicatriz do incêndio.

Outra grande vantagem verificada foi a possibilidade de outra pessoa que não tenha participado do combate possa realizar a medição da área, situação que possibilita a redução do desgaste dos combatentes. Utilizando o método convencional de medição por GPS portátil, é necessário que o combatente percorra todo o perímetro da área queimada, algo que se torna muito complexo nos incêndios de grandes proporções, principalmente em locais como a cidade de Uberlândia, onde ocorre um grande número de ocorrências de IF ao mesmo tempo durante o período de estiagem, necessitando assim que a guarnição já desloque para outro IF após o término do combate.

Tendo em vista não ter sido possível medir os incêndios da classe I (< 0,1 ha) utilizando imagem de satélite, devido a resolução espacial do mesmo, a medição por GPS portátil ou análise visual se mostram eficientes.

O método de avaliar a área queimada com base em informações de outras pessoas pode ser muito eficiente quando essa pessoa é o proprietário ou funcionário da fazenda e conhece a área, mas quando atinge várias propriedades é mais difícil que o valor seja informado de forma correta. Pode ainda esse informante ter interesse no lançamento de área queimada, informando área menor para fins de multa ou mesmo de área maior para fins de ressarcimento por apólice de seguro.

A utilização do site SentinelHub se mostrou muito eficiente uma vez que faz a composição de bandas de forma automática e ainda possibilita ao usuário escolher a composição de bandas que quer utilizar (falsa cor ou cor verdadeira) e fazer a sobreposição de imagens, tornando simples a medição da área. Isso evita a utilização de aplicativos de GIS como ArcGis e QGis por exemplo, que requerem conhecimento prévio para uso.

O incêndio 13, que teve maior área queimada entre os IFs avaliados teve sua área queimada lançada no REDS com base em imagens de satélite, e quando foi feita a verificação utilizando as imagens de satélite obteve um valor próximo. A pequena variação pode ter ocorrido devido a variação na delimitação da área

queimada por parte dos usuários, variando de acordo com a acurácia de cada um em fazer as marcações.

A medição por imagem de satélite se mostrou eficiente, mesmo possuindo uma resolução espacial de 10 metros e temporal de 5 dias, cabendo ressaltar a dificuldade de fazer a medição em períodos com muitas nuvens. Essa medição deve ser feita com imagens próximas a data do incêndio, uma vez que com o passar do tempo as cinzas irão dispersar e a vegetação irá regenerar.

As imagens obtidas com a cicatriz medida e demarcada podem ainda ser inseridas nos respectivos REDS, dando ainda mais credibilidade nas informações prestada referentes à área atingida.

Como ponto negativo da medição por imagem de satélite utilizando o site SentinelHub, mesmo sendo possível verificar variação de feição nas imagens de cicatrizes de incêndio com área maior que 0,4 ha, o site não faz o cálculo da área quando a mesma apresenta valor inferior a 1 ha, demonstrando apenas a medida do perímetro da cicatriz do incêndio.

Outra situação percebida foi que se um incêndio for combatido e durante o período de revisita do satélite houver outro incêndio no mesmo local, a área queimada que será contabilizada será a área total dos dois incêndios.

Por fim, foi verificado que as ferramentas de geoprocessamento são aliadas dos agentes envolvidos na prevenção e combate aos incêndios florestais e que principalmente nos incêndios de média e grande proporção são muito eficientes na medição de área queimada de forma fidedigna.

Desta forma, sugere-se a análise visual ou uso de GPS portátil para medição de áreas pequenas (classes I e II) e de imagem de satélite atualizada para áreas maiores (classes III, IV e V).

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. e C. de; LIMA, A. de; SHIMABUKURO, Y. E. Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 4, p. 445 – 456, dez. 2005.
- BATISTA, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Revista Floresta**, v. 34, n. 2, p. 237 – 241, 2004.
- EUROPEAN SPACE AGENCY. **Sentinel-2 Products Specification Document**. France: Thales Alenia Space, 2018, 510 p. 2018. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook>. Acesso em: 21/11/2020.
- FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- GIACOMIN, G. G. **Ocorrências de incêndios em povoamentos florestais no norte do Espírito Santo e sul da Bahia**. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2010**: características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **População estimada**: estimativas da população residente com data de referência 1° de julho de 2020. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberlandia/panorama>>. Acesso em: 25/11/2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Manual do brigadista**, 2010. 15 p.
- LIBONATI, R.; SETZER, A. W.; MORELLI, F.; CAMARA, C. Algoritmo automático de detecção de áreas queimadas em imagens MODIS – aplicação na região do Jalapão, TO. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais do....** Disponível em: <http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/2013_Libonati_et_al_Algoritmo_XVISBSR.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2020.
- LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y. E.; ADAMI, M.; FREITAS, R. M.; ARAGÃO, L. E.; FORMAGGIO, A. R.; LOMBARDI, R. Mapeamento de cicatrizes de queimadas na Amazônia brasileira a partir da aplicação do modelo linear de mistura espectral em imagens do sensor MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009. **Anais do...** 2009.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. 2. ed. Curitiba: Ronaldo Viana Soares, 2017.

RAMOS, P. C. M. Sistema nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais. In: FÓRUM NACIONAL SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 1., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1995. p. 29 - 58.

SOUSA, I. M. P.; GIONGO, M. Quantificação da área queimada no estado do Tocantins no período de 2003 a 2011 utilizando imagens do satélite TM/Landsat-5. **DESAFIOS - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 3, n. Especial, p. 126 - 130, 2 mar. 2017.

PARIZOTTO, W.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; SOUSA, N. Controle dos incêndios florestais pelo Corpo de Bombeiros de Santa Catarina: diagnóstico e sugestões para seu aprimoramento. **Floresta**, 38. 10.5380/rf.v38i4.13160, 2008.

PEREIRA A. A. **Uso de geotecnologia para detecção e análise de queimadas e focos de calor em unidades de conservação no norte de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

APÊNDICE

QUESTIONÁRIO APLICADO AOS MILITARES DO 5º BBM

Pesquisa TCC - Levantamento dos métodos utilizado pelos militares do 5º BBM para cálculo de área queimada em Incêndios Florestais

Sou o Capitão Haendell e atualmente comando a 1ª Companhia Operacional do 5º Batalhão de Bombeiros Militar na cidade de Uberlândia-MG. Estou cursando a Pós-Graduação em Prevenção e Combate a Incêndios Florestais da Universidade Federal do Paraná, e realizo uma pesquisa sobre a utilização de imagens de satélite para medição de área queimada nos Incêndios Florestais.

Nesta oportunidade solicito que preencham o presente formulário com informações referentes ao método de medição de área queimada que utilizam para preenchimento do REDS.

O objetivo do estudo é facilitar a medição da área queimada e proporcionar mais confiabilidade nas informações prestadas nos relatórios.

O formulário deverá ser preenchido apenas por Bombeiros Militares lotados na cidade de Uberlândia e que sejam OFICIAIS, SUBTENENTES/SARGENTOS OU CABOS, tanto da administração quanto do serviço operacional. Os SOLDADOS não participarão da pesquisa por não exercerem função de Chefe de Guarnição.

As informações serão úteis até às 12h00min do dia 05/12/2020.

Qual seu Posto/Graduação? *

- OFICIAL
- SUBTENENTE/SARGENTO
- CABO

Qual(is) o(s) método(s) utiliza para cálculo da área queimada do incêndio e preenchimento dessa informação no REDS? *

- GPS portátil percorrendo o perímetro do incêndio
- Informação de terceiros (proprietário ou funcionário de fazenda, proprietário do lote, etc)
- Análise visual (comparativo com área de campo de futebol, comparativo com outras áreas que tem conhecimento, etc)
- Aplicativo de medição de área com base em imagem do "GoogleMaps" ("FieldÁrea", "AvenzaMaps", "UTMGeo", "FreeÁrea", etc)",
- Imagem de satélite atualizada periodicamente ("SentinelHub", "ArcGis", "QGis", etc)
- Delimitação de cicatriz do incêndio com vôo de Drone
- Outro: _____

Qual o critério utilizado para escolha do método de medição? *

- Tamanho da área
- Prazo para confecção do REDS
- Disponibilidade de recursos
- Falta de conhecimento de outros métodos
- Outro: _____

ANÁLISE DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

INCÊNDIO 01

- 1) Data e hora: 26/08/2020 às 15h04min;
- 2) Escala: 1:5000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat -18.91704, Lng -48.32840;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 0,03 hectares;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: análise visual;
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: não foi possível perceber se houve alteração na feição. Foi possível verificar as imagens apenas com diferença de 15 dias entre uma e outra, pois nos dias 17/08/2020 e 22/08/2020 o satélite não captou imagem do local. Não foi possível medir a área devido a resolução espacial do satélite.

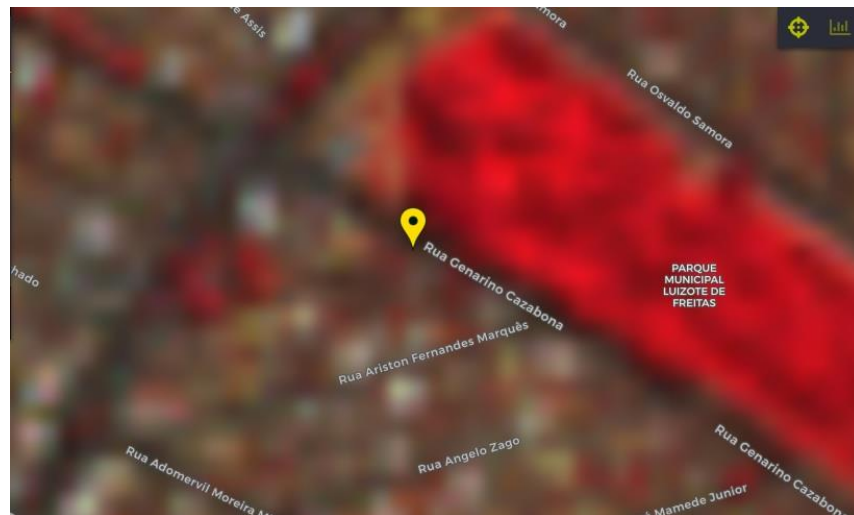


Imagem do dia 12/08/2020

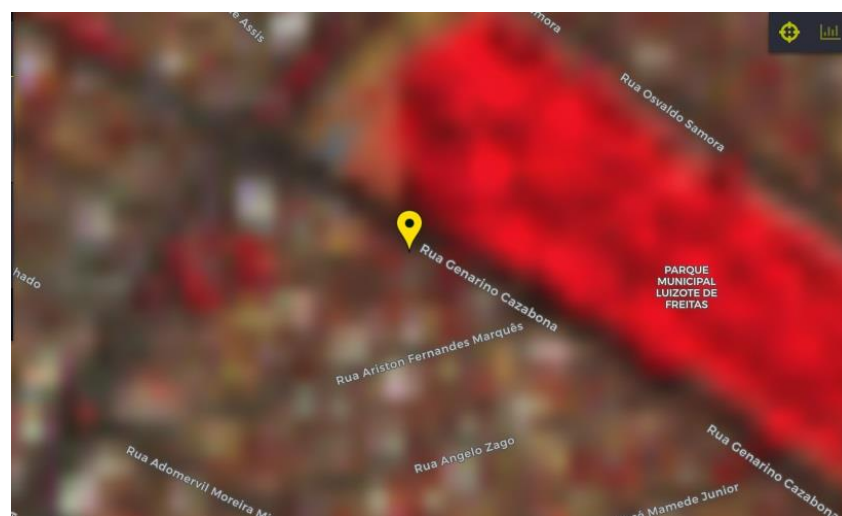


Imagem do dia 27/08/2020

INCÊNDIO 02

- 1) Data e hora: 30/03/2020 às 15h50min;
- 2) Escala: 1:5000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat -18.94013, Lng -48.24386;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 0,04 hectares;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: análise visual;
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: não foi possível medir devido a resolução espacial do satélite. As nuvens atrapalharam a verificação da imagem em um prazo mais curto.

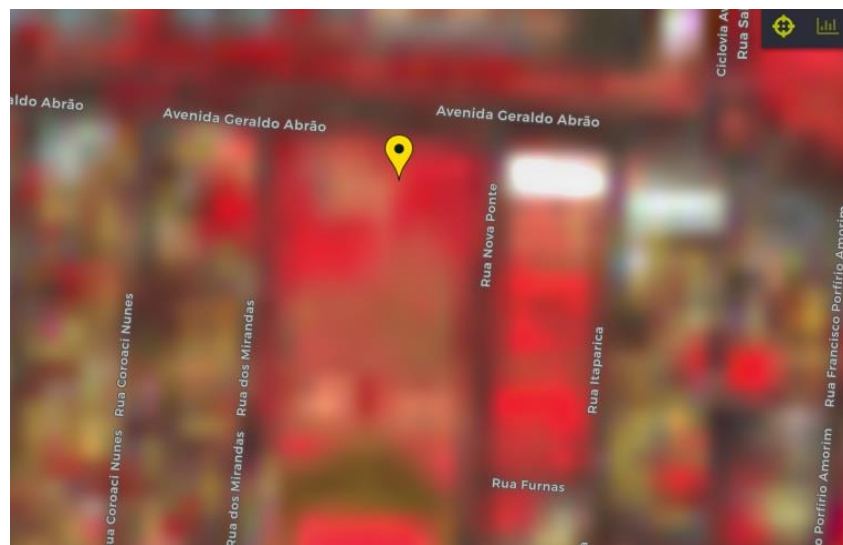


Imagem do dia 15/03/2020

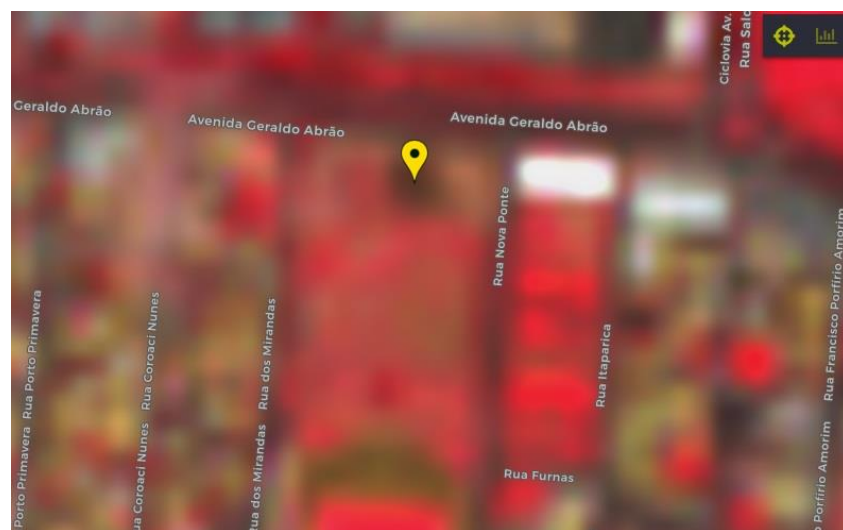


Imagem do dia 04/04/2020

INCÊNDIO 03

- 1) Data e hora: 19/08/2020 às 07h02min;
- 2) Escala: 1:10000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat -18.95115, Lng -48.27330;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 0,06 hectares;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: análise visual;
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: não foi possível medir devido a resolução espacial do satélite.

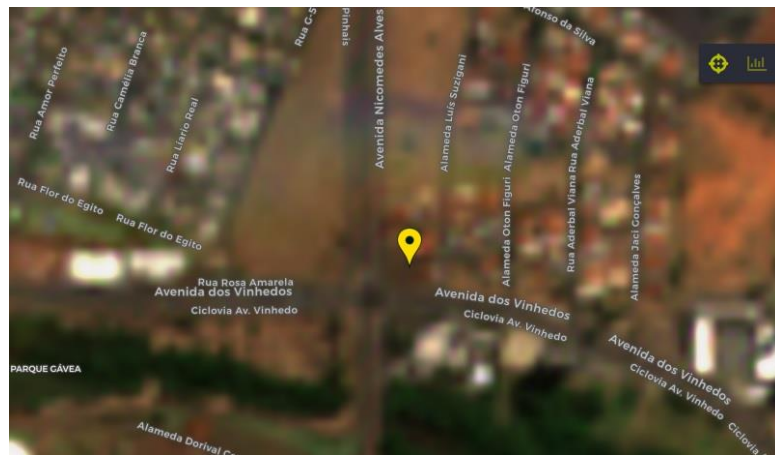


Imagem do dia 17/08/2020

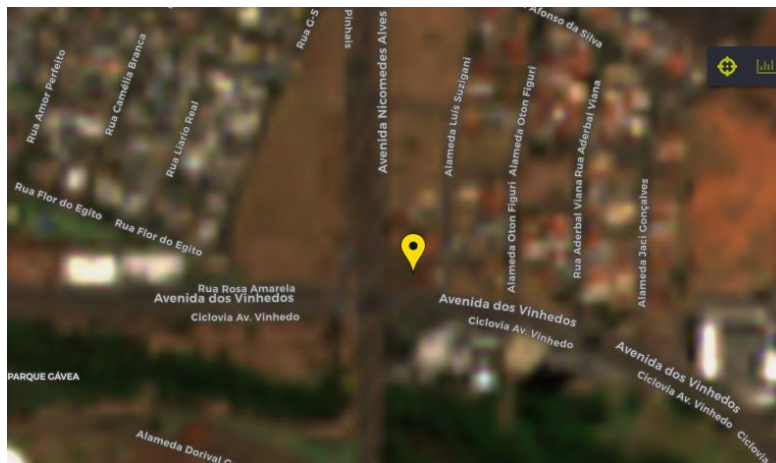


Imagem do dia 27/08/2020

INCÊNDIO 04

- 1) Data e hora: 09/07/2020 às 11h52min;
- 2) Escala: 1:10000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat:-18.94934, Lng:-48.25564;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 1,6 hectare;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: análise visual;
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: 4 hectares.

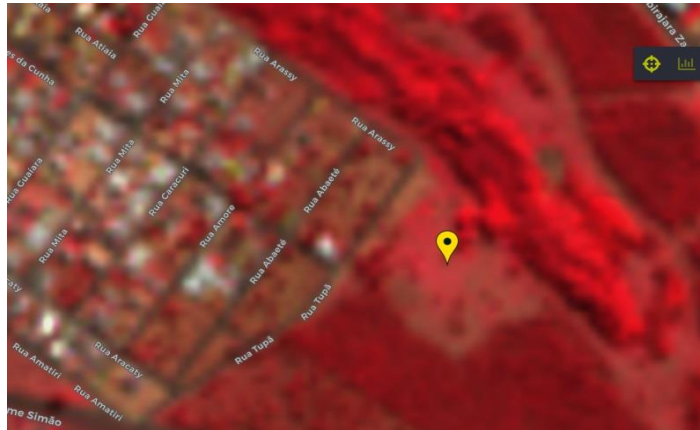


Imagem do dia 08/07/2020

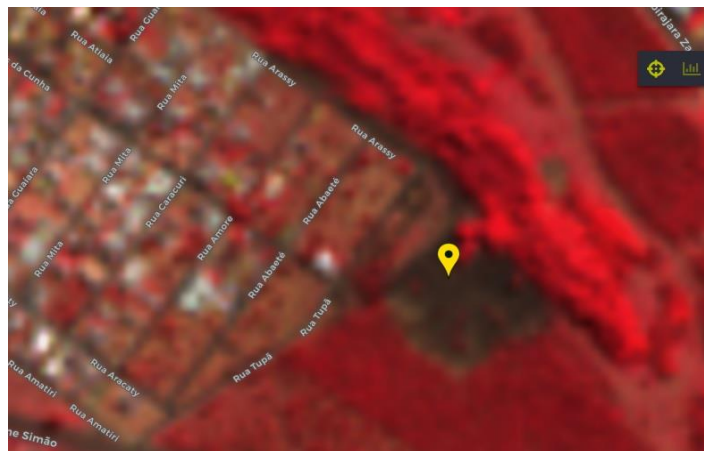
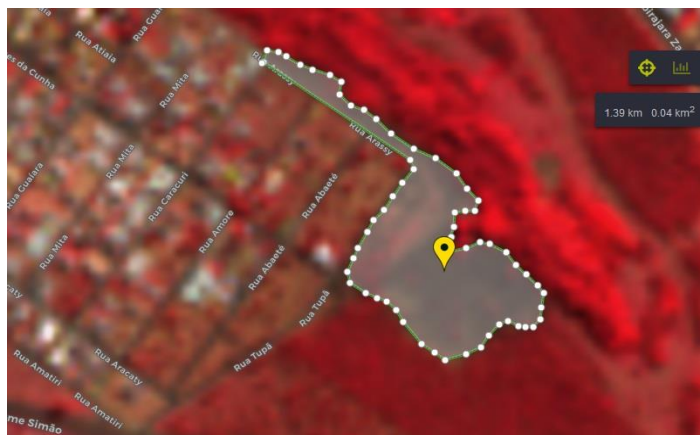


Imagem do dia 13/07/2020



Demarcação da cicatriz do incêndio com base na imagem do dia 13/07/2020

INCÊNDIO 05

- 1) Data e hora: 12/09/2020 às 14h10min;
- 2) Escala: 1:20000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat: -18.96342, Lng: -48.37632;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 4 hectares;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: Informação de terceiros (proprietário da área);
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: 6 hectares.



Imagem do dia 11/09/2020



Imagem do dia 16/09/2020



Demarcação da cicatriz do incêndio com base na imagem do dia 16/09/2020

INCÊNDIO 06

- 1) Data e hora: 28/09/2020 às 15h15min;
- 2) Escala: 1:10000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat -18.87175, Lng -48.31939;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 4 hectares;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: Análise visual;
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: 9 hectares.

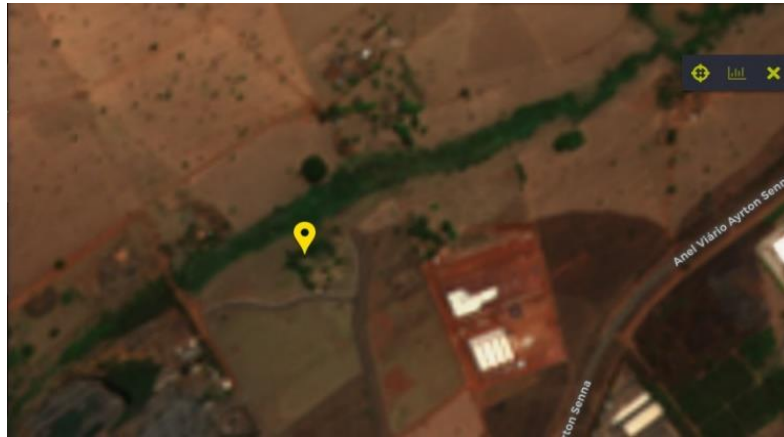


Imagem do dia 26/09/2020



Imagem do dia 01/10/2020



Demarcação da cicatriz do incêndio com base na imagem do dia 01/10/2020

INCÊNDIO 07

- 1) Data e hora: 28/09/2020 às 15h15min;
- 2) Escala: 1:10000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat -18.87175, Lng -48.31939;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 5 hectares;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: Análise visual;
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: 15 hectares.

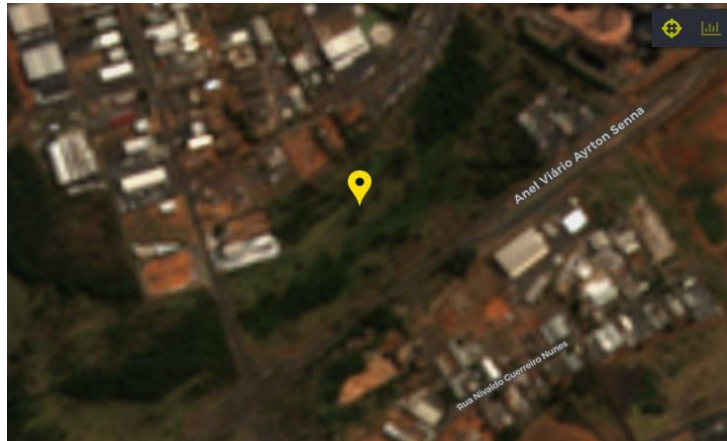


Imagem do dia 26/09/2020

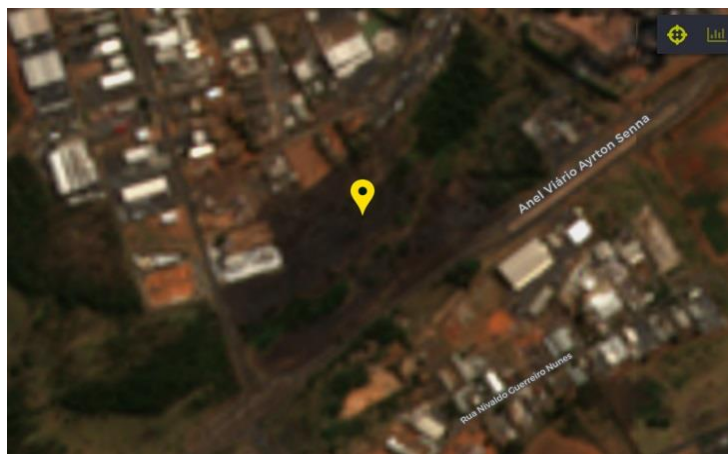


Imagem do dia 01/10/2020



Demarcação da cicatriz do incêndio com base na imagem do dia 01/10/2020

INCÊNDIO 08

- 1) Data e hora: 15/09/2020 às 12h53min;
- 2) Escala: 1:20000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat -18.90346, Lng -48.22665;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 9 hectares;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: Análise visual;
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: 14 hectares.

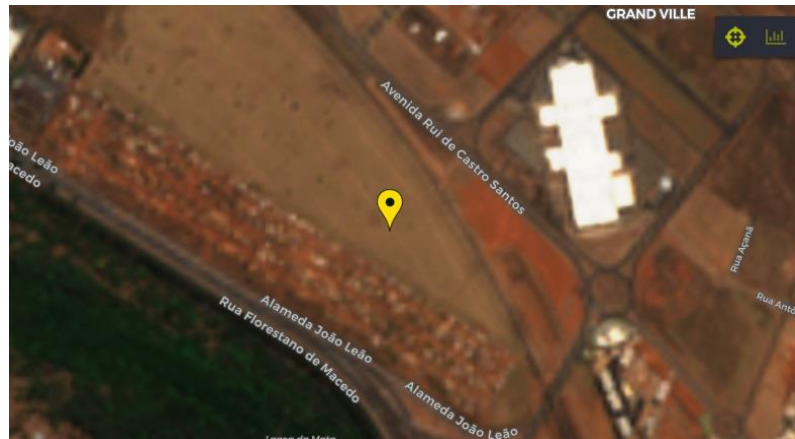


Imagem do dia 11/09/2020

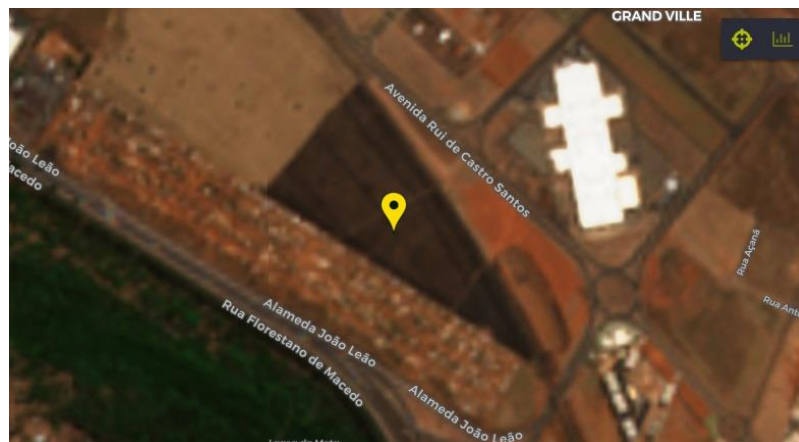
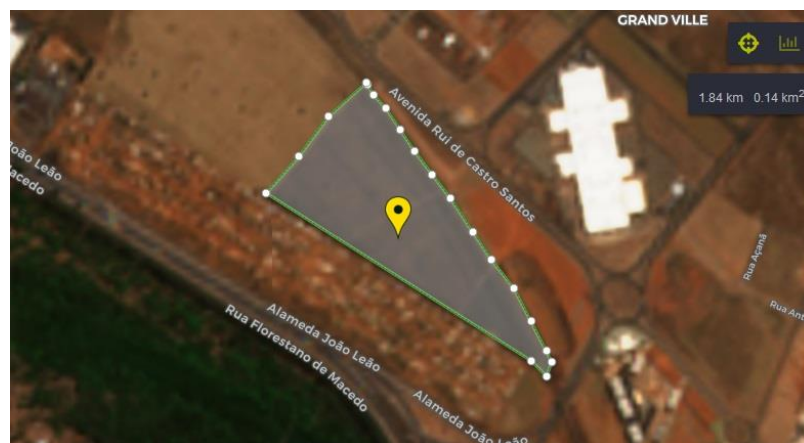


Imagem do dia 16/09/2020



Demarcação da cicatriz do incêndio com base na imagem do dia 16/09/2020

INCÊNDIO 09

- 1) Data e hora: 12/09/2020 às 13h32min;
- 2) Escala: 1:30000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat: -18.96095, Lng: -48.37574;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 40 hectares;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: Informação de terceiros (proprietário da fazenda);
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: 43 hectares.

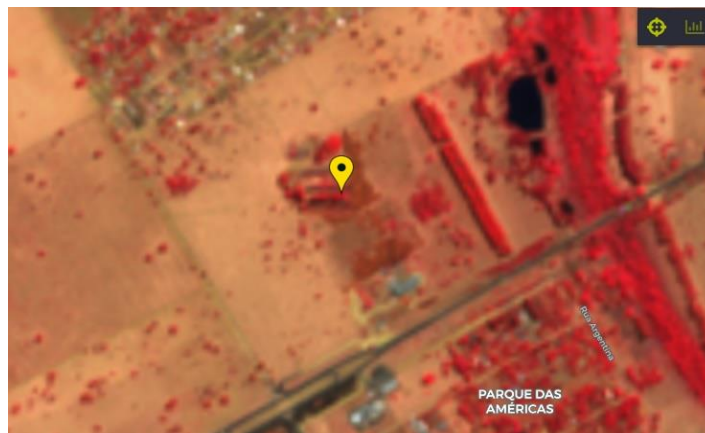


Imagem do dia 11/09/2020

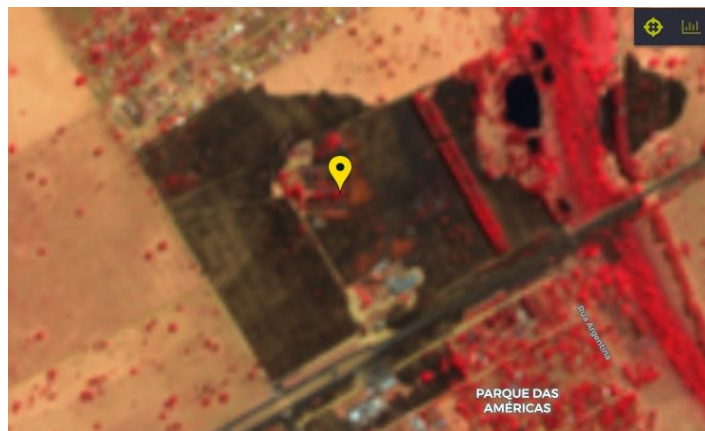


Imagem do dia 16/09/2020



Demarcação da cicatriz do incêndio com base na imagem do dia 16/09/2020

INCÊNDIO 10

- 1) Data e hora: 29/09/2020 às 11h15min;
- 2) Escala: 1:50000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat -18.85853, Lng -48.48481;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 50 hectares;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: Informação de terceiros (funcionário da fazenda);
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: 185 hectares.

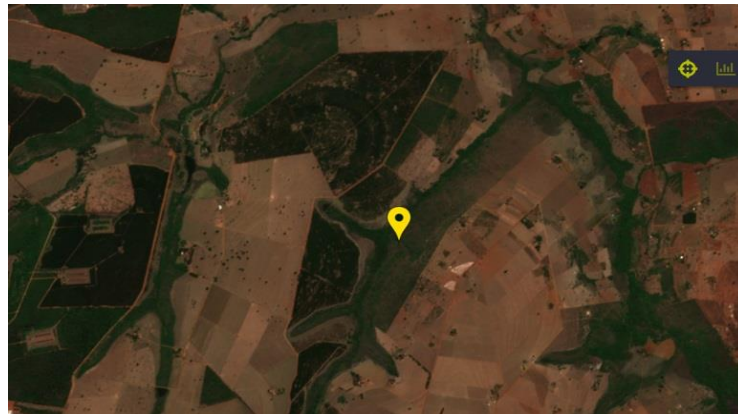


Imagem do dia 26/09/2020



Imagem do dia 01/10/2020



Demarcação da cicatriz do incêndio com base na imagem do dia 01/10/2020

INCÊNDIO 11

- 1) Data e hora: 12/09/2020 às 11h53min;
- 2) Escala: 1:30000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat -18.94493, Lng -48.35456;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 80 hectares;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: Informação de terceiros (proprietário da fazenda);
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: 62 hectares.



Imagem do dia 06/09/2020

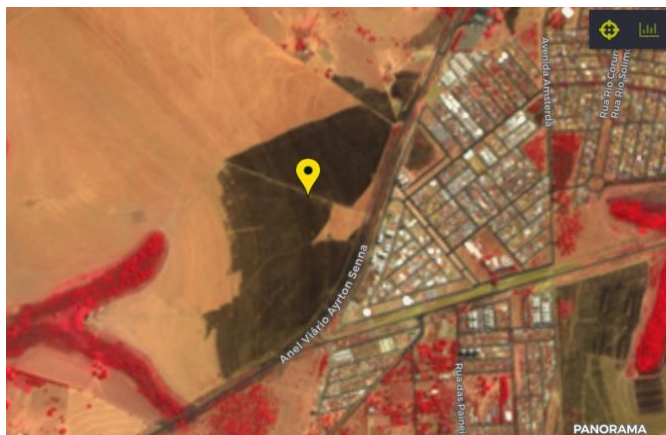


Imagem do dia 16/09/2020



Demarcação da cicatriz do incêndio com base na imagem do dia 16/09/2020

INCÊNDIO 12

- 1) Data e hora: 01/10/2020 às 10h39min;
- 2) Escala: 1:50000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat: -19.04115, Lng: -48.30445;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 200 hectares;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: Informação de terceiros;
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: 313 hectares.



Imagem do dia 26/09/2020



Imagem do dia 06/10/2020



Demarcação da cicatriz do incêndio com base na imagem do dia 06/10/2020

INCÊNDIO 13

- 1) Data e hora: 11/09/2020 às 11h50min;
- 2) Escala: 1:50000;
- 3) Coordenada dentro da cicatriz do incêndio: Lat: -18.96563, Lng: -48.19410;
- 4) Área queimada lançada no REDS: 500 hectares;
- 5) Método de medição utilizado para lançamento no REDS: Comparativo de imagem de satélite antes e após o incêndio;
- 6) Área queimada apurada com base na imagem de satélite após o incêndio: 472 hectares.



Imagem do dia 06/09/2020



Imagem do dia 16/09/2020



Demarcação da cicatriz do incêndio com base na imagem do dia 16/09/2020