

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL  
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DIRETORIA DE ENSINO  
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR  
“Coronel Osmar Alves Pinheiro”  
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS**

Cadete BM/2 FILIPY FERREIRA DE **MESQUITA**



**PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO DE COMBATE A  
INCÊNDIO SUBTERRÂNEO**

BRASÍLIA  
2022

Cadete BM/2 FILIPY FERREIRA DE **MESQUITA**

**PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO DE COMBATE A INCÊNDIO  
SUBTERRÂNEO**

Artigo científico apresentado à disciplina Trabalho de conclusão de curso como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Orientador: Maj. QOBM/Comb. **HUGO DA SILVA MELO**

BRASÍLIA  
2022

Cadete BM/2 FILIPY FERREIRA DE **MESQUITA**

**PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO DE COMBATE A INCÊNDIO  
SUBTERRÂNEO**

Artigo científico apresentado à disciplina  
Trabalho de conclusão de curso como  
requisito para conclusão do Curso de  
Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros  
Militar do Distrito Federal

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**CLAYSON AUGUSTO MARQUES FERNANDES** – Ten-Cel. QOBM/Comb.  
**Presidente**

---

**RAFAEL COSTA GUIMARÃES** – 1º Ten. QOBM/Compl.  
**Membro**

---

**ROMMEL SILVA MENDONÇA** – 1º Ten. QOBM/Comb.  
**Membro**

---

**HUGO DA SILVA MELO** – Maj. QOBM/Comb.  
**Orientador**

## RESUMO

Após onze anos desde o primeiro trabalho sobre incêndios subterrâneos no CBMDF, este trabalho retoma a temática tendo como principal objetivo a confecção de um Procedimento Operacional Padrão (POP). Para alcançar tal propósito, fez-se necessário a aquisição de conhecimento acerca do tema. Através de trabalho de campo no Distrito Federal, análises quantitativas de matéria orgânica e entrevistas, investigou-se as diversas fitofisionomias, do bioma Cerrado, e os tipos de solos associados aos incêndios subterrâneos. Com isto, tem-se a determinação de ambos, sendo que as fitofisionomias são sensíveis ao fogo, já os solos são possuidores de horizonte hístico (horizonte de coloração escura onde predominam características relacionadas ao elevado teor de matéria orgânica). Além das características ambientais, verificou-se, a partir de observações de campo, revisão bibliográfica e entrevista, que a ocorrência dos incêndios está vinculada ao processo de antropização, visto que a propagação do fogo subterrâneo depende diretamente do rebaixamento do nível freático nessas áreas naturalmente úmidas. A fim de contribuir nas ações de combate, com base em revisão bibliográfica e entrevista, propõe-se a utilização de novas tecnologias, posto que ficou comprovada a eficiência das câmeras térmicas, sejam elas manuais, acopladas em aeronaves pilotadas ou não. Por fim, constatou-se, mediante análises termogravimétricas, que a perda de solo devido ao aumento da temperatura, pode chegar a 68,03%. Além dos danos causados aos solos, ao visitar o instituto NEX e por meio de entrevistas, constatou-se que animais de grande porte também são prejudicados, inclusive de forma irreparável, podendo ser submetidos a queimaduras de 3° grau.

**Palavras-chave:** incêndio subterrâneo; procedimento operacional padrão (POP); fitofisionomias; solos; novas tecnologias.

# STANDARD OPERATING PROCEDURE FOR FIGHTING PEAT FIRE

## ABSTRACT

*After eleven years since the first work on peat fires at CBMDF, this work brings back the theme with the main purpose of creating a Standard Operating Procedure (SOP). To achieve this purpose, it was necessary to acquire knowledge on this subject. Through fieldwork in the Federal District, quantitative analysis of organic matter and interviews, the several phytophysionomies of the Cerrado biome and the types of soil associated with underground fires were investigated. Thus, there is the determination of both, being that phytophysionomies are sensitive to fire, and the soils have a histic horizon (dark colored horizon where characteristics relating to the high content of organic matter prevail). In addition to the environmental features, it was verified, from field observations, literature review and interview, that the occurrence of fires is linked to the anthropization process, since the propagation of underground fire depends directly on the lowering of the water table in these naturally humid areas. In order to contribute to combat actions, based on a bibliographic review and interview, it is proposed to use new technologies, once that the efficiency of thermal cameras, whether manual, coupled to piloted or not aircraft, has been proven. Finally, it was found out, through thermogravimetric analysis, that the loss of soil due to the increase in temperature can reach 68.03%. In addition to the damage caused to the soil, when visiting the NEX institute and through interviews, it was discovered that large animals are also harmed, even irreparably, and can be subjected to third-degree burns.*

**Keywords:** *underground fire; Standard Operating Procedure (SOP); phytophysionomies; soils; new technologies.*

## 1. INTRODUÇÃO

O fogo é um elemento poderoso e, ao mesmo tempo, perigoso que carece de cuidado e conhecimento. Em diferentes culturas, muitas são as histórias acerca da origem do fogo. De acordo com a mitologia grega, mais especificamente o Mito do Prometeu, aos animais irracionais foi dado alguns dons para que esses vivessem e povoassem a Terra, são eles: garras, nadadeiras, venenos, visão de longo alcance e outros. Prometeu, um dos titãs da mitologia grega, achava que, aos seres humanos, poderia dar algo a mais que pudesse colocá-los em vantagem com relação aos outros animais. Dessa forma, decidiu dar o fogo aos homens.

Para o físico Marcelo Gleiser (2006, p. 212), “O fogo tem uma natureza dual, sendo ao mesmo tempo perigoso e útil, belo e destruidor, mágico e intangível. A liberação de calor por materiais em combustão é a causa, em grande parte, da sobrevivência de nossa espécie”.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2021), não há dúvidas de que o Brasil, país com dimensões continentais, é privilegiado devido às suas riquezas naturais, de tal forma que, tratando-se de diversidade de fauna e flora, o país possui uma das maiores biodiversidades do mundo. Há cerca de 116.000 espécies animais e mais de 46.000 espécies vegetais conhecidas e espalhadas pelos seis biomas terrestres e três grandes ecossistemas marinhos.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) (2021) grande parte dessa biodiversidade terrestre se deve aos solos, sendo que estes são reconhecidos por terem a maior biodiversidade de organismos vivos.

Conforme ONU (2021), entre os diversos organismos presentes no solo destacam-se os decompositores, os quais realizam a reciclagem da matéria orgânica na cadeia alimentar, além disso, estes organismos decompõem ou limpam certos tipos de poluição, podendo converter poluentes em substâncias não tóxicas.

Para Sawyer *et al.* (2017), a região central do Brasil, mais especificamente o Bioma Cerrado, tem enfrentado um aumento repentino de sua população e, conseqüentemente, a degradação do meio ambiente. O crescimento populacional deve-se, primeiramente, à construção da nova capital, e, em

seguida, à inovação tecnológica que possibilitou a expansão do agronegócio na região. Nesse mesmo contexto, para Silva (2018, p. 438):

O Estado brasileiro intensificou sua centralidade no processo de expansão sobre o cerrado através de políticas de crédito, assistência técnica, política fundiária, entre outras formas de intervenção. Encontrou, nas práticas de fertilização - já com ampla participação do Estado e empresas privadas como a Manah S.A. na sua produção desde década de 1970 -, na monocultura e em grupos de migrantes em franca ascensão social, um apoio elementar para acelerar as transformações dos cerrados.

Juntamente com a expansão urbana e do agronegócio no Brasil, tem-se a problemática dos incêndios florestais. De acordo com Soares (2006, p. 42), “dados coletados por pesquisadores do Laboratório de incêndios florestais da UFPR, referentes ao período de 1998-2002, mostram que os incendiários se tornaram a principal causa de incêndios florestais no país, com mais de 60% das ocorrências”.

Para Soares e Batista (2007, p. 59), “Incêndio florestal é o termo utilizado para definir um fogo incontrolado que se propaga livremente e consome os diversos tipos de material combustível existentes em uma floresta”.

Com relação a sua classificação baseada no grau de envolvimento de cada estrato do combustível florestal, Schumacher e Dick (2018) classificam os incêndios florestais em: subterrâneo, superficial e de copa.

Os incêndios subterrâneos agem nas camadas de húmus ou turfa existentes sobre o solo mineral e abaixo do piso da floresta, os superficiais atuam no piso da floresta, logo queimam todo o material desde o piso até 1,80 metros de altura. Já os incêndios de copa propagam-se nas copas das árvores, ou seja, acima de 1,80 metros de altura (CBMSC, 2019, p. 29-30).

Segundo Medeiros (2011), os incêndios florestais subterrâneos também denominados incêndios subterrâneos ou incêndios de turfa tem contribuído bastante na destruição dos solos do Cerrado, sendo que, em diversas ocasiões, os estragos e transtornos causados por este tipo de incêndio são maiores que os dos incêndios florestais superficiais.

Para Schumacher e Dick (2018), tal fato ocorre, pois, além de danificar a microbiologia e, conseqüentemente, afetar a fertilidade dos solos, os incêndios subterrâneos queimam as raízes e contribuem nos processos erosivos.

No contexto do CBMDF, em seu trabalho Medeiros (2011, p.16) relata que:

Em 2010, o CBMDF atendeu 4 ocorrências de incêndio subterrâneo, também chamado de incêndio de turfa, nas seguintes localidades: Park Way, São Sebastião, Parque Nacional de Brasília e Planaltina-DF. Em consequência, foram empregados pessoal e equipamentos, os quais embora tenham sido eficazes, produziram uma sensação de muito tempo gasto.

Onze anos se passaram desde o primeiro trabalho realizado em incêndios subterrâneos no CBMDF, este foi realizado pelo, na época, Cap QOBM/Comb. Ronaldo Lima de Medeiros. Ao longo deste período, com a compra de câmeras térmicas e aeronaves remotamente pilotadas (ARP), houve um grande avanço tecnológico na corporação.

Nesse contexto, a problemática, bem como o objetivo geral da pesquisa gira em torno de responder a seguinte pergunta: **as ações de combate a incêndio subterrâneo, no âmbito do CBMDF, são baseadas em procedimentos padronizados e providas de novas tecnologias?**

Para analisar se as ações de combate a incêndio subterrâneo, adotadas pelo CBMDF, são baseadas em procedimentos padronizados e providas de tecnologia, o trabalho desenvolver-se-á por meio de etapas previstas, ou seja, desdobramentos do objetivo geral. Em outras palavras, com o intuito de alcançar o objetivo geral, elaborou-se cinco objetivos específicos para a pesquisa, são eles:

- a) Analisar os dispositivos normativos acerca dos incêndios subterrâneos no CBMDF.
- b) Descrever a utilização de novas tecnologias nas ocorrências de combate a incêndio subterrâneo.
- c) Indicar possíveis particularidades, ambientes e locais de ocorrência de incêndios subterrâneos no Distrito Federal (DF).
- d) Apresentar danos ambientais causados pelos incêndios subterrâneos.
- e) Confeccionar um Procedimento Operacional Padrão (POP) de combate a incêndio subterrâneo.

Visando atender os objetivos específicos propostos, a metodologia adotada, para os objetivos a e b, será composta por pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e entrevista. Já para o objetivo c e d, além dos

procedimentos já citados, serão realizados trabalhos de campo e visita técnica.

Dessa forma, com as entrevistas e os trabalhos de campo, busca-se um entendimento maior sobre a utilização de novas tecnologias, as possíveis particularidades, ambientes e locais de ocorrência, bem como os danos ambientais causados pelos incêndios subterrâneos. Portanto, os entrevistados serão indivíduos com conhecimento na área de incêndio florestal, proteção ambiental, tecnologia e Ciências Exatas e da Terra.

Tendo como quesitos os objetivos específicos, ao **analisar se as ações de combate a incêndio subterrâneo, no âmbito do CBMDF, são baseadas em procedimentos padronizados e providas de novas tecnologias**, o trabalho pretende confeccionar um Procedimento Operacional Padrão (POP) para as ocorrências de combate a incêndio subterrâneo. Para Medeiros (2010), o Procedimento Operacional Padrão é:

Uma metodologia de auxílio aos colaboradores e serve de um guia de como fazer, por isso ele ajuda a organização a dirigir suas atividades para que chegue a seus objetivos diminuindo o tempo e evitando custos desnecessários. Além do que os subordinados podem tomar as decisões dentro dos limites colocados pela Administração.

Ademais, para Medeiros (2010), no caso de falta ou período de férias, outros indivíduos poderão exercer as tarefas, visto que estas estão detalhadas no POP.

É importante frisar que a presente pesquisa está plenamente de acordo com o objetivo estratégico número 10 do Plano Estratégico 2017-2024 do CBMDF. Este tem como finalidade “desenvolver pesquisa e a gestão do conhecimento” (CBMDF, 2017, p. 22). Deste modo, há um alinhamento entre o trabalho e o interesse institucional.

Com relação à organização do trabalho, optou-se por dividi-lo em cinco capítulos, são eles: introdução, revisão de literatura, metodologia, resultados e discussão e considerações finais.

A revisão de literatura está subdividida nos seguintes capítulos: Solos, incêndios subterrâneos, novas tecnologias e custos naturais e humanos advindos dos incêndios subterrâneos. Já o capítulo de resultados e discussão foi dividido conforme os objetivos específicos, logo optou-se por subdividi-lo em: análise dos dispositivos normativos acerca dos incêndios subterrâneos no

CBMDF; descrição da utilização de novas tecnologias nas ocorrências de combate a incêndio subterrâneo; indicação de possíveis particularidades, ambientes e locais de ocorrência de incêndios subterrâneos no Distrito Federal; apresentação de possíveis danos ambientais causados pelos incêndios subterrâneos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Almeida (2012, p. 43) define revisão de literatura como:

parte fundamental de um processo de organização de informações sobre determinado assunto que servirá de suporte para direcionar projetos de pesquisa e amparar o pesquisador ou relator de um determinado documento científico; ou parte casual nas suas discussões e suas conclusões sobre determinado assunto a ser pesquisado. É a primeira ação concreta na construção de um documento ou projeto que será estudado e transformado em um produto de disseminação de ideias, conceitos e relatos de experiência.

Realizou-se a obtenção de informações por meio de pesquisas bibliográficas, documentais e levantamentos. As pesquisas bibliográficas foram efetuadas, em sua grande maioria, nas publicações científicas, nos livros e manuais. As fontes são diversas, incluindo os recentes trabalhos apresentados no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais Combatentes do CBMDF.

Já as pesquisas documentais basearam-se em publicações institucionais do CBMDF, tais como: Relatórios da Operação Verde Vivo e Plano Estratégico 2017 – 2024 do CBMDF. Além do CBMDF, documentos de outros órgãos também foram mencionados, são eles: Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e Ministério do Meio Ambiente (MMA). No geral, utilizou-se de diversas leis, normas e portarias, sendo que algumas foram inclusive mencionadas no trabalho.

Por se tratar de um tema interdisciplinar, ou seja, que estabelece relações entre dois ou mais ramos do conhecimento, como já foi dito, optou-se por dividir a revisão de literatura em itens. Estes estão em conformidade com os objetivos elencados. Sendo assim, os itens abordados na revisão de literatura são: solos, incêndios subterrâneos, novas tecnologias e, por fim, custos naturais e humanos advindos dos incêndios subterrâneos.

### 2.1. Solos.

Conforme a Norma Brasileira 6502 (ABNT, 1995), o solo é um material proveniente da decomposição das rochas pela ação de agente físicos ou químicos, podendo ou não ter matéria orgânica, ou simplesmente, produto da decomposição e desintegração da rocha pela ação de agentes atmosféricos. De

acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2018, p. 27):

Os solos que classificamos é uma coleção de corpos naturais constituídas por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicas, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e terem sido modificados por interferência antrópica.

De um modo geral, preocupa-se muito com os recursos naturais, principalmente com a água, porém há um esquecimento com relação aos solos. Bernardi (2020) afirma que:

Muitas pessoas ainda não conhecem ou percebem a importância dos solos, e não sabem os riscos que correm se este recurso não for conservado. Para começar, o solo é um recurso natural não renovável. Ou seja, o solo que estamos perdendo por erosão, desertificação ou salinização não recuperamos mais, pois o processo de formação do solo é muito lento.

Apesar da falta de conhecimento, é importante mencionar que os solos, devido às suas diversas características e peculiaridades, possuem um sistema de classificação próprio. Ademais, por terem grande importância ecológica, alguns são protegidos por leis.

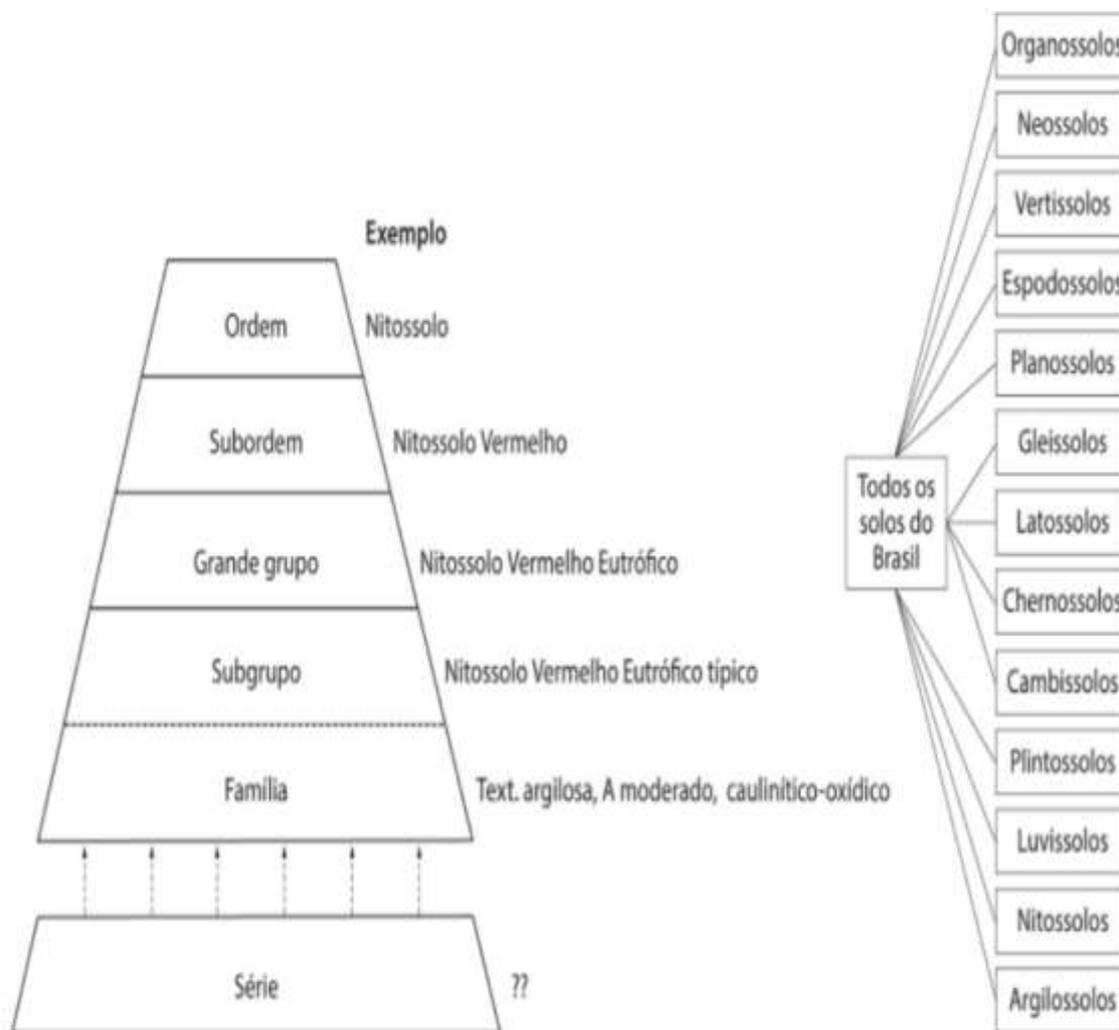
### **2.1.1 Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**

Os solos no Brasil são categorizados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Este, além de categorizar os solos do país, tem como objetivo dar a eles nomes científicos, elaborar legendas para mapas, bem como definir testes físicos e químicos que serão utilizados para classificá-los. O Centro Nacional de Pesquisas em Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPS/EMBRAPA) é o órgão responsável pela gestão do SiBCS, sendo que grande parte da base de dados é adquirida em campo por meio de levantamentos pedológicos.

O SiBCS foi estruturado em seis níveis, são eles: Ordem, Subordem, Grande Grupo, Subgrupo, Família e Série. Vale ressaltar que, até a última versão publicada em 2018, apenas classes dos quatro primeiros níveis categóricos

foram definidas, sendo que as famílias estão com definições de teste e as séries não foram definidas (figura 1).

**Figura 1 – À esquerda, estrutura da hierarquização do atual SiBCS. À direita, treze ordens presentes no SiBCS.**



Fonte: Lepsch (2021).

Segundo o SiBCS, o número de classes aumenta de 13 para 44 da categoria taxonômica de ordem para subordem, e de 198 para 861 quando se refere aos grupos e subgrupos. Sendo assim, o território brasileiro apresenta diversas classes de solos, sendo que os critérios de classificação se baseiam na presença ou não de horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais (figura 2).

**Figura 2 – Definições simplificadas dos principais horizontes e atributos diagnósticos.**

| Nome   | Resumo dos atributos mais notáveis  |
|--|---|
| <b>Horizontes diagnósticos superficiais</b>    |   |
| Hístico  | Essencialmente orgânico, com até 40 cm de espessura   |
| A chernozêmico                                 | Mineral superficial muito espesso (mais de 25 cm), escuro e rico em húmus e cálcio  |
| A proeminente                                  | Mineral superficial, também escuro e espesso (entre 25 cm e 75 cm), com baixos teores de cálcio   |
| A húmico                                       | Semelhante ao A proeminente, porém mais espesso (mais de 75 cm)   |
| A antrópico                                    | Muito modificado pelo uso contínuo do solo pelo homem   |
| A moderado                                     | O mais comum, sem destaques (que não se enquadra nas definições dos anteriores)   |
| <b>Horizontes diagnósticos subsuperficiais</b> |   |
| B textural                                     | Com acúmulo de argila iluvial (removida do A e E)   |
| B plânico                                      | Tipo especial de B textural adensado com mudança textural abrupta   |
| B nítico                                       | Sem aumento de argila e com estrutura em blocos e com nitidas superfícies brilhantes  |
| B latossólico                                  | Muito intemperizado com acúmulo residual de óxidos e sem aumento de argila  |
| B incipiente                                   | Pouco desenvolvido e/ou parcialmente intemperizado  |
| B espódico                                     | Com acúmulo iluvial de húmus e/ou ferro e alumínio  |
| Vértico  | Horizonte (B ou C) com rachaduras e superfícies de fricção, típicas de argilas expansivas   |
| Plintico                                       | Com mais de 50% de plintita (ou "laterita" não endurecida)  |
| Concrecionário                                 | Com mais de 50% de petroplintita (ou "laterita" endurecida) na forma de concreções  |
| Litoplintico                                   | Com mais de 50% de petroplintita consolidada (ou "laterita" endurecida) e cimentada   |
| Glei   | Acinzentado, fortemente influenciado pelo excesso d'água  |
| Plânico  | Tipo especial de horizonte Bt, adensado e com mudança textural abrupta  |
| <b>Alguns atributos diagnósticos</b>           |   |
| Atividade da fração argila                     | Refere-se à CTC da argila. Atividade alta (Ta): valor igual ou superior a 27 cmol <sub>c</sub> /kg de argila; atividade baixa (Tb): valor inferior a 27 cmol <sub>c</sub> /kg de argila                     |
| Saturação por bases                            | Refere-se à proporção de cátions básicos em relação à CTC. Se maior ou igual a 50%, caracteriza solos eutróficos, e se menor que 50%, solos distróficos   |
| Caráter ácido                                  | Refere-se a solos extremamente intemperizados (com soma de bases trocáveis mais Al igual ou inferior a 1,5 cmol <sub>c</sub> /kg de argila e pH KCl igual ou superior a 5,0), com delta pH positivo ou nulo |
| Mudança textural abrupta                       | Considerável aumento do teor de argila dentro de pequena distância na zona de transição do horizonte A ou E e o horizonte B   |
| Caráter coeso                                  | Usado para distinguir solos com horizontes subsuperficiais adensados  |
| Caráter ebânico                                | Diz respeito à predominância de cores escuras na maior parte do horizonte diagnóstico subsuperficial  |
| Caráter flúvico                                | Usado para solos com influência de sedimentos aluviais  |

Fonte: Lepsch (2021).

Dentre os diversos horizontes, destaca-se o horizonte hístico e o horizonte glei. Conforme o SiBCS (EMBRAPA, 2018, p. 49), o horizonte hístico é:

Um tipo de horizonte de coloração preta, cinzenta muito escura ou brunada em que predominam características relacionadas ao elevado teor de matéria orgânica. É resultante de acumulações de resíduos vegetais, em graus variáveis de decomposição, depositados superficialmente, ainda que, no presente, possa encontrar-se recoberto por horizontes ou depósitos minerais e mesmo camadas orgânicas mais recentes.

Para EMBRAPA (2013, p. 49), o horizonte hístico pode ser formado sob 2 condições, são elas: excesso de água, por longos períodos ou por todo o ano, mesmo que, atualmente tenha sido artificialmente drenado (horizonte H), e em condições de drenagem livre (horizonte O), sem estagnação de água, condicionados pelo clima úmido, frio e de vegetação de alta montanha.

Já o horizonte glei, segundo SiBCS (EMBRAPA, 2018, p. 69), trata-se de:

Um horizonte mineral subsuperficial ou eventualmente superficial, com espessura de 15 cm ou mais, caracterizado por redução de ferro e prevalência do estado reduzido, no todo ou em parte, devido principalmente à água estagnada, como evidenciado por cores neutras ou próximas de neutras na matriz do horizonte, com ou sem mosqueados de cores mais vivas. Trata-se de horizonte fortemente influenciado pelo lençol freático e por regime de umidade redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica.

Percebe-se que a variação do lençol freático, bem como a estagnação (hidromorfismo) influenciam bastante nos fatores químicos, físicos, químicos e biológicos atuantes na pedogênese. Sendo que, dentre as 13 ordens de solos presentes no território brasileiro, sete podem apresentar algum grau de hidromorfismo (figura 3).

**Figura 3 – Das treze ordens de solo, sete podem apresentar condições de hidromorfismo (realçadas em amarelo com destaque para os Organossolos).**

| Nomenclatura        | Etimologia   | Características associadas                         |
|---------------------|--|--|
| ARGISSOLOS          | Do latim <i>argilla</i> , conotando solos com processo de acumulação de argila.  | Horizonte B textural                               |
| <b>CAMBISSOLOS</b>  | Do latim <i>cambiare</i> , trocar; conotativo de solos em formação (transformação).  | <b>Horizonte B incipiente</b>                      |
| CHERNOSSOLOS        | Do russo <i>chern</i> , negro; conotativo de solos ricos em matéria orgânica, com coloração escura.  | A chernozêmico. Preto, rico em bases               |
| <b>ESPODOSSOLOS</b> | Do grego <i>spodos</i> , cinza vegetal, solos com horizonte de acumulação de materiais orgânicos e outros.   | <b>Horizonte B espódico</b>                        |
| <b>GLEISSOLOS</b>   | Do russo <i>gley</i> , massa de solo pastosa; conotativo de excesso de água.   | <b>Horizonte glei</b>                              |
| LATOSSOLOS          | Do latim <i>lat</i> , material altamente alterado (tijolo); conotativo de elevado conteúdo de sesquióxidos.  | Horizonte B latossólico                            |
| LUVISSOLOS          | Do latim <i>luere</i> , lavar; conotativo de acumulação de argila.   | Saturado. Acumulação de argila Ta (alta atividade) |
| <b>NEOSSOLOS</b>    | Do grego <i>néos</i> , novo, moderno; conotativo de solos jovens, em início de formação.   | <b>Pequeno desenvolvimento</b>                     |
| NITOSSOLOS          | Do latim <i>nitidus</i> , brilhante; conotativo de superfícies brilhantes em unidades estruturais.   | Horizonte B nítico                                 |
| <b>ORGANOSSOLOS</b> | Do grego <i>organikós</i> , pertinente ou próprio dos compostos de carbono. Conotativo de solos de constituição orgânica, ambientes de grande umidade. | <b>Horizonte H ou O histico</b>                    |
| <b>PLANOSSOLOS</b>  | Do latim <i>planus</i> , plano, horizontal; conotativo de solos desenvolvidos com encharcamento superficial estacional.                                | <b>Horizonte B plânico</b>                         |
| <b>PLINTOSSOLOS</b> | Do grego <i>plinthos</i> , ladrilho; conotativo de materiais argilosos, coloridos, que endurecem quando expostos.                                      | <b>Horizonte plintico</b>                          |
| VERTISSOLOS         | Do latim <i>vertere</i> ; conotativo de movimento na superfície do solo (expansão/contração).  | Horizonte vértico                                  |

Fonte: EMBRAPA (2013).

De acordo com Queiroz (2015), das sete ordens de solos, quatro são diferenciadas por apresentarem, em seu atual estágio de evolução, um elevado grau de hidromorfismo, são elas: organossolos, gleissolos, espodossolos e neossolos.

Ainda de acordo com Queiroz (2015), as que mais se destacam, por terem o elevado grau de hidromorfismo, como uma característica generalizada, são os organossolos e os gleissolos. Tais solos, além do hidromorfismo, são caracterizados pela presença dos horizontes hístico e glei, ou seja, uma espessa camada de matéria orgânica e uma camada acinzentada (gleizada), resultante de ambiente de oxirredução.

No caso dos organossolos, solos podendo conter horizonte hístico com mais de quarenta centímetros de espessura, o material orgânico pode ser classificado em: fíbrico, hêmico e sáprico (EMBRAPA, 2018).

No geral, o material fíbrico é facilmente identificável como de origem vegetal e tem 40% ou mais de fibras esfregadas por volume do material orgânico. O hêmico é constituído por material orgânico em estágio intermediário de decomposição e o teor de fibra varia de 17 a 40%. Já o material sáprico encontra-se em estágio de decomposição avançado, logo tem o menor conteúdo de fibras (menor que 17%). Além disso, possui a mais alta densidade e a menor capacidade de retenção de água no estado de saturação (EMBRAPA, 2018).

Com relação aos espodossolos e neossolos, para Queiroz (2015, p. 83), “o elevado grau de hidromorfismo consta registrado no terceiro nível categórico (grandes grupos: hidromórficos e hidro-hiperespessos)”. Vale ressaltar que, apesar de não ser uma característica intrínseca a estes solos, o horizonte hístico pode estar presente em ambos.

Em suma, os solos com elevado grau de hidromorfismo são: organossolos, gleissolos, neossolos (quartzarênicos hidromórficos) e espodossolos (humilúvicos hidro-hiperespessos, humilúvicos hidromórficos, ferrilúvicos hidro-hiperespessos, ferrilúvicos hidromórficos, ferri-humilúvicos hidro-hiperespessos e ferri-humilúvicos hidromórficos).

Além disso, como já foi dito, percebe-se uma correlação entre os solos hidromórficos e a presença de matéria orgânica, haja visto que os solos com elevado grau de hidromorfismo apresentam ou podem apresentar horizonte hístico.

### 2.1.2 Contexto ambiental e proteção prevista

Solos hidromórficos são comumente encontrados em associação visto que, de acordo com Reatto (2004, p. 14), esses solos ocupam geralmente as depressões das paisagens que estão sujeitas às inundações. Além de compartilharem o mesmo ambiente, devido às suas particularidades, principalmente ligadas à umidade e condições químicas, os solos hidromórficos apresentam espécies vegetais específicas e intrínsecas a esses ambientes.

Para Silva Neto (2010, p. 3), os solos hidromórficos integram ecossistemas intermediários entre terras altas e os ecossistemas aquáticos, logo apresentam relevância ambiental, pela conservação de recursos hídricos e pela manutenção da fauna e flora. Ressalta ainda que a especificidade de alguns ambientes, como no caso os solos orgânicos, os torna relevantes para o manejo e conservação.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2007, p. 232), por meio do manual técnico de pedologia, relaciona a ocorrência de veredas e, conseqüentemente, “plantas indicadoras” como buriti, açaí e capim redondo à solos hidromórficos (figura 4).

**Figura 4 – Principais “plantas indicadoras” endêmicas no Brasil.**

| Nome vulgar      | Nome científico                         | Regiões de maior ocorrência                           | Ambientes e/ou solos associados   |
|------------------|---|---|---|
| Açaí             | <i>Euterpe oleracea</i>                 | Centro-Oeste e Região Amazônica                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solos hidromórficos em geral (Várzeas, Veredas)</li> <li>• Ambientes de elevada umidade, geralmente planícies de inundação de rios e córregos (Florestas-de-galeria e Aluviais)</li> </ul> |
| Buriti           | <i>Mauritia flexuosa</i>                | Centro-Oeste, Norte, Meio-Norte e Sudeste (São Paulo) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solos hidromórficos em geral (Várzeas, Veredas)</li> <li>• Ambientes de elevada umidade, geralmente planícies de inundação de rios e córregos (Florestas-de-galeria e Aluviais)</li> </ul> |
| Capim redondo    | <i>Rinchorstora globosa</i> (Ciperácea) | Centro-Oeste – Norte – Nordeste                       | <p>Ambientes de grande umidade (veredas tropicais)</p> <p>Solos Hidromórficos</p>   |
| Aninga (arbusto) | <i>Montrcardia sp.</i>                  | Região Amazônica e região costeira úmida do Nordeste  | Solos hidromórficos com matéria orgânica elevada (ORGANOSSOLOS, GLEISSOLOS)   |

Fonte: Modificado de IBGE (2007).

A correlação de áreas úmidas com solos em condições de hidromorfismo é tão contundente que Queiroz (2015) propõe a utilização desses solos como critério identificador dessas áreas. De acordo com Queiroz (2015, p. 65):

Esse critério identificador de áreas úmidas já vem sendo empregado em estudos técnicos ou acadêmicos, quando “as manchas de umidade” são delineadas por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto na manipulação de imagens orbitais ou de fotografias aéreas. Em todos os casos de determinação espacial de feições hídricas, julga-se fundamental a validação em campo (e eventualmente em laboratório) de sua ocorrência. Os critérios de identificação são, assim, fundamentos orientadores para sua verificação espacial e delimitação.

Em termos de proteção, os solos hidromórficos, mesmo que de forma indireta, têm proteção prevista. Tal proteção é realizada principalmente por meio de Áreas de Proteção Permanente (APPs).

Estas áreas, de acordo com a Lei 12.651 ou Lei Florestal (BRASIL, 2012), são resguardadas com a função ambiental de: preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, além de facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Vale ressaltar que podem ser ou não cobertas por vegetação nativa.

Há previsão para demarcação de APPs em ambientes com nascentes, veredas e áreas úmidas, porém de maneira personalizada. No caso das nascentes, a Lei florestal (BRASIL, 2012, grifo nosso) relata que são consideradas APPs:

IV - As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

[...]

§ 1º A supressão de vegetação nativa protetora de **nascentes**, dunas e restingas somente poderá ser autorizada em caso de **utilidade pública**.

Com relação as veredas, de acordo com Brasil (2012, grifo nosso), as APPs podem ocorrer em dois casos:

Art. 4º Consideram-se Áreas de Preservação Permanente - APP: XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

[...]

Art. 6º Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de **interesse social** por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades: II - proteger as restingas ou **veredas**; III - proteger várzeas.

Por fim, de acordo com a mesma Lei (BRASIL, 2012, grifo nosso):

Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades: proteger **áreas úmidas**, especialmente as de importância internacional.

Vale salientar que além do termo genérico (áreas úmidas) a Lei 12.651/2012 aborda ambientes úmidos de maneira individualizada, como é o caso dos pantanais e planícies pantaneiras. Para Brasil (2012, grifo nosso):

Nos **pantanais e planícies pantaneiras**, é permitida a exploração ecologicamente sustentável, devendo-se considerar as recomendações técnicas dos órgãos oficiais de pesquisa, ficando novas supressões de vegetação nativa para uso alternativo do solo condicionadas à autorização do órgão estadual do meio ambiente, com base nas recomendações mencionadas neste artigo. (Redação dada pela Lei nº12.727, de 2012).

Dessa forma, entende-se que, mesmo não sendo expressamente dito, os solos com elevado grau de hidromorfismo estão compreendidos dentro de um arcabouço de proteção.

É importante salientar que tal proteção não se dá apenas pela Lei florestal brasileira (12.651/2012), mas é integrada com outras políticas, como: a dos recursos hídricos, das unidades de conservação e da diversidade biológica (QUEIROZ, 2015).

Apesar da proteção prevista em diversas políticas, tais solos e áreas são constantemente ameaçadas, inclusive por incêndios, mais especificamente os subterrâneos. Em 2020, no maior incêndio em décadas do Pantanal, de acordo com Pivello *et al.* (2021), os incêndios subterrâneos causaram grande destruição devido às suas complexidades e grande capacidade de reignição.

A partir do conhecimento empírico e cotidiano dos combatentes florestais do CBMDF, tem-se a informação de que é anual a ocorrência dos incêndios subterrâneos, sendo que os locais são, em regra, os mesmos. Segundo o Major Eduardo Luiz Gomes (CONFERÊNCIA NACIONAL DE MUNICÍPIOS, 2013), em

meados de 2010, um incêndio subterrâneo no Distrito Federal chegou a durar 40 dias.

Ressalta-se que, no contexto do Distrito Federal, de acordo com a Lei 12.086 (BRASIL, 2009), cabe ao Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF), mais especificamente ao Grupamento de Proteção Ambiental (GPRAM), o cumprimento das atividades e missões relativas à prevenção e combate aos incêndios florestais. Logo, nota-se que a corporação tem responsabilidade jurídica no que se refere à proteção dessas áreas, mais especificamente desses solos.

## **2.2. Incêndios subterrâneos.**

Como foi visto, por se tratar de um recurso não renovável e com um processo de formação lento nota-se a importância de reconhecer os possíveis danos causados aos solos, bem como os agentes causadores.

Apesar da necessidade, Pivello *et al.* (2021) afirmam que os incêndios subterrâneos, um dos agentes causadores de danos aos solos, são ainda pouco conhecidos e são raros os estudos no Brasil.

Conforme o Manual de Capacitação em Combate a Incêndio Florestal do Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina – CBMSC (2019, p. 32-33):

Danos ao solo: devemos ressaltar que os danos ao solo são particularmente mais severos de acordo com a intensidade e frequência dos incêndios. Portanto os incêndios florestais geralmente causam grandes danos ao solo, principalmente às suas propriedades físicas. A destruição da cobertura orgânica do solo, expondo-o diretamente às intempéries, provoca grandes modificações em suas propriedades físicas, particularmente porosidade e penetrabilidade, além de expor totalmente o solo à ação dos agentes causadores de erosão.

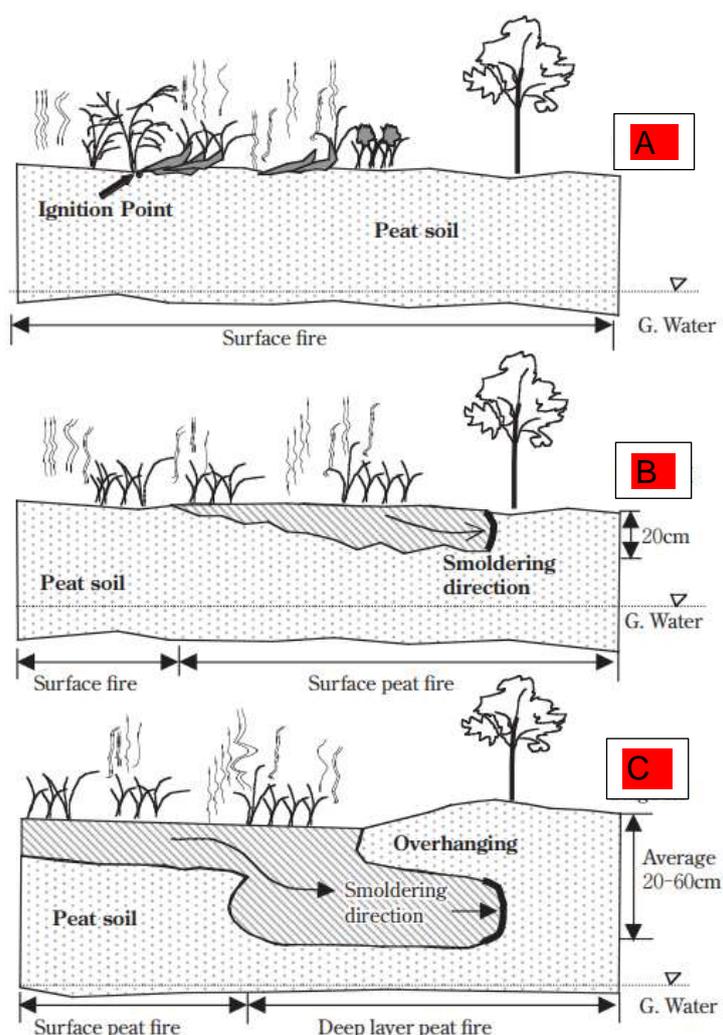
De acordo com Manual de Capacitação em Combate a Incêndio Florestal do Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina – CBMSC (2019), o combustível dos incêndios subterrâneos são solos de turfa, ou seja, áreas com grande acúmulo de material vegetal morto.

Uma característica importante desse tipo de incêndio é a capacidade de se transformar em outros tipos de incêndio, superficial e de copas, à medida que o fogo encontra outros tipos de combustível no seu caminho (CBMSC, 2019).

Na subsuperfície do solo, os incêndios subterrâneos queimam verticalmente e lateralmente. O processo da queima é mais intenso em profundidades maiores, uma vez que o produto da queima inferior sobe e ocupa o espaço do oxigênio próximo à superfície. Logo, não há comburente suficiente próximo à superfície (CHISTJAKOV, 1983).

Em seus estudos, Usup *et al.* (2004) constatou três fases de propagação dos incêndios subterrâneos (figura 5). Na primeira fase (figura 5A), o incêndio de superfície atinge uma temperatura crítica levando a ignição da matéria orgânica. Na segunda fase (figura 5B), o incêndio na matéria orgânica superficial (primeiros 20 centímetros) se prolifera independentemente do incêndio superficial. Já na terceira fase (figura 5C), o incêndio profundo (de até 60 centímetros) começa a se propagar sem necessariamente chegar à superfície.

**Figura 5 – As três fases do incêndio subterrâneo. A: fase 1; B: fase 2 e C: fase 3.**



Fonte: Usup *et al.* (2004)

Para Usup *et al.* (2004), o incêndio subterrâneo é o que mais se destaca em termos de complexidade, ausência de informação e prejuízos a fauna e flora, de modo que, para Medeiros (2011) tais eventos causam a esterilização de áreas úmidas que pertencem ao bioma do Cerrado, estas, por sua vez, são regiões sensíveis e de alta relevância para o ecossistema local e preservação do ciclo hidrológico.

Nesse contexto, Ryan e Noste (1985) propõem uma escala de severidade levando em consideração a destruição da vegetação e do horizonte hístico (tabela 1). Vale enfatizar que, para Pausas (2012), a severidade do incêndio é o grau de dano causado pelo fogo.

**Tabela 1 – Severidade do fogo considerando os combustíveis consumidos e os efeitos. (Adaptado de Lozano e Jiménez-Pinilla, 2013).**

| <b>SEVERIDADE DO FOGO</b> | <b>DESCRIÇÃO</b>   |
|---------------------------|--|
| NÃO QUEIMADO              | Não se verifica alteração do solo e da vegetação provocada por efeitos do fogo.  |
| CHAMUSCADO                | Plantas intactas mas com perda de algumas folhas por radiação calorífica.  |
| POUCO QUEIMADO            | Copas das árvores com folhas verdes mas com ramos queimados;<br>Vegetação rasteira, ervas e musgos carbonizados ou consumidos;<br>Horizonte O do solo intacto, ou parcialmente afetado nos primeiros milímetros. |
| MODERADO OU SEVERO        | Árvores com parte das copas destruídas, mas com folhas não consumidas;<br>Ramos finos mortos na superfície do solo e troncos queimados;<br>Horizonte O do solo quase consumido.                                  |
| MUITO SEVERO              | Copas das árvores mortas e folhas consumidas;<br>Horizonte O do solo completamente inapto;<br>Deposição de cinzas brancas e matéria orgânica carbonizada a vários centímetros de profundidade.                   |

Fonte: Rocha (2016).

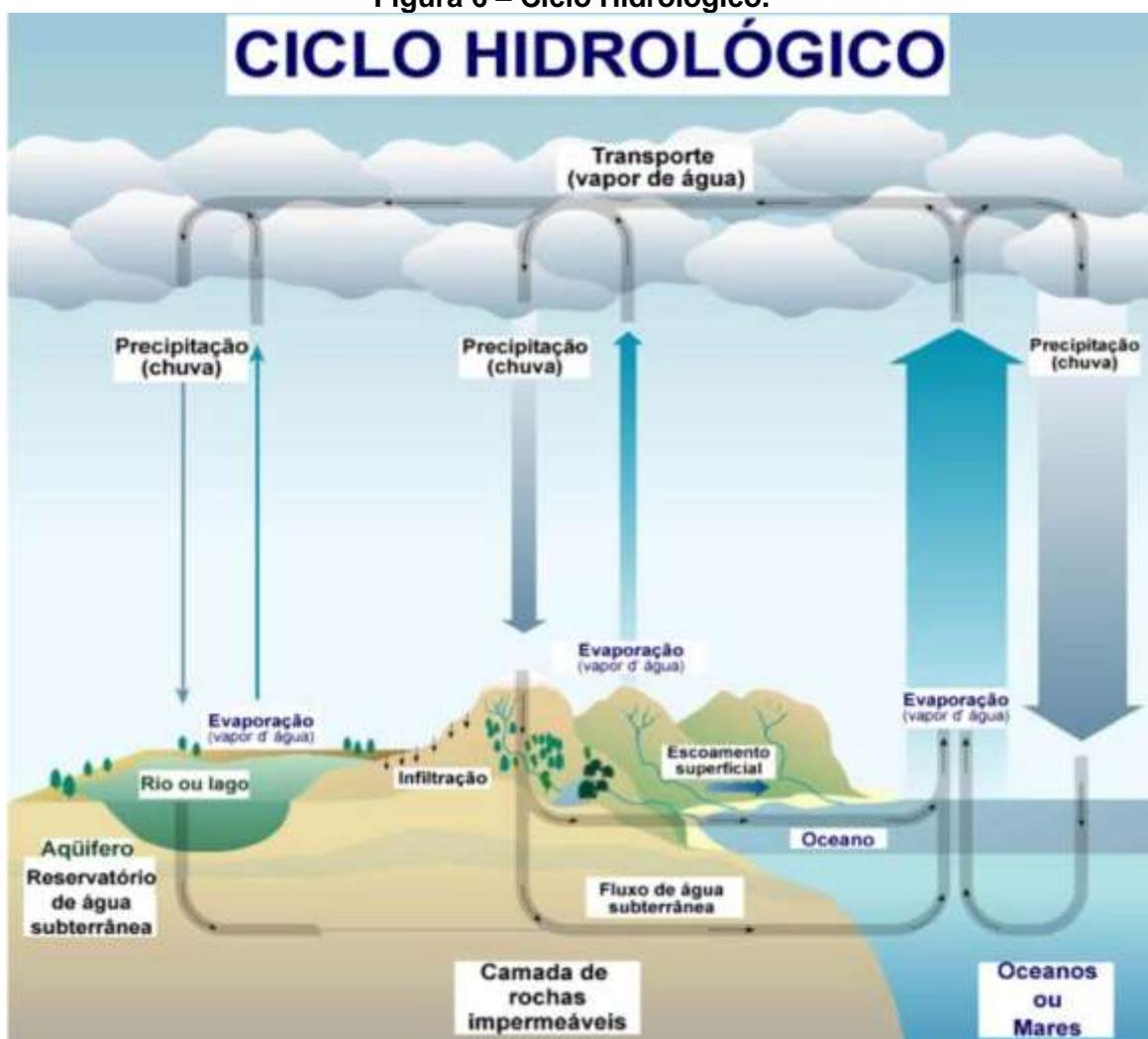
Analisando os parâmetros de severidade do fogo na tabela 1, percebe-se que o incêndio subterrâneo pode atingir o nível mais alto de severidade (muito severo), de tal forma que o horizonte hístico fique completamente inapto. Além

da grande devastação causada por esse tipo de incêndio, a tendência é que este seja cada vez mais comum.

À medida que o aquecimento global é cada vez mais atuante, pesquisas sugerem aumentos dramáticos no potencial de incêndios florestais, visto que cenários de futuras mudanças climáticas preveem secas de maior gravidade e frequência em diversas áreas, principalmente naquelas com histórico e potencial alto de ocorrência de incêndios florestais (LIU *et al*, 2010).

Conforme Watts e Kobziar (2013), no caso dos incêndios subterrâneos, o aumento dos incidentes pode ser ainda maior, visto que além das mudanças climáticas, tem-se alterações do ciclo hidrológico (figura 6).

Figura 6 – Ciclo Hidrológico.



Fonte: Modificado de Gava *et al.* (2004).

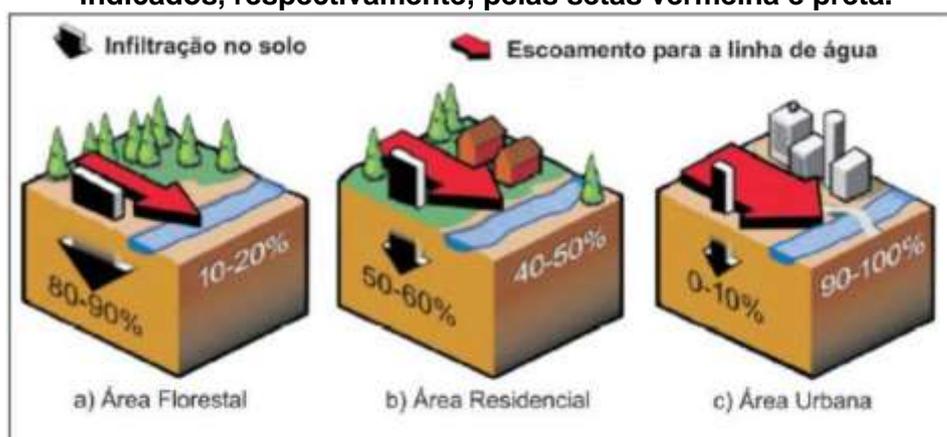
Dessa forma, além das mudanças climáticas, as alterações no ciclo hidrológico ocorrem devido ao aumento da demanda por água e à

impermeabilização do solo (figura 7), ambas resultantes, diretamente ou indiretamente, do crescimento da população.

Segundo Vanzela *et al.* (2010), as áreas com vegetação preservada, por serem áreas mais cobertas e estáveis, apresentam maior capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo, aumentando assim o tempo de caminhamento da água ao leito do manancial. Logo, essas áreas tendem a reduzir o escoamento superficial.

Silva *et al.* (2005), constatou o mesmo efeito, ao verificar que a cobertura vegetal nativa evita: a desagregação do solo, causada pelo impacto das águas meteóricas no solo, e a formação do selamento superficial. Consequentemente, tem-se uma maior infiltração de água no solo e a redução do escoamento superficial.

**Figura 7 – Alterações no ciclo hidrológico. Escoamento superficial e infiltração indicados, respectivamente, pelas setas vermelha e preta.**



Fonte: Adaptado de Marsh (1983).

Já as áreas de pastagem, embora manejadas e proporcionarem uma certa cobertura ao solo, caracterizam-se por apresentarem menores valores de infiltração e de condutividade hidráulica, portanto tem-se um escoamento maior nessas áreas se comparadas com a vegetação natural (ZIGOMAR, ALVES, 2003).

Com relação às áreas habitadas e as áreas de culturas perenes, Vanzela *et al.* (2010) afirmam que essas ocupações são caracterizadas pela redução na permeabilidade do solo, seja pela impermeabilização e/ou compactação. Como já foi dito, a redução da permeabilidade causa o aumento do escoamento superficial. Logo, percebe-se que o manejo dos solos tem provocado alterações importantes no ciclo hidrológico.

Em suma, como mostra a figura 7, com o aumento da compactação e impermeabilização, bem como a retirada da vegetação nativa, tem-se a diminuição da infiltração e conseqüentemente o aumento do escoamento superficial. Tal circunstância é preocupante visto que a infiltração promove o preenchimento dos poros do solo pela água. Esta pode ser utilizada pelas plantas, bem como recarga de aquíferos, logo interfere diretamente no nível do lençol freático e conseqüentemente na regularização e perenização dos rios (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015).

É importante frisar que além de influenciar no ciclo hidrológico, o manejo e o uso do solo também influencia nos aspectos e características desses solos. Para Silva Neto (2010, p. 1):

Toda forma de utilização do solo pressupõe mudanças na dinâmica pedoambiental, as quais, conforme a intensidade podem acarretar impactos de proporções variáveis ao meio ambiente. A drenagem de solos hidromórficos é um exemplo de interferência antrópica capaz de mudar radicalmente a sua dinâmica.

Como já foi dito, em áreas de baixada ou depressões localizadas, a má drenagem decorrente da presença de um lençol freático permanente ou oscilante é a condição ideal para a formação e preservação de solos hidromórficos. No entanto, a interferência do homem, no ciclo hidrológico, está interferindo no grau de hidromorfismo destes solos e, conseqüentemente, na saturação, permanente ou na maior parte do tempo, desses solos (SILVA NETO, 2010).

### **2.3. Novas tecnologias.**

Para Berlink (2020, p. 8), o incêndio subterrâneo “é de difícil combate, pois o combustível armazenado está sob o solo há anos e justamente por isso é de difícil localização”.

Segundo Merino *et al.* (2012), o monitoramento dos incêndios florestais é uma atividade de extrema importância pois permite maior eficácia no gerenciamento desses sinistros. De modo geral, este monitoramento é realizado por especialistas por meio de observações visuais, estas, infelizmente, estão constantemente sujeitas a erros visto que a fumaça, por ser opaca, obstrui a visualização das chamas ocasionando erros na localização do fogo.

Com o intuito de facilitar no monitoramento e, conseqüentemente, proporcionar um combate mais eficiente entende-se que a utilização de tecnologias no atendimento às ocorrências de incêndio subterrâneo se faz necessária.

Berlink (2020, p.7) relata que:

A principal tecnologia utilizada no combate aos incêndios florestais é a aérea (aviões de grande e pequeno porte). O Brasil possui duas aeronaves C-130 Hércules utilizadas no combate aos focos de incêndio, que lançam 11 mil litros de água, e também os chamados aviões tanques, com modelos de 1400 litros a 3000 litros. É importante lembrar que diferentes tecnologias são empregadas para tipos específicos de incêndio florestal.

Apesar de ser a principal tecnologia utilizada no combate aos incêndios florestais, as aeronaves de grande e pequeno porte não são tão acessíveis e requerem planejamento e logística. De acordo com Nascimento (2020), e no contexto do CBMDF, as aeronaves demandam oficiais para se tornarem comandantes de aeronaves, tal fato não se constitui rapidamente e a substituição não é imediata, dada a exigência e dedicação dos pretendentes. Além disso, tem-se um investimento financeiro oneroso e de médio prazo da corporação.

Dessa forma, de acordo com Berlink (2020, p.8):

Uma ferramenta mais barata e cada vez mais utilizada são os drones. Alguns desses aparelhos possuem uma câmera termal acoplada, para identificar focos de incêndio. Como a maioria dos incêndios acontecem em áreas grandes e, às vezes, de difícil acesso, o drone torna-se muito útil na visualização da propagação do fogo, para assim escolher a melhor estratégia.

Segundo Homainejad e Rizos (2015), os avanços tecnológicos juntamente com a redução de custos resultaram em uma larga aplicação das RPA (*Remoted Piloted Aircraft*) em diferentes áreas, sendo que uma das mais beneficiadas é o monitoramento dos incêndios florestais. Ainda de acordo com o autor, as RPAs são uma alternativa promissora e podem substituir métodos tradicionais de coleta de dados, tais como: torres de vigia, aeronaves tripuladas e satélites.

Nesse contexto e atento às novas tecnologias, tem-se o serviço de aeronaves remotamente pilotadas (SARP). Conforme Ziech (2021), o serviço é prestado pelo Grupamento de Aviação Operacional (GAVOP) do CBMDF e

atende as demandas operacionais e administrativas, sendo que, através de sobrevoos, obtém-se imagens e vídeos a um custo reduzido.

Apesar da sua existência, o SARP ainda está passando por um período de adaptação e aquisição. CBMDF (2020b, p. 35) afirma que “no ano de 2020, a utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT’s) por parte do CBMDF ficou em segundo plano devido à baixa disponibilidade do recurso para a ativação do serviço durante as fases da OPVV”.

Com o intuito de solucionar a baixa disponibilidade do recurso e em busca de um atendimento cada vez mais moderno, em 2021, a corporação adquiriu seis drones, sendo que quatro são do modelo *MAVIC 2 ENTERPRISE DUAL* e os outros 2 do modelo *MATRICE 2010 V2* (figura 8).

**Figura 8 – *MAVIC 2 ENTERPRISE DUAL* e *MATRICE 2010 V2* com câmera térmica XT2, respectivamente.**



Fonte: O autor (2022).

Ambos os modelos apresentam sensor termal, porém a do modelo *MATRICE 2010 V2* não é fixa ao drone.

Ainda no contexto da corporação, além das câmeras térmicas acopladas nos drones, o CBMDF possui câmeras térmicas portáteis do modelo *BULLARD T4MAX* (figura 9). Estas são usadas com mais frequência nas atividades de incêndio urbano.

**Figura 9 – Câmera Térmica Manual Portátil BULLARD T4MAX.**



Fonte: Bullard (2013).

#### **2.4. Custos naturais e humanos advindos dos incêndios subterrâneos.**

Nas atividades de combate a incêndio subterrâneo tem-se a utilização de água como agente extintor, sendo que mesmo no combate indireto tem-se a criação de valas e posteriormente a inundação das mesmas (MEDEIROS, 2011).

Além da inundação das valas de contenção, utilizando apenas o combate direto e a motobomba *MARK-3*, cenário que já aconteceu em ocorrências atendidas pelo CBMDF e considerando a vazão máxima da motobomba (348 litros por minuto), estima-se que em 9 horas de trabalho, a quantidade de água utilizada seria de 187.920 litros de água. Considerando duas motobombas, a quantidade seria de 375.840 litros de água (MEDEIROS, 2011).

Segundo o Major Eduardo Luiz Gomes (CONFERÊNCIA NACIONAL DE MUNICÍPIOS, 2013), em entrevista a Confederação Nacional de Municípios (CNM), “o processo de combate a ele é mais demorado e requer, além de valas de contenção, mais logística e uma enorme quantidade de água”.

Segundo a Revista Águas Claras (2019), o incêndio subterrâneo, que tomou conta do Parque Ecológico de Águas Claras e que teve início no dia 11 de setembro de 2019, só na tarde do dia 1 de outubro de 2019, até as 14h, utilizou mais de 10.000 litros de água. Segundo o órgão de imprensa havia uma grande movimentação de caminhões pipas e dos bombeiros no local.

De acordo com o MMA (2017), um dos objetivos da Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) é a redução de gastos institucionais por meio da adoção de atitudes e procedimentos que resultem em um uso racional de recursos naturais e dos bens públicos.

Vale ressaltar que, ao participar do Programa Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), o CBMDF se comprometeu a transformar suas ações e incorporar princípios e critérios de gestão socioambiental em suas atividades. Logo, as ocorrências de combate a incêndio subterrâneo, assim como outras, requerem atenção com relação a utilização eficiente da água.

Com relação ao recurso humano, para Saint Martin (2018, p. 93), comparada com outras atividades do bombeiro militar “A atividade de combate a incêndio florestal se mostrou de maior sobrecarga cardiovascular que as demais”.

No caso dos incêndios subterrâneos, além do grande esforço físico, os

combatentes florestais estão sujeitos a alta periculosidade. Medeiros (2011, p. 14) relata que “ao realizar ronda para averiguar a presença de focos de calor, após a extinção do incêndio subterrâneo em São Sebastião, sofreu queimadura de 1º e 2º grau [...]” (figura 10).

**Figura 10 – Queimadura de 1º e 2º grau causadas por incêndio subterrâneo no DF.**



Fonte: Medeiros (2011).

Além da quantidade de água gasta durante o combate, no que tange os custos naturais, para Hebert-Dufresne *et al.* (2018), as florestas ribeirinhas em meio aos campos e savanas são consideradas ecossistemas sensíveis ao fogo, sendo que o fogo as afeta sobretudo nas bordas em contato com o ecossistema pirofítico no qual estão inseridas. Dessa forma, incêndios recorrentes podem reduzir gradualmente estas florestas.

Dentre essas áreas encontram-se as matas ciliares que desempenham funções importantes de conexão entre fragmentos florestais remanescentes e preservação das funcionalidades ecológicas e hidrológicas do ambiente (FERNÁNDES *et al.* 2014).

No caso do Cerrado, as veredas são outro tipo de vegetação sensível ao fogo. Esta é um tipo específico de savana que ocorre em solos hidromórficos em terreno plano e com um lençol freático superficial (DRUMMOND *et al.* 2005).

De acordo com Maillard *et al.* (2009), as veredas possuem densas populações da palmeira *Mauritia flexuosa* (Buriti) e um estrato herbáceo dominado por espécies de *Poaceae* e *Cyperaceae*, com manchas entremeadas de pequenos arbustos, de forma que os incêndios podem ser muito prejudiciais, com chamas que atingem até 20 metros de altura e queimando completamente as copas mais altas das palmeiras.

Ainda de acordo com Maillard *et al.* (2009), os incêndios superficiais em veredas podem evoluir para o incêndio subterrâneo, queimando raízes de plantas, plântulas e as sementes que estão no solo, impactando assim gravemente a regeneração da vegetação.

Sendo assim, além da busca pela economia e preservação dos recursos naturais, com a escolha e estudo aprofundado do tema, pretende-se resguardar a saúde dos militares nas operações.

### 3. METODOLOGIA

Para Silva e Porto (2016, p. 67), “A metodologia é a parte do projeto na qual o autor deve indicar os procedimentos a serem tomados para a execução da pesquisa”. Em outras palavras, pode-se dizer que por meio da metodologia, as técnicas de aquisição de dados são descritas e detalhadas.

#### 3.1. Classificação de pesquisa

Em âmbito nacional, para classificação de acordo com a área de conhecimento, adota-se a classificação elaborada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), vale salientar que o CNPq é a principal agência com objetivo de fomentar a pesquisa científica e tecnológica no Brasil, bem como formar recursos humanos para a pesquisa (GIL, 2016). Para Gil (2016, p. 1), as pesquisas são categorizadas em sete grandes áreas:

1. Ciências Exatas e da Terra; 2. Ciências Biológicas; 3. Engenharias; 4. Ciências da Saúde; 5. Ciências Agrárias; 6. Ciências Sociais Aplicadas; e 7. Ciências Humanas. Essas grandes áreas são subdivididas em áreas, que correspondem a conjuntos de conhecimentos inter-relacionados, reunidos segundo a natureza dos objetos de investigação com finalidades de ensino, pesquisa e aplicações práticas. Cada uma dessas áreas, por sua vez, é subdividida em subáreas, que são estabelecidas em função dos objetos de estudo e dos procedimentos metodológicos. Essas subáreas, por fim, são subdivididas em especialidades, que correspondem à caracterização temática das atividades de pesquisa e ensino.

Sendo assim, a pesquisa está inserida na área das Ciências Exatas e da Terra (Número 1.00.00.00-3), mais especificamente nas GeoCiências (Número 1.07.00.00-5) tendo como vertente a Geografia Física (Número 1.07.05.00-7). Ademais, por se tratar de um trabalho que tem como objeto de estudo os solos, é cabível inseri-lo no contexto da Pedologia (Número 1.07.05.03-1).

Com relação à finalidade, a pesquisa foi classificada como aplicada, uma vez que esse tipo de pesquisa tem como objetivo a aquisição de conhecimento com vistas à aplicação numa situação específica (GIL, 2016).

Tratando-se de propósitos gerais, é possível inserir a pesquisa no campo exploratório, pois esta busca maior familiaridade com o problema de forma a

torná-lo mais explícito. É importante ressaltar que esse tipo de pesquisa, por considerar diversos aspectos relativos ao fato ou fenômeno estudado, costuma ser bastante flexível. Logo, a coleta de dados pode ser feita de diversas formas, porém geralmente envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiência prática com o assunto e análise de exemplos que estimulem a compreensão (SELLTIZ et al., 1967, p. 63 *apud* GIL, 2016).

Além do seu caráter exploratório, entende-se que o trabalho apresenta características de pesquisas descritivas, já que estas, segundo Gil (2016, p. 2) buscam “a descrição das características de determinada população ou fenômeno”. Tendo os incêndios subterrâneos como fenômeno e, conseqüentemente, os solos como meio de propagação, não há dúvidas de que ambos serão descritos. Sendo assim, entende-se que a pesquisa tem objetivos exploratórios, mas se aproxima de uma pesquisa descritiva.

Ademais, por apresentar informações e aspectos tanto qualitativos como quantitativos, enfatiza-se que o trabalho apresenta abordagem quali-quantitativa.

### **3.2. Procedimento metodológico**

Além das classificações citadas acima, tem-se a classificação das pesquisas de acordo com os métodos empregados. Primeiramente, com o intuito de analisar os dispositivos normativos utilizados pelo CBMDF no combate a incêndio subterrâneo, pretende-se fazer uma pesquisa bibliográfica e documental. Vale ressaltar que este objetivo foi alcançado durante a revisão de literatura, visto que não foi encontrado, no âmbito do CBMDF, nenhum dispositivo normativo ao longo da revisão.

Por meio de pesquisa bibliográfica e entrevista, planeja-se avaliar e verificar a viabilidade de utilização de novas tecnologias nas ocorrências de combate a incêndio subterrâneo. É importante frisar que o objetivo do trabalho é a viabilidade do uso de novas tecnologias adquiridas pela corporação. Portanto, a pesquisa focará nas câmeras térmicas manuais e as acopladas aos drones, ambas adquiridas pelo CBMDF. Tais tecnologias foram apresentadas na revisão de literatura.

Ademais, por meio de entrevista, pesquisa documental e trabalho de campo, pretende-se indicar particularidades, locais e ambientes relacionados

aos incêndios subterrâneos no DF. Ressalta-se que essa etapa é extremamente importante pois busca-se, pelas observações pedológicas em campo, um entendimento maior sobre o assunto, bem como confirmar ou até mesmo confrontar as informações adquiridas durante a revisão de literatura.

Com apoio do Professor Doutor José Eloi Guimarães Campos, do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília - UnB, realizou-se o trabalho de campo em sete pontos no território do Distrito Federal, sendo que alguns estão localizados em parques ecológicos e já foram atingidos por incêndios subterrâneos.

Para aquisição das coordenadas utilizou-se o GPS modelo *Garmin Rino 755t*. Já para a confecção do Mapa 1 – Trabalho de Campo fez-se o uso do programa *ArcGIS 10.5* e toda sua base de dados.

Com a ajuda de ferramentas manuais como: boca de lobo, enxada e enxadão, coletou-se quatro amostras de solo deformadas. Além da coleta, realizou-se uma breve descrição e classificação dos perfis de solo. Vale ressaltar que os solos foram classificados até o primeiro nível categórico e tendo o SiBCS como referência. As fitofisionomias do bioma Cerrado, citadas neste trabalho, são as descritas pela EMBRAPA (2008).

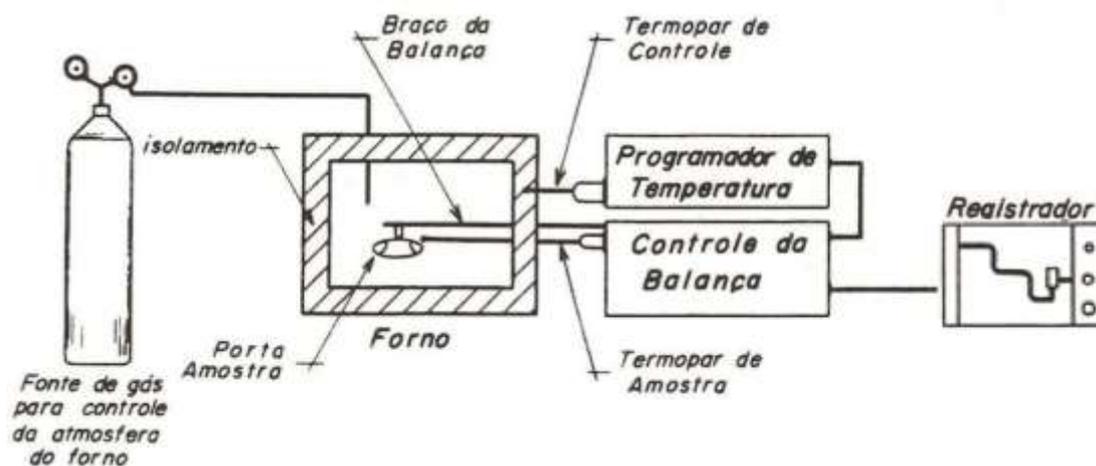
Além das observações visuais, tácteis e intuitivas comuns a morfologia e classificação dos solos, as amostras foram submetidas à análise quantitativa de matéria orgânica (MO) com o intuito de fundamentar ainda mais a classificação dos perfis. Entende-se que a compreensão do ambiente, por meio das observações de campo, passa pelo entendimento das interações entre os resultados obtidos, tanto pelas análises de campo como as laboratoriais.

O método utilizado para análise da matéria orgânica foi o de *Walkley – Black*. Para EMBRAPA (2017) o carbono presente no solo pode ser encontrado como componente mineral ou em estruturas orgânicas (restos de animais e plantas). Na determinação do carbono orgânico (C org) em solo, via úmida pela oxidação com o dicromato de potássio, apenas aquele proveniente de restos de animais e plantas é quantificado, sendo discriminado o oriundo de componentes minerais (WALKLEY, BLACK, 1934). Os resultados das análises estão no Apêndice E.

Além da análise quantitativa de matéria orgânica, as amostras foram submetidas às análises termogravimétricas a fim de que a variação de massa do

solo e, conseqüentemente, a perda devido ao aumento da temperatura fosse mensurável. A figura 11 ilustra, de forma simples, os elementos presentes em um equipamento de análise termogravimétrica.

**Figura 11 – Desenho ilustrativo de um equipamento de análise termogravimétrica.**



Fonte: Denari e Cavalheiro (2012).

Com o apoio da Diretoria de Investigação do CBMDF (DINVI), mais especificamente o 1º Sgt. QBMG-1 Almeida Junior, as análises foram realizadas usando o Equipamento de modelo Q500 da *TA Instruments*, em atmosfera de ar sintético, com uma taxa de aquecimento de 20°C por minuto até a temperatura de 900°C.

Com relação às entrevistas, todas realizadas em diferentes dias e via *Whatsapp*, buscou-se profissionais de diferentes áreas e instituições com o intuito de agregar diferentes aspectos para uma mesma temática.

No total foram realizadas quatro entrevistas, ressalta-se que as informações adquiridas foram de extrema importância e utilizadas para: descrever a utilização de novas tecnologias nas ocorrências de combate a incêndio subterrâneo, indicar possíveis particularidades, ambientes e locais relacionados aos incêndios subterrâneos no Distrito Federal (DF) e apresentar danos ambientais causados pelos incêndios subterrâneos.

As entrevistas foram incluídas na íntegra e nos Apêndices A, B, C e D. Os entrevistados foram: Professor Dr. José Eloi Guimarães Campos (Professor titular do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília), Major Kleber Silveira de Castro (Oficial Bombeiro Militar do Corpo de Bombeiros Militar de

Minas Gerais), Daniela Gianni (Coordenadora de Projetos e Atividades do Instituto NEX) e, por fim, o Coronel da reserva Paulo André da Silva Barroso (Oficial da reserva do Corpo de Bombeiros Militar do Mato Grosso e ex-secretário executivo do Comitê Estadual de Gestão de Fogo da Secretaria Estadual de Meio Ambiente – MT).

Ressalta-se que uma visita técnica, ao Instituto NEX, também foi realizada. A visita ocorreu no dia 4 de junho de 2022 e contou com a presença da Coordenadora de Projetos e Atividades, bem como dos fundadores do Instituto.

Fundado em 2001 e localizado no município de Corumbá, o Instituto é uma associação sem fins lucrativos que mantém um Criadouro Científico para Fins de Conservação, definido pelo IBAMA como empreendimento, de pessoa física ou jurídica, vinculado a planos de manejo reconhecidos, coordenados ou autorizados pelo órgão ambiental, com finalidade de: criar, recriar, reproduzir, e manter espécimes da fauna silvestre nativa em cativeiro para fins de realizar e subsidiar programas de conservação. Ressalta-se que o enfoque do instituto são os felinos de grande porte.

No geral, a visita técnica foi de extrema importância visto que contribui de forma expressiva na apresentação de danos ambientais causados pelos incêndios subterrâneos à fauna, mais especificamente aos grandes felinos.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Segundo o Manual para a normalização de trabalhos acadêmicos do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2020a, p. 45), a seção de resultados e discussão poderá ser subdividida em várias subseções que variam de acordo com a abordagem do tema. No caso deste trabalho, a seção foi dividida conforme os objetivos específicos, portanto tem-se, no total, cinco subseções visto que foram alcançados cinco objetivos específicos.

### **4.1. Análise dos dispositivos normativos acerca dos incêndios subterrâneos no CBMDF.**

Como já foi dito, a partir das pesquisas bibliográficas e documentais, constatou-se que o CBMDF e diversas outras corporações como: Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro, Mato Grosso e Paraná, não possuem dispositivos normativos acerca dos incêndios subterrâneos.

Apesar de não ter um dispositivo normativo, no caso do CBMDF, em termos de conhecimento sob a área, a corporação segue as diretrizes do protocolo de combate a incêndio subterrâneo confeccionado, em 2011, pelo, na época, Capitão QOBM/Comb. Ronaldo Lima de Medeiros. Ressalta-se que o protocolo foi resultado do trabalho monográfico apresentado ao Centro de Estudos de Política, Estratégia e Doutrina como requisito para a conclusão do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais em Administração Corporativa do CBMDF.

Dessa forma, o trabalho é um marco na corporação, visto que é o primeiro a tratar da complexa temática dos incêndios subterrâneos. Como pode ser visto na revisão de literatura, o motivo da realização do trabalho foi um acidente ocorrido, pelo próprio militar, em uma ocorrência de incêndio subterrâneo (figura 10).

Apesar dos estudos feitos, em 2011, o CBMDF ainda não possui um POP para ocorrências de incêndio subterrâneo. Vale ressaltar que o trabalho deu origem a um protocolo de combate a incêndio subterrâneo, porém este nunca foi publicado em Boletim Geral.

Logo, conclui-se que é necessário a criação e divulgação de um POP, tendo como base o trabalho realizado em 2011, de modo que onze anos já se passaram e certamente novas ferramentas e novos conhecimentos surgiram.

Apesar de, oficialmente, não ser um dispositivo normativo, optou-se por fazer a análise do trabalho, visto que, como já foi dito, o trabalho de Medeiros (2011), no âmbito do CBMDF, norteia os procedimentos operacionais a serem realizados durante as ocorrências de incêndio subterrâneo.

Para Medeiros (2011, p. 108), no DF, os solos que possuem excessiva umidade são: argissolos, plintossolos e gleissolos. As fitofisionomias que estão relacionadas com esses solos totalizam todas as fitofisionomias do Cerrado, logo tendo como o ponto de partida os solos, o autor chegou à conclusão de que todas as fitofisionomias desse bioma estão sujeitas a esse fenômeno.

No entanto, por meio de pesquisa bibliográfica e trabalho de campo, constatou-se que os solos que podem possuir excessiva umidade são: cambissolos, espodossolos, gleissolos, neossolos, organossolos, planossolos e plintossolos. Além disso, conclui-se que o hidromorfismo não pode ser o único aspecto a ser considerado para ocorrência dos incêndios subterrâneos, sendo que a presença do horizonte hístico é imprescindível para ocorrência do fenômeno.

Logo, pelo fato de apresentarem, de forma recorrente, horizonte hístico, os solos com maior probabilidade de serem submetidos aos incêndios subterrâneos são: organossolos, gleissolos melânicos e neossolos flúvicos.

Definindo os tipos de solo, relacionados aos incêndios subterrâneos, é possível propor as fitofisionomias vulneráveis aos incêndios subterrâneos, são elas: Mata de Galeria, Mata Ciliar, Palmeiral, Vereda, Campo Sujo Úmido, Campo Sujo com Murundus, Campo Limpo Úmido e Campo Limpo com Murundus.

Com relação a profundidade das valas, Medeiros (2011, p. 117) propõe que o protocolo leve em consideração a profundidade de 40 centímetros, em função da profundidade inicial dos plintossolos, se for construída manualmente, e de 2 metros ou até atingir o lençol freático, caso use maquinário. No que diz respeito a largura, o autor adota 30 centímetros, a mesma utilizada nos combates do Prevfogo/IBAMA.

Nota-se que o trabalho levou em consideração apenas a profundidade dos plintossolos, sendo que os organossolos, solos hidromórficos com enorme potencial para incêndios subterrâneos, devido a presença de espesso horizonte hístico, não foram levados em consideração. Além disso, não foi realizada nenhuma observação de campo para a determinação da profundidade das valas.

Por outro lado, o presente trabalho leva em consideração a profundidade do horizonte hístico. Portanto, este deve ser retirado, de forma que não haja mais combustível para o fogo.

Uma outra opção, mesmo sem o uso de maquinários, visto que o nível da água, de acordo com o Professor Doutor José Eloi Guimarães Campos (Apêndice A), nesses ambientes é raso, seria a retirada do solo até atingir o lençol freático, uma vez que, a partir do nível de saturação, já não é mais possível a propagação do fogo. Com relação a largura, o trabalho julga favorável a padronização dos 30 centímetros.

É importante ressaltar que o trabalho sugere dois métodos para a determinação da profundidade do horizonte hístico. O primeiro seria dinâmico, ou seja, a profundidade do horizonte hístico seria determinada durante a escavação.

Já o segundo seria por amostragem, de acordo com o Professor Doutor José Eloi Guimarães Campos (Apêndice A), esta pode ser feita por meio de sondagens, utilizando uma cavadeira articulada, ou analisando perfis de solos expostos ou não. Ambos podem ser feitos a diferentes distâncias no terreno e de forma segura.

A escolha do método fica a cargo do especialista em prevenção e combate a incêndio florestal, sendo que o uso concomitante dos métodos pode ser uma opção benéfica.

Ao analisar o atual trabalho com o de Medeiros (2011), conclui-se que o trabalho atual busca um aprimoramento da caracterização do ambiente do Cerrado propício ao fenômeno de incêndio subterrâneo. Além disso, propõe métodos diferentes para a determinação da profundidade das valas.

Dessa forma, a tabela 2, resume as diferentes abordagens realizadas pelos trabalhos.

**Tabela 2 – Diferentes abordagens realizadas pelo protocolo de 2011 e o procedimento operacional de combate a incêndio subterrâneo proposto neste trabalho.**

|  | <b>PROTOCOLO DE COMBATE A INCÊNDIO SUBTERRÂNEO (2011)</b>                       | <b>PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO DE COMBATE A INCÊNDIO SUBTERRÂNEO (2022)</b>   |
|--|---|---|
| SOLO COM EXCESSIVA UMIDADE   | Argissolos, plintossolos e gleissolos.  | Cambissolos, espodossolos, gleissolos, neossolos, organossolos, planossolos e plintossolos.   |
| SOLOS COM MAIOR PROBABILIDADE DE SEREM SUBMETIDOS AOS INCÊNDIOS SUBTERRÂNEOS | -----   | Organossolos, gleissolos melânicos e neossolos flúvicos.  |
| FITOFISIONOMIAS RELACIONADAS AOS INCÊNDIOS SUBTERRÂNEOS                      | Todas as fitofisionomias do Cerrado.  | Mata de Galeria, Mata Ciliar, Palmeiral, Vereda, Campo Sujo Úmido, Campo Sujo com Murundus, Campo Limpo Úmido e Campo Limpo com Murundus. |
| PROFUNDIDADE DAS VALAS   | Manualmente – 40 centímetros<br>Maquinário – 2 metros ou até o lençol freático. | Manualmente ou Maquinário - Retirada do horizonte hístico sob ação do fogo ou até o lençol freático.                                      |
| LARGURA DAS VALAS  | 30 centímetros ou uma pá.   | 30 centímetros ou uma pá.   |
| MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DO HORIZONTE HÍSTICO                                | -----   | Dinâmico e/ou Amostragem.   |

Fonte: O autor.

#### **4.2. Descrição da utilização de novas tecnologias nas ocorrências de combate a incêndio subterrâneo.**

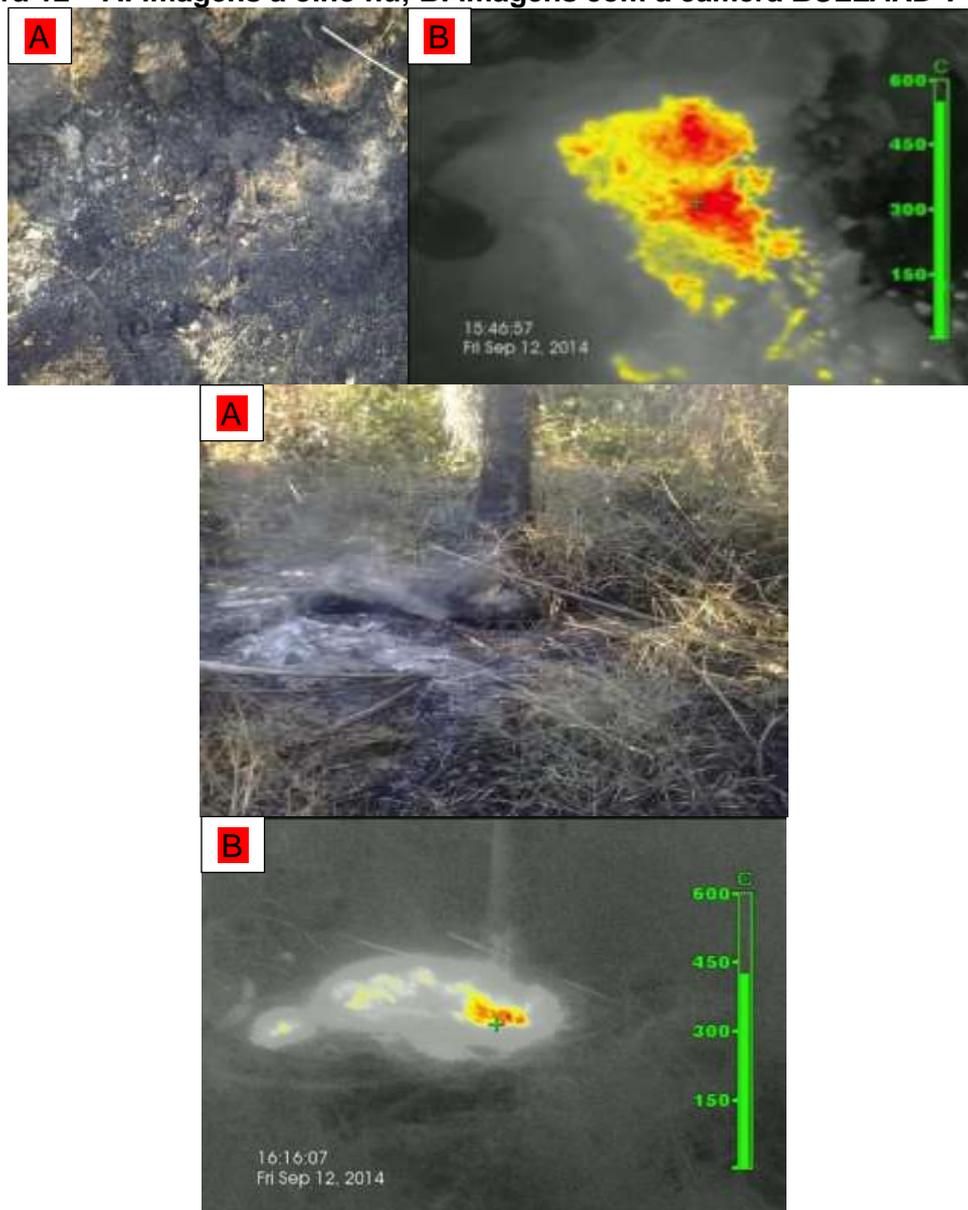
Cota (2014) utilizou a câmera térmica portátil *BULLARD T4MAX* para observar a sua eficiência na detecção dos focos de incêndios reais em uma área de proteção ambiental – APA. Enfatiza-se que as imagens foram obtidas após o controle do incêndio superficial e com diferentes visadas (figura 12).

A primeira imagem foi obtida em solo nivelado, sendo que a visada da câmera estava, praticamente a um ângulo reto do solo e o equipamento estava a uma distância bem próxima do alvo. Já a segunda imagem retrata a presença de foco na raiz de uma árvore, sendo que a visada da câmera estava inclinada

e o equipamento a uma distância maior do objeto se comparada com a primeira imagem.

A partir da imagem gerada pelo sensor termal *BULLARD T4MAX*, o combatente florestal ainda tem informações detalhadas sobre o foco, como: morfologia, dimensão e temperatura em escala Celsius. Esta indicada na barra verde posicionada na lateral de cada imagem térmica.

**Figura 12 – A: imagens a olho nu; B: imagens com a câmera *BULLARD T4MAX*.**

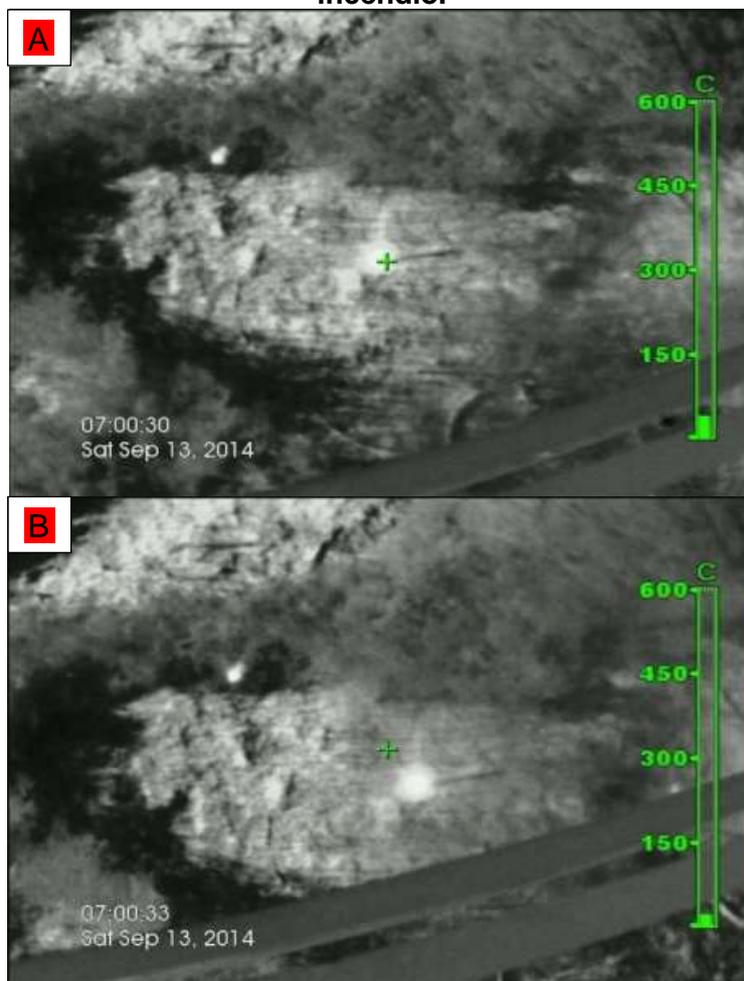


Fonte: Cota (2014).

Pelas imagens, observa-se que a utilização da câmera térmica portátil ajuda bastante na localização dos pontos quentes, portanto pode ajudar tanto no reconhecimento como no combate aos focos e, além disso, no rescaldo.

No dia seguinte à ocorrência, por volta das 8h, Cota (2014), utilizando a câmera térmica portátil *BULLARD T4MAX*, obteve imagens aéreas da região a partir de um helicóptero (figura 13).

**Figura 13 – Imagens aéreas com a câmera térmica portátil *BULLARD T4MAX*. A: foco (cruzeta verde) no incêndio subterrâneo; B: foco nas redondezas do incêndio.**

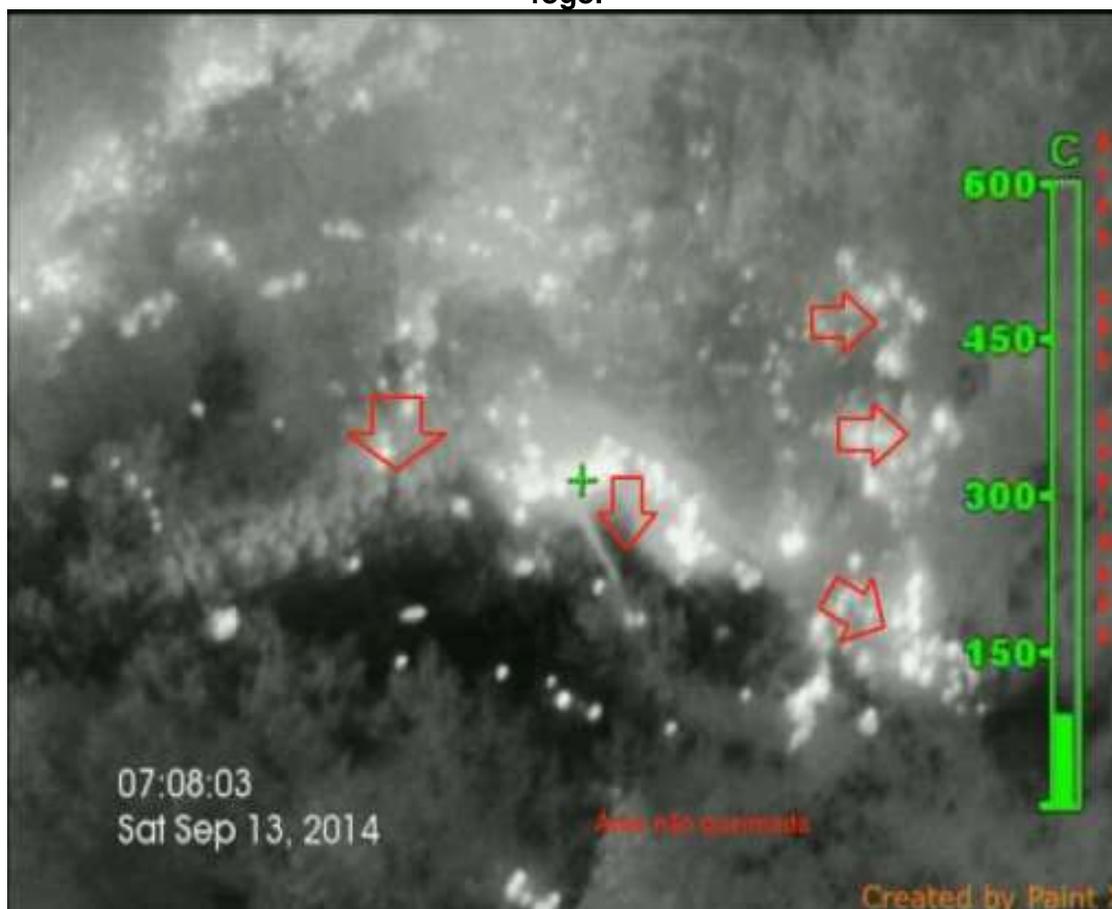


Fonte: Cota (2014)

Analisando as imagens percebe-se que não é possível analisar todos os focos presentes na área. Porém, ao analisar, de forma conjunta, um único foco e a barra demonstrativa de temperatura na lateral da imagem, nota-se que ao apontar diretamente para o incêndio, ou seja, ao colocar a cruzeta verde no foco, a temperatura está mais alta se comparada quando a cruzeta é apontada para as redondezas do incêndio.

Além da análise de um único foco e suas redondezas, a partir do sobrevoo foi possível observar a proximidade do incêndio com áreas ainda não afetadas e deduzir qual é o sentido de propagação do incêndio (figura 14).

**Figura 14 – Imagem aérea indicando pontos quentes e a propagação da linha de fogo.**

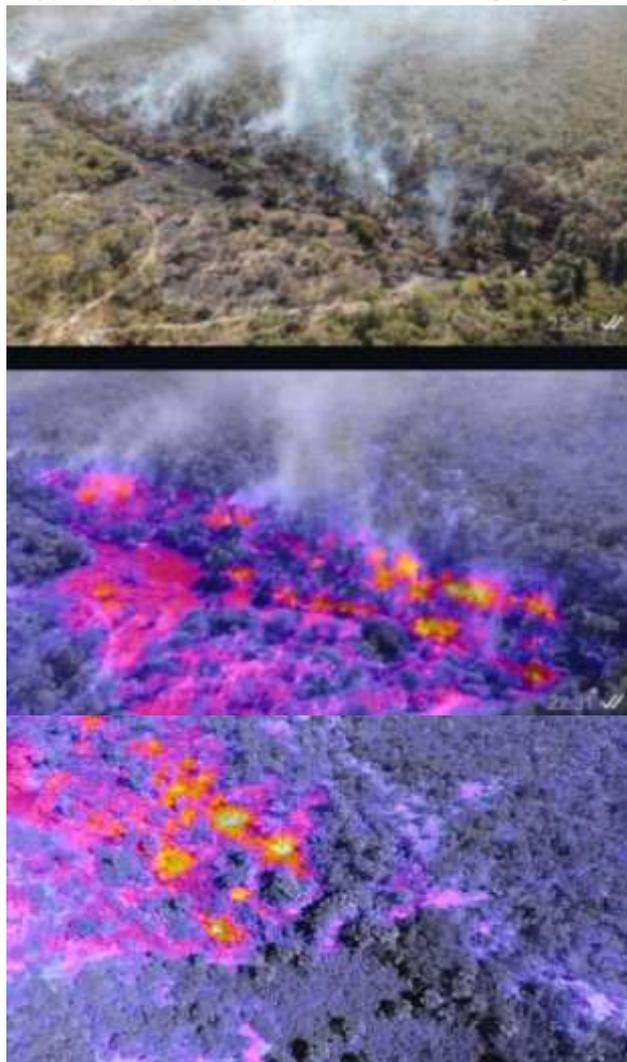


Fonte: Cota (2014).

Com relação ao uso de câmeras térmicas acopladas em drones, em entrevista, o Major Kleber Silveira de Castro (Apêndice B) afirma que, entre 2016 e 2017, foram feitos vários estudos sobre como instalar câmeras térmicas em drones que não tinham o dispositivo. Logo, tinha-se uma expectativa, pelo Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), com relação ao uso dos drones em diversas ocorrências, uma delas a de incêndio subterrâneo.

De acordo com o Major, com o avanço da tecnologia e a disponibilidade da inovação pela indústria, o CBMMG, em 2019, adquiriu seus primeiros drones com câmera térmica. Estes foram usados, com sucesso, em ocorrências de grande vulto, como a de Brumadinho, e em ocorrências de incêndio subterrâneo (figura 15).

**Figura 15 – Em combate a incêndios subterrâneos, CBMMG usa drones com câmera térmica. Modelo do drone: *ENTERPRISE DUAL ADVANCED*.**



Fonte: Site RadarGeral (2021).

Como pode ser visto pelas imagens e de acordo com o Major Kleber Silveira de Castro, a utilização de câmeras térmicas em drones só trouxe benefícios para a atuação do CBMMG nesse tipo de ocorrência. De acordo com o oficial, a visão humana é muito pobre para poder entender esse tipo de incêndio. E a visão infravermelho das câmeras térmicas muda completamente o cenário.

Atualmente, o CBMMG utiliza o modelo *MAVIC ENTERPRISE DUAL*, ou seja, o mesmo utilizado pelo CBMDF em outras operações. No entanto, o interesse do CBMMG, com relação aos sensores térmicos, é tão grande que a corporação adquiriu mais três drones do modelo *DJI MAVIC 2 ENTERPRISE DUAL ADVANCED*. Este seria o mais apropriado para o atendimento das ocorrências. Trata-se da segunda geração da linha *MAVIC*.

Ressalta-se que o modelo é *ENTERPRISE* porque é profissional, *DUAL* porque tem receptores de radiação RGB/termal e avançado porque a câmera térmica é melhor que a do modelo anterior.

Para o militar, os únicos pontos negativos, com relação ao uso dos drones com câmera térmica, são: o alto custo de aquisição dos equipamentos e a possível interferência das copas das árvores, estas impedem a propagação das ondas de calor.

Do ponto de vista do autor, o ponto negativo relacionado ao alto custo do equipamento não impede a utilização da tecnologia por parte do CBMDF, visto que a corporação já possui os modelos: *MAVIC ENTERPRISE DUAL* e *MATRICE 2010 V2*. Inclusive este, de acordo com o Major Kleber Silveira de Castro, por possuir a câmera térmica XT2, obtém imagens melhores que as do *MAVIC ENTERPRISE DUAL*.

Com relação a interferência das copas das árvores na propagação das ondas de calor e considerando a vegetação do DF, que é preponderantemente formada por árvores de baixo e médio porte, esse ponto negativo não é atuante. No entanto, em matas de galeria e matas ciliares, este ponto negativo pode prejudicar a aquisição das imagens pelos drones.

Considerando as características da atividade de combate a incêndio florestal, ressalta-se que é aconselhável utilizar os drones do modelo *MAVIC ENTERPRISE DUAL*, uma vez que estes são mais baratos, menores e leves, se comparados com o modelo *MATRICE 2010 V2*. A utilização deste modelo só é conveniente em situações em que se tem apoio de viaturas e para grandes incidentes.

Com relação a aquisição de imagens aéreas, cabe ao comandante do incidente (CI) optar pelo uso da câmera térmica *BULLARD T4MAX* a partir de um helicóptero ou de um drone com câmera térmica. Porém, com intuito de resguardar a guarnição da aeronave, deve-se priorizar o uso das aeronaves remotamente pilotadas.

Em suma, conclui-se que a utilização da câmera térmica manual portátil e dos drones com câmera térmica mostrou ser eficiente e viável. Logo seu uso, nas ações de combate a incêndio subterrâneo, deve ser incentivado posto que pode interferir no tempo resposta e na segurança do combatente florestal, já que auxilia na identificação da linha de fogo e nos bolsões de incêndio subterrâneo.

Além do uso, entende-se que é extremamente importante a divulgação, entre os Corpos de Bombeiros, da utilização e dos bons resultados obtidos devido ao uso das câmeras térmicas nas ocorrências.

Em entrevista (Apêndice D), o Cel./QOBM da reserva Paulo André da Silva Barroso do CBMMT relata que as equipes não tinham conhecimento de nenhum equipamento capaz de identificar os focos de incêndios subterrâneos ocorridos no Pantanal em 2020.

Ademais, ao ser perguntado sobre o uso de câmeras térmicas nas ocorrências, o entrevistado não tinha certeza se iria funcionar. E como foi visto, o CBMMG utiliza as câmeras térmicas em incêndios subterrâneos desde 2019.

Dessa forma, por meio de entrevista e pesquisa bibliográfica, constatou-se que é extremamente viável a utilização de novas tecnologias, mais especificamente a câmera térmica portátil modelo *BULLARD T4MAX* e o drone modelo *MAVERIC ENTERPRISE DUAL*, ambas adquiridas pelo CBMDF.

#### 4.3. Indicação de possíveis particularidades, ambientes e locais relacionados aos incêndios subterrâneos no Distrito Federal.

Como já foi dito, é possível, levando em consideração as fitofisionomias, as “plantas indicadoras” e os solos, estabelecer particularidades das áreas de risco aos incêndios subterrâneos (tabela 3).

**Tabela 3 – Particularidades das áreas de risco aos incêndios subterrâneos.**

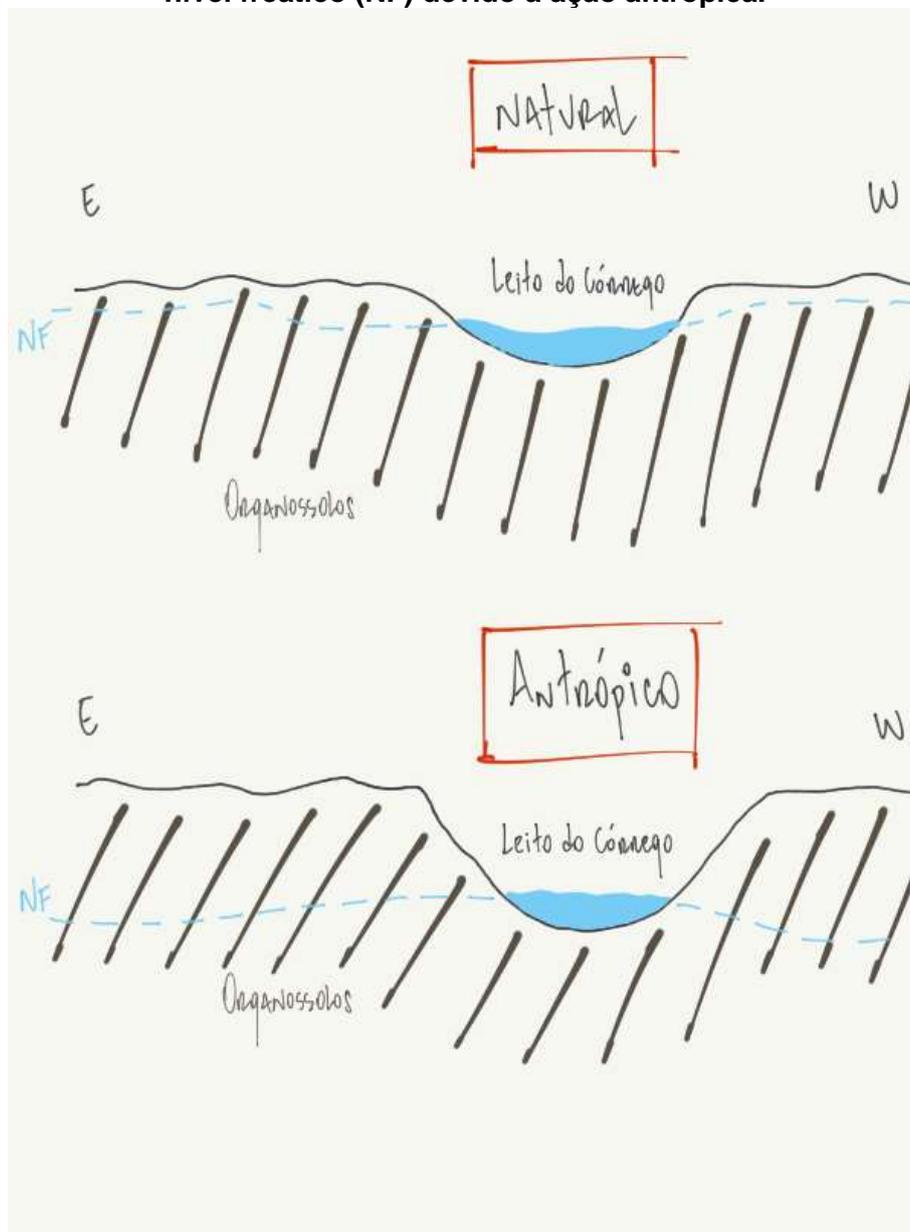
| FITOFISIONOMIAS  | “PLANTAS INDICADORAS”   | SOLOS  |
|--|---|--|
| Mata de galeria, mata ciliar, palmeiral, veredas, campo sujo úmido, campo sujo com murundus, campo limpo úmido e campo limpo com murundus. | Açaí ( <i>Euterpe oleracea</i> ), Buriti ( <i>Mauritia flexuosa</i> ), Capim redondo ( <i>Rinchostrora globosa</i> ) e Aninga ( <i>Montrichardia sp.</i> ). | Solos sujeitos a alternância de períodos de alagamento e secamento e com muita matéria orgânica (organossolos, gleissolos melânicos e neossolos flúvicos). |

Fonte: O autor.

No entanto, de acordo com o Professor Doutor José Eloi Guimarães Campos (Apêndice A), para que ocorra os incêndios subterrâneos, é preciso que esses ambientes sofram interferência da ação humana ou das mudanças climáticas, a fim de manter o período seco mais duradouro, haja visto que ambos

causam o rebaixamento do lençol freático e, conseqüentemente, a exposição dos solos, aumentando assim a atuação de processos erosivos e os riscos de incêndios subterrâneos na área.

**Figura 16 – Desenho ilustrativo de perfil E-W demonstrando o rebaixamento do nível freático (NF) devido a ação antrópica.**

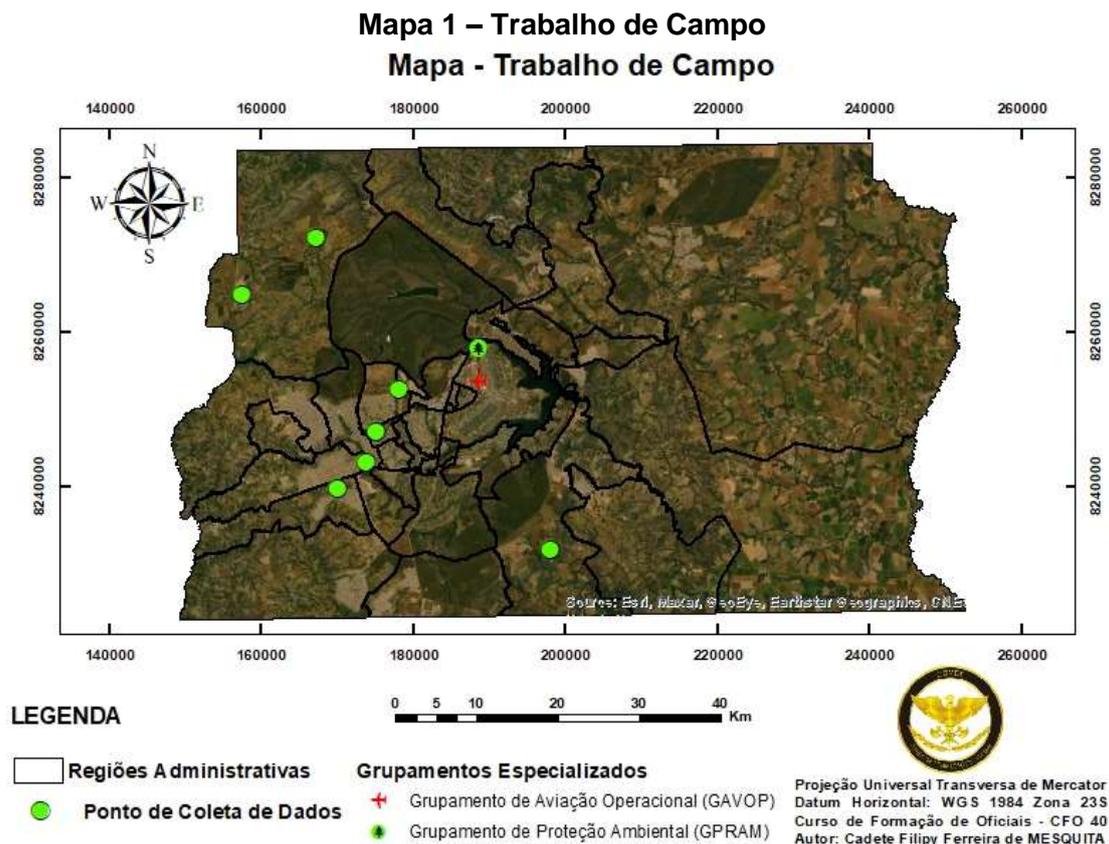


Fonte: Campos (2022).

Dessa forma, por meio de trabalho de campo, buscou-se analisar qual é a situação de possíveis locais susceptíveis aos incêndios subterrâneos no Distrito Federal.

Os pontos onde houve coletas de dados podem ser vistos no Mapa 1. Percebe-se que todos estão situados na porção oeste do Distrito Federal, região com densidade populacional maior, se comparada com a região leste.

Além disso, a expansão dos empreendimentos imobiliários atua de forma intensa nessa região. Logo presume-se que a região oeste tem grande influência da ação antrópica.



Fonte: O autor.

Os dados obtidos em campo e os resultados quantitativos de matéria orgânica obtidos por meio de análises laboratoriais (Apêndice E) estão inseridos na tabela 4, bem como no Apêndice E do trabalho.

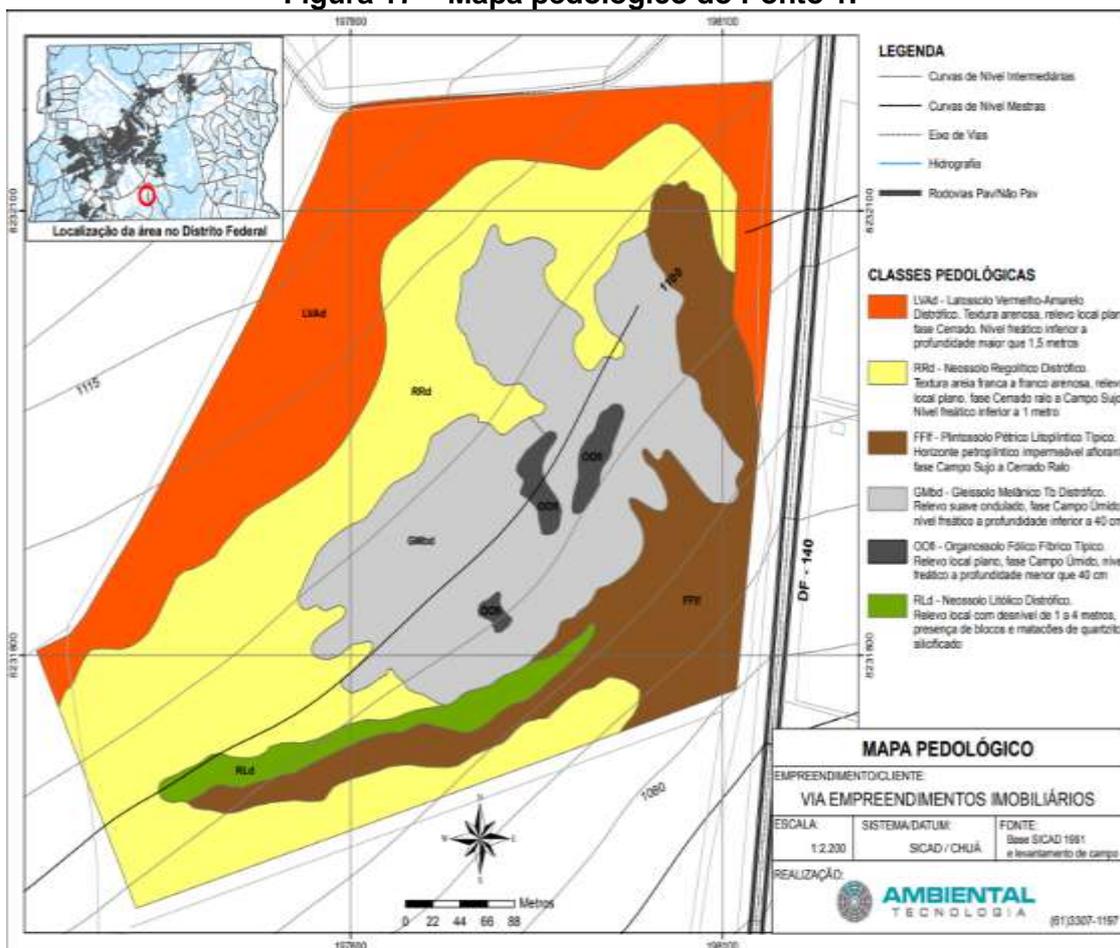
**Tabela 4 – Resultados obtidos por meio de trabalho de campo e análise quantitativa da matéria orgânica (C: Carbono; Mat. Org.: Matéria Orgânica).**

| PONTO | COORDENADA (UTM)          | LOCAL                                     | ALTITUDE (M) | TIPO DE SOLOS                | VEGETAÇÃO   | AMOSTRA | C E MAT. ORG. (G/KG) |
|-------|---------------------------|---|--------------|------------------------------|---|---------|----------------------|
| 1     | 23L<br>0198075<br>8231977 | Condomíni<br>o Parque<br>do Mirante       | 1103m        | Organossolo<br>e Gleissolo.  | Campo<br>Limpo<br>Úmido e<br>Campo Sujo<br>Úmido                  | AM1     | 80,6<br>138,6        |
| 2     | 22L<br>0820972<br>8252793 | Próximo à<br>Mansão<br>das<br>Hortências  | 1094m        | Gleissolo                    | Mata Ciliar   | AM2     | 58,1<br>99,9         |
| 3     | 22L<br>0816366<br>8243521 | Parque<br>Ecológico<br>Boca da<br>Mata    | 1209m        | Gleissolos e<br>Plintossolos | Campo<br>Limpo com<br>Murundus e<br>Campo Sujo<br>com<br>Murundus | AM3     | 53,0<br>91,2         |
| 4     | 22L<br>0814009<br>8240505 | Córrego<br>Vargem da<br>Benção            | 1174m        | Organossolo                  | Mata de<br>Galeria  | AM4     | 113,8<br>195,7       |
| 5     | 22L<br>0800825<br>8265632 | Parque<br>Ecológico<br>Veredinha          | 1115m        | Organossolo                  | Mata<br>Ciliar/Mata<br>de Galeria                                 | AM5     | 95,6<br>164,4        |
| 6     | 22L<br>0817849<br>8247254 | Parque<br>Ecológico<br>de Águas<br>Claras | 1187m        | Organossolo<br>e Gleissolo.  | Mata de<br>Galeria  | AM6     | 77,2<br>132,8        |
| 7     | 22L<br>0810740<br>8272640 | Núcleo<br>Rural<br>Betinho                | 1266m        | Organossolo                  | Mata de<br>Galeria  | AM7     | 88,9<br>152,9        |

Fonte: O autor.

Com a análise de campo verificou-se que os sete pontos, de alguma forma, estão sofrendo interferência antrópica. O ponto 1, cujo mapa pedológico pode ser visto na figura 17, é uma área da VIA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS. E como pode ser visto no mapa pedológico, possui solos relacionados aos incêndios subterrâneos, são eles: gleissolo melânico e organossolo.

**Figura 17 – Mapa pedológico do Ponto 1.**



Fonte: AMBIENTAL TECNOLOGIA (2022).

No ponto 1 não foi possível analisar o solo a partir de um perfil, dessa forma, as amostras foram retiradas por meio de uma cavadeira articulada. A partir das análises de campo (figura 18) nota-se que o material superficial desses solos é composto por resíduos vegetais em vários estágios de decomposição (figura 18A - horizonte hístico), este apresenta mais de 40 centímetros e está acima de material mineral (figura 18C - argila).

**Figura 18 – A: amostra do horizonte hístico; B: amostras de diferentes profundidades, detalhe para diferenciação da coloração; C: amostra do material mineral.**



Fonte: O autor.

Em campo e observando a figura 18B, percebe-se que tanto a coloração do solo, como a plasticidade alteram-se. Logo observa-se um clareamento e um aumento da plasticidade com o aumento da profundidade. O clareamento do solo deve-se à diminuição da quantidade de matéria orgânica, já a plasticidade está relacionada a presença de argilominerais. Ressalta-se que a plasticidade está relacionada com a capacidade dos solos serem moldados sob certas condições de umidade.

A partir das análises químicas (Apêndice E), verificou-se que a quantidade de carbono orgânico da amostra retirada (figura 18A) nesse ponto foi de 80,6 g/kg, já a quantidade de matéria orgânica foi de 138,6 g/kg, ou seja, em 1 quilo de amostra possui por volta de 140 g de matéria orgânica.

Com relação ao contexto ambiental do ponto 1, trata-se de uma área de descarga de aquífero, porém constatou-se no campo que a região sofre rebaixamento do lençol freático. Associa-se tal rebaixamento a presença de condomínios nas redondezas da área e, principalmente, nas áreas de infiltração, localizadas nos latossolos da região do setor habitacional do Tororó.

Dessa forma, a partir do trabalho de campo infere-se que a área apresenta todas as particularidades necessárias para a ocorrência de um incêndio subterrâneo. Este ocorrendo e havendo necessidade de construção de valas, todo material relacionado ao horizonte hístico deverá ser retirado (figura 18A).

O ponto 2 está localizado entre a Colônia agrícola 26 de setembro e a Cidade Estrutural (figura 19A).

**Figura 19 – A: visão geral do ponto 2; B: perfil de solo; C: amostra com presença de raízes.**



Fonte: O autor.

A princípio classificou-se esses solos como organossolos, mas após o resultado da análise de carbono orgânico, abaixo de 80 g/kg, tais solos foram reclassificados como gleissolos, pois aparentemente apresentam horizonte hístico menor que 40 centímetros ou horizonte A húmico, proeminente ou chernozêmico.

Diferentemente do ponto 1, foi possível analisar o solo a partir de um perfil (figura 19B), no entanto, a homogeneidade do material inviabilizou qualquer tipo de diferenciação, a olho nu, ao longo do perfil. Dessa forma, caso ele exista, não foi possível a discriminação do horizonte hístico. Por outro lado, percebe-se a presença de raízes e restos vegetais ao longo de todo o perfil (figura 19C).

Ainda sobre o ponto 2, nota-se que, com o surgimento da Cidade Estrutural, a região sofreu uma urbanização acelerada e sem planejamento. Este fenômeno continua devido à expansão e ocupação desordenada das áreas da Colônia agrícola 26 de setembro.

Dessa forma, a partir do trabalho de campo infere-se que a área apresenta particularidades e condições ambientais propícias para a ocorrência de um incêndio subterrâneo.

Tal fato foi confirmado visto que no dia 11/08/2022 por volta das 13 horas da tarde, o Grupamento de Proteção Ambiental (GPRAM) atendeu uma ocorrência (Nº 2022081100200431; Latitude: -15.787556 e Longitude: -48.015510) de incêndio subterrâneo nas proximidades do ponto 2.

O ponto 3 está localizado no Parque Ecológico Boca da Mata. Trata-se do maior campo de murundus do Distrito Federal. A região está localizada entre as regiões administrativas de Taguatinga e Samambaia (figura 20).

**Figura 20 – Visão geral do Parque Ecológico Boca da Mata antes da ação do fogo; B: Visão geral do Parque após ação do fogo; C: Local de retirada da amostra com cavadeira articulada, detalhe para coloração do solo.**



Fonte: O autor.

Por estar no meio de duas grandes regiões administrativas (Taguatinga e Samambaia), o parque ecológico sofre uma interferência antrópica muito grande. Percebe-se que o nível freático na região abaixou bastante, visto que, mesmo o trabalho sendo realizado na época das chuvas (figura 20A), o perfil de solo não apresentava sinais de hidromorfismo.

Em uma nova ida ao parque para retirada de amostra, notou-se que a área tinha sido atingida por um incêndio superficial (figura 20B). Além disso, não se constatou nenhum tipo de resquício de material vegetal na amostra e como, pode ser visto na figura 20C, o solo não apresenta coloração escura, característica presente em solos com presença de matéria orgânica.

Tal observação feita em campo, pode ser comprovada a partir das análises quantitativas de matéria orgânica. Como pode ser visto na tabela 4, a amostra do ponto 3 (AM3) é a que apresenta menor quantidade de carbono e matéria orgânica: 53,0 e 91,2 g/Kg, respectivamente.

Dessa forma, conclui-se que apesar de apresentar fitofisionomia e tipo de solo (gleissolos) que podem estar relacionados aos incêndios subterrâneos, a área, provavelmente, não possui matéria orgânica suficiente para ocorrência do fenômeno.

Presume-se que devido à antropização e, conseqüentemente, o rebaixamento do lençol freático, a matéria orgânica do local foi oxidada. Sendo assim, o parque está suscetível apenas ao incêndio superficial, como foi constatado neste ano (figura 20A e figura 20B).

O ponto 4 está localizado nas proximidades do córrego da Vargem da Benção e relata bem o fenômeno descrito na figura 16. Tal fato, decorre da localização do ponto, visto que se encontra entre as regiões administrativas de Samambaia e do Recanto das Emas. Além disso, durante o trabalho de campo, constatou-se a presença de poços de captação de água subterrânea, estes utilizados pelos proprietários das chácaras ao redor do ponto.

Trata-se de um ambiente de mata de galeria (figura 21A) com a presença de buritis e exposição de organossolos (figura 21B).

**Figura 21 – A: visão panorâmica do ponto 4, detalhe para o afloramento de organossolo, o córrego vargem da benção e a mata de galeria; B: amostra do ponto 4 (AM4), detalhe para restos de material vegetal (raízes).**



Fonte: O autor.

Vale ressaltar que, dentre as amostras, a AM4 é a que possui a maior concentração de carbono orgânico, totalizando 113,8 g/kg (Apêndice E). A quantidade de matéria orgânica dessa amostra foi de 195,7 g/kg, ou seja, 1 quilo de amostra tem quase 200 g de matéria orgânica. Logo, trata-se de um local com

grande quantidade de material combustível exposto. Tal resultado já era esperado, desde as análises de campo, visto que a AM4, dentre as sete amostras é a que mais possui restos visíveis de material vegetal (figura 21B).

O ponto 5 está localizado no Parque Ecológico Veredinha, na região administrativa de Brazlândia. De acordo com o agente da unidade de conservação, Marcos João da Cunha, o parque, em 2021, foi atingido por um incêndio subterrâneo, sendo que tanto o CBMDF como os brigadistas do Instituto Brasília Ambiental – IBRAM atuaram nessa ocorrência.

Como pode ser visto na figura 22A, o contexto ambiental do ponto é bem semelhante ao do ponto 4. Logo, trata-se de uma área com mata de galeria, com presença de buritis, e sob processo de erosão e assoreamento do leito do Córrego Veredinha (figura 22B).

**Figura 22 – A: visão panorâmica de cima do ponto 5, detalhe para a mata de galeria; B: visão panorâmica a partir do ponto 5, detalhe para o Córrego Veredinha no canto direito e processo de erosão à frente.**



Fonte: O autor.

Observando a figura 22, nota-se a presença de solo com coloração escura, indicando assim a presença de matéria orgânica, e, além disso, há grande quantidade de raízes ao longo do perfil.

Com a abertura do perfil foi possível a distinção do horizonte hístico, este, como pode ser visto na figura 23, apresenta mais de 40 centímetros e possui 95,6 g/kg de carbono orgânico, já a quantidade de matéria orgânica foi de 164,4 g/kg, ou seja, 1 quilo de amostra possui por volta de 164,4 g de matéria orgânica. A partir desses dados, o solo foi classificado como organossolo.

**Figura 23 – A: perfil de organossolo do ponto 5, detalhe para distinção do horizonte hístico (abaixo da linha vermelha) e horizonte mineral (acima da linha vermelha); B: visão aproximada, detalhe para coloração escura do horizonte hístico e presença de raízes.**



Fonte: O autor.

O ponto 6 está localizado no Parque Ecológico de Águas Claras e, assim como o ponto 5, de acordo com a agente de unidade de conservação, Sarah Barreto, foi atingido por um incêndio subterrâneo em 2019. Em suma, a vegetação é a mesma dos pontos 4 e 5, ou seja, trata-se de uma mata de galeria com presença de buritis (Figura 24).

**Figura 24 – A: à direita, mata de galeria onde foi retirada amostra do ponto 6, detalhe para presença de prédios altos à esquerda; B: visão aproximada do local de retirada da amostra, constatou-se presença de buriti na região, detalhe para os frutos de buriti próximo ao martelo geológico; C: coloração escura e raízes evidenciam a presença de matéria orgânica.**



Fonte: O autor.

Em suma, o ponto 6 resume bem um local com características que levam a ocorrência de incêndios subterrâneos, visto que se trata de uma região de mata de galeria com presença de buritis e sob forte antropização. Além disso, como pode ser visto na figura 24C, a presença de solo com matéria orgânica torna o ambiente propício à ocorrência desses sinistros.

Ademais, a construção de prédios altos e ruas pavimentadas ao redor do parque ocasionou o rebaixamento do nível freático e, conseqüentemente, a ocorrência de incêndios subterrâneos, como o de 2019.

Averiguou-se o ponto 7 no dia 5 de agosto de 2022. Durante estágio operacional no Grupamento de Proteção Ambiental, foi informado que estaria ocorrendo um incêndio subterrâneo próximo à Radiobrás, na região administrativa de Brazlândia. Ao chegar ao local, constatou-se a presença de diversas características que poderiam levar a ocorrência de um incêndio subterrâneo.

Como pode ser visto na figura 25, trata-se de uma região de campo de murundus e mata de galeria. A partir da foto aérea e com ajuda da marcação vermelha é possível fazer a distinção entre as duas fitofisionomias, sendo que a mata de galeria se encontra à esquerda da marcação e o campo de murundus à direita.

**Figura 25 – Foto aérea demonstrando a presença de mata de galeria e campo de murundus, sendo que a mata de galeria está à esquerda da marcação vermelha, já o campo de murundus à direita.**



Fonte: O autor.

Posteriormente, a partir dos resultados quantitativos de carbono orgânico e matéria orgânica, constatou-se que o solo apresenta, respectivamente, 88,9 g/kg e 152,9 g/kg. Logo trata-se de um organossolo. Vale ressaltar que já nas análises visuais feitas em campo, a grande quantidade de matéria orgânica já era esperada, devido a coloração escura do solo e a presença de raízes.

Com relação ao dano causado pela ação do fogo, na área de campo de murundus, figura 26A, percebe-se que o incêndio causou grande destruição. Ao adentrar na mata de galeria, como pode ser visto na figura 26B, nota-se que a região também foi bastante atingida pelo incêndio. Mesmo árvores de grande porte foram atingidas.

**Figura 26 – A: campo de murundus após passagem do incêndio florestal; B: incêndio subterrâneo em mata de galeria.**



Fonte: O autor.

Além do dano ambiental, o sistema de captação de água dos pequenos agricultores da região também foi destruído (figura 27).

**Figura 27 – Sistema de captação de água, utilizado pelos agricultores, destruído durante o incêndio.**



Fonte: O autor.

É importante frisar que ao chegar no local, já havia uma guarnição no combate ao incêndio. Esta estaria no local há cerca de seis horas. O combate estava na sua fase final, restando assim apenas alguns focos.

Não foi necessária a construção de valas, visto que o fogo, apesar de estar em um ambiente propício à ocorrência de incêndios subterrâneos, não chegou a atingir grandes profundidades, chegando a profundidades maiores apenas por meio de raízes.

Certamente, a não propagação do fogo a profundidades maiores deve-se à presença do lençol freático. Como pode ser visto na figura 28, a água emergia na superfície, além disso, constatou-se por meio de uma cavadeira articulada que o solo apresenta grande teor de água, apesar da utilização da água pelos agricultores da região.

**Figura 28 – Afloramento natural do lençol freático.**



Fonte: O autor.

Ressalta-se que a não construção de valas foi uma decisão do chefe da guarnição de combate a incêndio florestal, sendo sua decisão tomada a partir de sua experiência e observação a olho nu.

Como pode ser visto na figura 29, os combatentes foram orientados, com a ajuda de uma ferramenta combinada *MCLEOD*, a retirar o material que estava supostamente em chamas na linha de fogo e colocá-lo na área queimada.

Os pontos quentes eram identificados por meio da efusão de fumaça do solo, sendo que a câmera térmica manual ou a acoplada em drones, em nenhum momento, foram utilizadas pela guarnição.

**Figura 29 – Retirada e colocação do material em chamas da linha de fogo para a área queimada.**

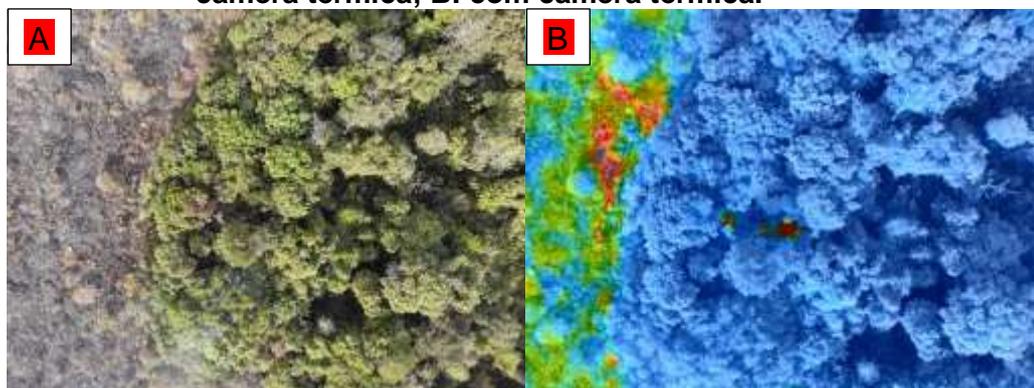


Fonte: O autor.

Mesmo com o incêndio na fase final, a guarnição do GPRAM, a qual o autor fazia parte, decidiu utilizar o drone com câmera térmica, modelo *MAVIC ENTERPRISE DUAL*.

Como já era de se esperar, a utilização do drone possibilitou uma visão mais detalhada da ocorrência (figura 30A), de forma que alguns pontos quentes foram identificados, principalmente na área de campo de murundus (figura 30B). Tal fitofisionomia possui uma vegetação menos densa e de menor porte, logo facilita a utilização tanto do drone como da câmera térmica.

**Figura 30 – Imagens aéreas adquiridas com *MAVIC ENTERPRISE DUAL*. A: sem câmera térmica; B: com câmera térmica.**



Fonte: O autor.

As áreas de coloração mais avermelhada (figura 30B) indicam pontos quentes. Dessa forma, merecem a atenção da guarnição, fato que não

aconteceu durante o sinistro, visto que a guarnição não fez uso de nenhuma tecnologia disponível no CBMDF.

A figura 30B sugere que o fogo se propaga do campo de murundus para a mata de galeria. Logo cabe ao chefe de guarnição analisar a situação e traçar estratégias, seja combatendo os focos individualmente ou construindo valas com o intuito de impedir a progressão de uma possível linha de fogo.

Após o trabalho de campo juntamente com o resultado das análises quantitativas de matéria orgânica, conclui-se que os possíveis locais de ocorrência de incêndios subterrâneos no Distrito Federal são áreas que, além de possuírem características propícias para a concentração de matéria orgânica, estão sob pressão antrópica.

No caso do Distrito Federal, destaca-se os parques ecológicos que, assim como o Parque Ecológico Veredinha e de Águas Claras (Ponto 5 e 6), estão situados entre as regiões administrativas.

Além disso, destaca-se as áreas próximas aos condomínios e às invasões (Ponto 1 e 2), visto que estes acabam impermeabilizando grandes áreas de recarga do aquífero, prejudicando assim o fluxo de água para as áreas úmidas.

As áreas de preservação permanente (APP) ao longo dos cursos d'água, situados entre regiões administrativas, também são possíveis locais, visto que, no âmbito do Distrito Federal, tem-se a invasão dessas áreas principalmente por condomínios e propriedades particulares. Além disso, há captação de água subterrânea nessas áreas o que leva ao rebaixamento no nível freático (Ponto 4).

Como foi visto as áreas rurais, apesar de não estarem submetidas a uma ação antrópica tão forte, se comparadas com outras regiões, merecem atenção, principalmente quando há captação de água por parte dos agricultores (Ponto 7) ou em anos de seca extrema, diminuindo assim a recarga do aquífero e resultando, conseqüentemente, no seu rebaixamento.

Em suma, é notório a necessidade de interpretação geral do ambiente para a determinação de possíveis locais susceptíveis aos incêndios subterrâneos. Como foi visto no Ponto 3, não basta analisar apenas a fitofisionomia do local ou qualquer outro aspecto isoladamente.

Para avaliar a susceptibilidade aos incêndios subterrâneos em uma determinada área, o combatente florestal deve levar em consideração a

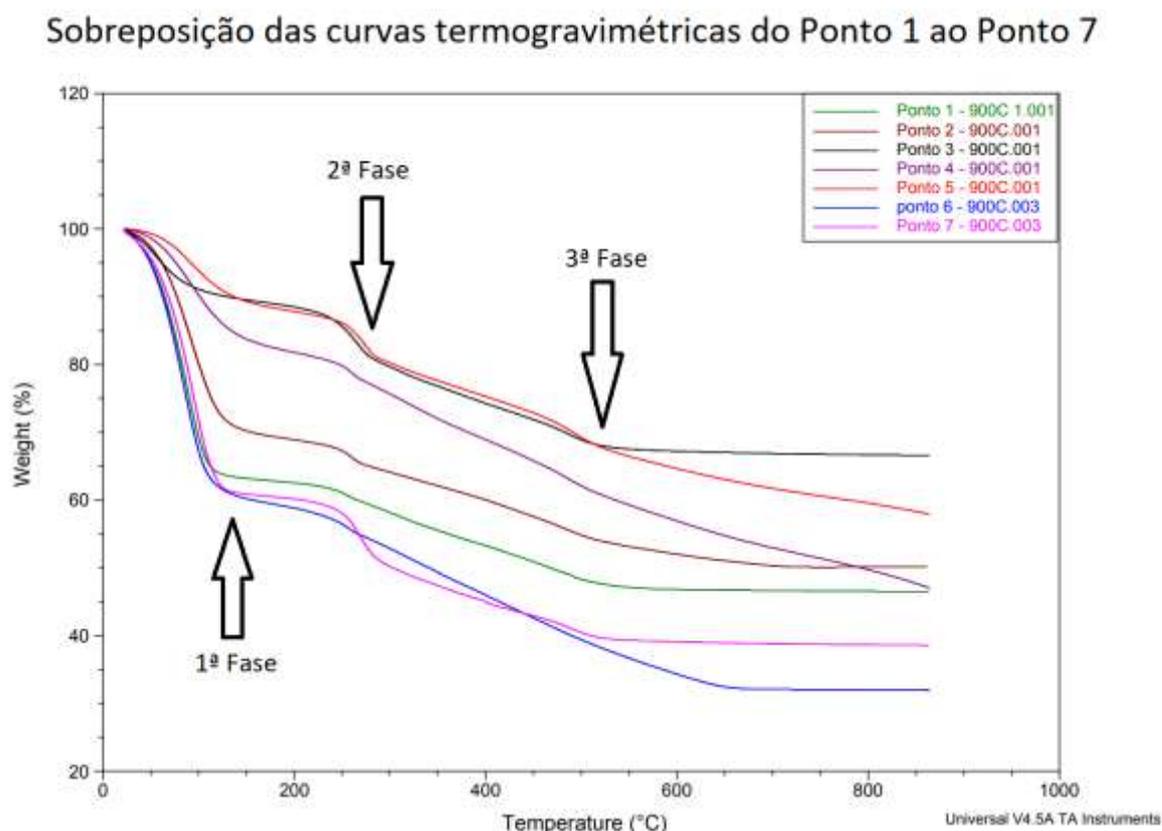
fitofisionomia, o tipo de solo, o nível do lençol freático, bem como o grau de interferência humana. Lembrando que as condições climáticas influenciam diretamente no nível do lençol freático.

#### 4.4. Apresentação de possíveis danos ambientais causados pelos incêndios subterrâneos.

Como foi dito, os incêndios subterrâneos são capazes de causar graves queimaduras aos combatentes florestais, no entanto, além dos possíveis danos causados aos seres humanos, há relatos que os incêndios subterrâneos também têm grande potencial de causar danos à fauna e à flora.

A partir das análises termogravimétricas, realizadas na Diretoria de Investigação de Incêndio (DINVI), das sete amostras (Apêndice F), constatou-se grande perda de massa com o aumento da temperatura (figura 31).

**Figura 31 – Sobreposição das curvas termogravimétricas das sete amostras com ênfase às fases de degradação.**



Fonte: O autor.

Como era de se esperar, visto que se trata praticamente do mesmo material, as sete amostras apresentam curvas com formato bem parecido. A partir da análise das curvas, percebe-se a presença de três fases (figura 31).

A primeira, por volta dos 150°C, representa a perda da umidade do solo, ou seja, perda de água que não está contida na estrutura do material mineral ou vegetal. Além disso, tem-se a perda por parte dos materiais voláteis.

As amostras com maior perda na primeira fase foram: AM6, AM7 e AM1. Tais amostras, como visto em campo, foram retiradas em ambientes bastante influenciados pelo lençol freático. Logo, a grande quantidade de água presente nessas amostras já era esperada.

Já na segunda e terceira fase tem-se a degradação do material orgânico. Como o material é, majoritariamente, de origem vegetal tem-se a degradação de compostos como: hemicelulose, celulose e lignina. Tanto o monóxido de carbono como o dióxido de carbono são liberados, em sua grande maioria, nessas duas fases.

Por volta dos 550°C, com exceção das amostras AM4 e AM5, não há perda de massa considerável, ou seja, grande parte da matéria orgânica já foi consumida. Vale ressaltar que temperaturas dessa grandeza podem ser encontradas em incêndios subterrâneos (figura 12B).

A perda de massa das amostras AM4 e AM5, em temperaturas maiores que 550°C, pode estar ligado a grande quantidade de matéria orgânico fíbrico, uma vez que este pode requerer temperaturas de degradação maiores que os materiais sápricos e hêmicos.

A tabela 5 resume os resultados das análises laboratoriais.

**Tabela 5 – Resultados termogravimétricos, de carbono e matéria orgânica (C: Carbono; Mat. Org.: Matéria Orgânica).**

| AMOSTRA | MASSA INICIAL (MG) | 0°C - 1ª FASE      | 1ª - 2ª FASE       | 3ª FASE - 900°C | RESÍDUO    | MASSA FINAL (MG) | C E MAT. ORG. (G/KG) |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|------------|------------------|----------------------|
| AM1     | 18,253             | 152,45°C<br>36,84% | 267,46°C<br>3,234% | 900°C<br>13,41% | 46,52<br>% | 8,492            | 80,6<br>138,6        |
| AM2     | 28,564             | 168,59°C<br>30,47% | 291,67°C<br>5,067% | 900°C<br>14,32% | 50,13<br>% | 14,320           | 58,1<br>99,9         |
| AM3     | 22,056             | 155,48°C<br>9,856% | 291,67°C<br>9,155% | 900°C<br>13,62% | 66,59<br>% | 14,690           | 53,0<br>91,2         |
| AM4     | 26,965             | 187,75°C<br>17,83% | 275,89°C<br>4,678% | 900°C<br>30,46% | 47,04<br>% | 12,680           | 113,8<br>195,7       |
| AM5     | 44,3540            | 188,70°C<br>11,93% | 296,74°C<br>7,750% | 900°C<br>22,36% | 57,92<br>% | 25,690           | 95,6<br>164,4        |
| AM6     | 15,779             | 170,61°C<br>39,25% | 268,47°C<br>4,769% | 900°C<br>22,88% | 31,97<br>% | 5,044            | 77,2<br>132,8        |
| AM7     | 18,122             | 147,41°C<br>38,15% | 291,67°C<br>10,14% | 900°C<br>12,10% | 38,59<br>% | 6,993            | 88,9<br>152,9        |

Fonte: O autor.

Analisando a tabela 5, percebe-se que as perdas, devido ao aumento da temperatura variam de 33,41% (AM3) a 68,03% (AM6). Logo, alguns solos chegam a perder mais da metade de sua massa devido ao aquecimento.

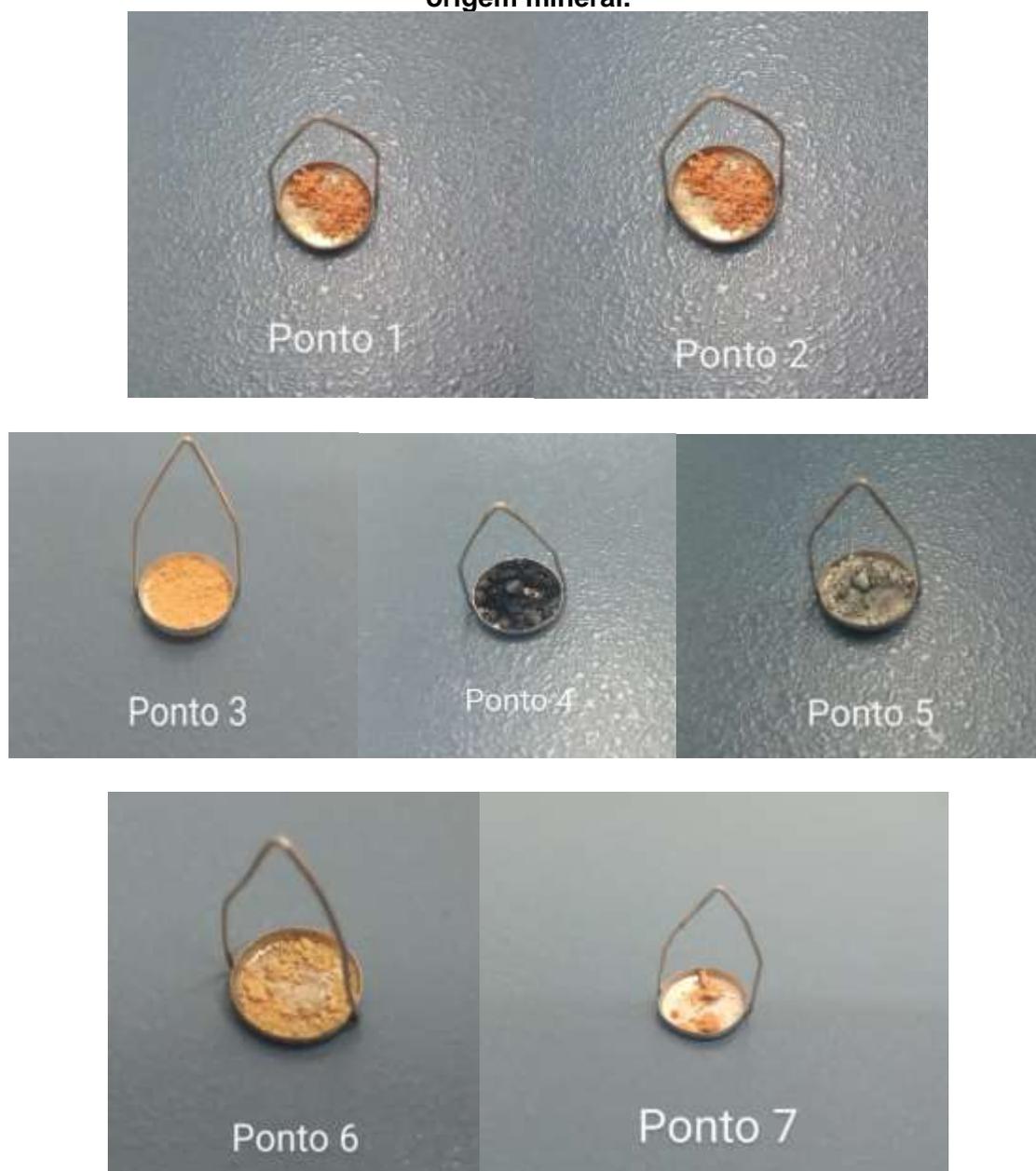
Ao dispor as amostras em ordem crescente de perda de massa, tem-se: AM3, AM5, AM2, AM4, AM1, AM7 e AM6. Caso as amostras sejam ordenadas em ordem crescente de quantidade de matéria orgânica, tem-se: AM3, AM2, AM6, AM1, AM7, AM5 e AM4.

Devido a pouca quantidade de amostras é difícil fazer uma correlação entre os dados, porém, como era de se esperar, a amostra com menor quantidade de matéria orgânica (AM3) e, a partir de observações feitas em campo, com menor quantidade de água, foi a que menos teve perda em sua massa e, conseqüentemente, possui a maior quantidade de resíduo (66,59%).

Dessa forma, a partir das análises termogravimétricas, conclui-se que, com o aumento da temperatura, os solos chegam a perder até 68,03% da sua massa, sendo que as principais perdas são água e matéria orgânica (carbono, hidrogênio e oxigênio).

Como pode ser visto na figura 32, os solos não apresentam mais fibras vegetais e, em sua grande maioria, perdem a coloração escura, esta, como já foi dito, indica a presença de matéria orgânica.

**Figura 32 – AM1, AM2, AM3, AM4, AM5, AM6 e AM7 após análises termogravimétricas. Detalhe para ausência de material vegetal, apenas de origem mineral.**



Fonte: O autor.

Ressalta-se que a perda de massa, devido aos incêndios subterrâneos, não foi comprovada apenas em análises laboratoriais, mas nos trabalhos de campo.

No incêndio subterrâneo, ocorrido próximo a Radiobrás, mesmo não atingindo grandes profundidades, nota-se a perda do solo e, conseqüentemente, a exposição das raízes (figura 33A).

No Parque Ecológico de Águas Claras, local atingido por um incêndio subterrâneo, é possível observar que o dano causado ainda perdura, visto que há grande quantidade de espaços entre as raízes e a superfície do solo (figura 33B). Estes chegam a 60 centímetros de espessura.

**Figura 33 – Perda de solo e exposição de raízes. A: durante incêndio subterrâneo próximo a Radiobrás, detalhe para marcação em vermelho; B: evidência da perda de solo, causado por um incêndio subterrâneo em 2019, no Parque Ecológico de Águas Claras.**



Fonte: O autor.

Juntamente com a perda dos solos, tem-se a destruição da vegetação da área atingida, inclusive de árvores de grande porte (figura 26B e figura 33A). Para Sansevero *et al.* (2020) a morte de árvores de grande porte promove a abertura do dossel, que, por sua vez, promove o dessecamento da floresta e favorece o estabelecimento de herbáceas e árvores pioneiras nas clareiras, as

quais produzem grandes quantidades de serapilheira, tornando, assim, a floresta mais suscetível a novos eventos de incêndio.

A partir dos trabalhos de campo observou-se que a área atingida, tanto no Parque Ecológico Veredinha como no Parque Ecológico de Águas Claras, é ocupada por samambaias (figura 34) e contém grande quantidade de serapilheira (figura 33B).

**Figura 34 – Área no Parque Ecológico de Águas Claras, atingida por um incêndio subterrâneo em 2019, ocupada por samambaias. Detalhe para setas vermelhas indicando árvores de grande porte mortas.**



Fonte: O autor.

Segundo Campos (2001 *apud* WALTER, 2006, p. 238) “A samambaia é outra vegetação possante que toma conta de grandes trechos das matas devastadas e perseguidas pelos incêndios...”. Como pode ser visto, além da destruição de árvores de grande porte, após os incêndios subterrâneos, tem-se o domínio da área por samambaias.

A partir das observações feitas em campo e de pesquisa bibliográfica, conclui-se que os incêndios subterrâneos causam diminuição da biodiversidade local, visto que o local, antes ocupado por diversas espécies, inclusive de grande porte, passa a ser dominado por apenas uma espécie.

Além dos possíveis danos já citados, com a abertura do dossel tem-se uma floresta cada vez mais aberta e degradada. Esta por sua vez oferece habitat e recursos cada vez menos adequados para os animais dependentes da floresta úmida. Por exemplo, alterações na estrutura e composição da floresta afetam a produção de frutos para grandes vertebrados (BARLOW, PERES, 2006).

Além dos grandes vertebrados, em seus trabalhos, Barlow *et al.* (2003) e Barlow e Peres (2004) relatam que as aves e os grandes frugívoros, animais que se alimentam de frutos sem danificar as sementes, são severamente afetados durante os três primeiros anos após os incêndios. Já Sales *et al.* (2020) mencionam que os efeitos de longo prazo na fauna vertebrada perduram enquanto as condições ambientais permanecerem alteradas.

É importante frisar que além dos efeitos negativos reversíveis, causados pelos incêndios subterrâneos, há aqueles irreversíveis. Em visita técnica ao Instituto NEX, constatou-se que a fauna também é afetada de forma irreparável pelos incêndios subterrâneos. Amanaci, uma onça-pintada resgatada durante os incêndios ocorridos no Pantanal em 2020, é um exemplo do quão perigoso e danoso podem ser os incêndios.

A onça-pintada, Amanaci, foi encontrada na região de Poconé, no estado de Mato Grosso. O animal teve queimaduras de 3º grau em todas as patas e, de acordo com o Cel./QOBM Paulo André da Silva Barroso do CBMMT (Apêndice D), as queimaduras foram decorrentes dos incêndios subterrâneos (figura 35). Ressalta-se que o Cel./QOBM Paulo André da Silva Barroso do CBMMT esteve à frente da operação de resgate da Amanaci.

**Figura 35 – Queimaduras de 3º grau, sofridas por Amanaci, decorrentes dos incêndios subterrâneos no Pantanal.**



Fonte: YouTube (2020).

Atualmente o animal se encontra no Instituto NEX, localizado em Corumbá de Goiás - GO. Em entrevista (Apêndice C), Daniela Gianni, coordenadora de Projetos e Atividades do Instituto NEX, relatou que foram 78 dias de tratamento, com sedação e curativos.

Atualmente, Amanaci se encontra bem, inclusive já procriou, porém perdeu a habilidade de expor e retrair as garras, o que a impede de viver em vida livre. Segundo Daniela Gianni, dos 25 animais que estão abrigados no instituto, duas fêmeas sofreram ferimentos e lesões devido aos incêndios florestais, são elas: Amanaci e Marruá. Esta se queimou e perdeu-se da mãe durante os incêndios.

Daniela Gianni narra que outras duas onças, que foram tratadas lá mesmo no Pantanal, não resistiram. Logo percebe o quão danoso e fatal podem ser os incêndios subterrâneos, mesmo para animais que ocupam o topo da cadeia alimentar, visto que ao andar pelas regiões atingidas o animal não consegue presumir por onde o fogo se propaga.

De acordo com Daniela Gianni, a recuperação e reintrodução de um felino pode chegar a custar milhões de reais. No caso da Amanaci, o prejuízo ambiental e financeiro causado pelo incêndio subterrâneo é imensurável, visto que o animal terá que estar sob cuidados e viver em cativeiro pelo resto da sua vida.

Ressalta-se que, para os animais que ainda tem condições de retornar à natureza, a operação pode falhar, visto que o retorno do animal ao seu ambiente natural não é algo que pode ser plenamente controlado, de forma que, mesmo com os possíveis cuidados, este não esteja preparado para competir com indivíduos da mesma espécie.

A partir da visita ao instituto NEX, conclui-se que a fauna também é muito prejudicada pelos incêndios subterrâneos, visto que animais, como a onça-pintada, estão sendo prejudicados diretamente pelos incêndios.

No âmbito do Distrito Federal já há indícios de que animais de grande porte estão sendo afetados pelos incêndios. De acordo com Ortiz (2022), nos incêndios florestais ocorridos no Parque Nacional de Brasília neste ano, militares do CBMDF noticiaram a presença de um lobo-guará andando desorientado em meio a área queimada. Ainda de acordo com a jornalista, a partir de uma nota do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade, a área foi atingida por incêndios subterrâneos.

Em conclusão, o trabalho demonstra que o fogo pode ter efeitos prejudiciais nos solos, como: alteração nas propriedades físicas, bem como diminuição da umidade do ambiente. Conseqüentemente, e juntamente com os danos causados aos solos, tem-se a degradação da flora e fauna de forma reversível ou não.

#### **4.5. Confecção de um Procedimento Operacional Padrão de combate a incêndio subterrâneo.**

Com base nos objetivos específicos anteriores e nos diversos trabalhos abordados, como o de Medeiros (2011), tem-se a confecção do Procedimento Operacional Padrão de combate a incêndio subterrâneo. O POP, juntamente com a especificação do produto, foi adicionado ao Apêndice G.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da metodologia apresentada no capítulo 3.2 (Procedimento Metodológico) e ao cumprir os cinco objetivos específicos elencados no capítulo 1 (Introdução), o objetivo geral da presente pesquisa foi alcançado, uma vez que se constatou que as ações de combate a incêndio subterrâneo, no âmbito do CBMDF, não são baseadas em procedimentos padronizados e desprovidas de novas tecnologias.

Conforme os resultados apresentados e discutidos por meio do capítulo 4.1, com a análises dos dispositivos normativos acerca dos incêndios subterrâneos no CBMDF, evidenciou-se a falta de um dispositivo normativo oficial que norteie as ações de combate aos incêndios subterrâneos na corporação.

Atualmente, o Protocolo de combate a incêndio subterrâneo de Medeiros (2011), apesar de nunca ter sido publicado em Boletim Geral, norteia as ações de combate a incêndio subterrâneo no CBMDF. Mesmo sendo um excelente trabalho, após a leitura, o presente trabalho constatou que novas abordagens e ações (tabela 2) poderiam ser acrescentadas ao trabalho, logo foram realizadas neste trabalho.

Além de novas abordagens e ações, a partir da descrição da utilização de novas tecnologias nas ocorrências de combate a incêndio subterrâneo (capítulo 4.2), o trabalho verificou que corporações de outros estados já fazem o uso de novas tecnologias nas ocorrências de incêndio subterrâneo.

Por outro lado, apesar de possuir tais tecnologias, o CBMDF não faz uso dos equipamentos, de forma que os militares não estão cientes do quão eficiente e útil é a utilização de câmeras térmicas manuais ou acopladas em drones.

Como pode ser visto, os equipamentos permitem a localização dos pontos quentes, bem como da propagação da linha de fogo. Logo, sua utilização é de extrema importância na formulação de estratégias e táticas durante o combate.

Dessa forma, perante as ocorrências de incêndio subterrâneo, o trabalho propõe não apenas novas abordagens e ações, mas a utilização de novas tecnologias as quais não estão incluídas no trabalho de Medeiros (2011), são elas: sensor termal *BULLARD T4MAX* e drone modelo *MAVIC ENTERPRISE DUAL*.

O trabalho, além de incentivar o uso de novas tecnologias, ao longo do capítulo 4.3, descreve possíveis particularidades, ambientes e locais de ocorrência de incêndios subterrâneos no Distrito Federal (tabela 3).

Além do contexto ambiental citado, constatou-se que há uma relação entre os locais propícios aos incêndios subterrâneos e a antropização, sendo que locais com sobrecarga de uso dos recursos subterrâneos ou com impermeabilização das áreas de recarga, tendem a serem mais susceptíveis a esse tipo de incêndio, visto que a umidade do solo está diretamente relacionada ao nível do lençol freático.

Ressalta-se que, além da antropização, períodos com grande estiagem são capazes de gerar o mesmo efeito, visto que também provocam o rebaixamento do lençol freático e, conseqüentemente, a diminuição do teor de água no solo.

Dessa forma, observa-se que o combatente florestal para reconhecer as possíveis áreas sujeitas aos incêndios subterrâneos e, conseqüentemente, formular estratégias eficientes, que busquem a preservação do local, precisa ter um conhecimento amplo sob as características ambientais da região de atuação.

Ademais, conforme apresentado no capítulo 4.4, listou-se alguns danos ambientais causados pelos incêndios subterrâneos. Como pode ser visto, os incêndios causam grande destruição na fauna e na flora.

Em ambos os danos podem ser irreparáveis, visto que animais atingidos podem não retornar à natureza e os locais atingidos perderem grande parte da sua biodiversidade.

Vale enfatizar que, na maioria dos casos, os incêndios subterrâneos são mais danosos que os superficiais, visto que esses afetam diretamente os solos. Como pode ser visto nas análises termogravimétricas, a perda de massa dos solos, causada pelo aquecimento, pode chegar a 68,03% da massa total (tabela 5), sendo que grande parte dessa perda ocorre até os 550°C. Tal temperatura foi constatada em incêndios subterrâneos no DF (figura 12B).

Logo, não há dúvidas de que tal tipo de ocorrência requer uma atenção maior por parte do combatente florestal, de forma que este deve botar em prática todo seu conhecimento e usar os recursos tecnológicos a seu favor.

Após a realização dos estudos e tendo como base Medeiros (2011), o trabalho propõe um Procedimento Operacional Padrão para as ocorrências de combate a incêndio subterrâneo (capítulo 4.5).

Este descreve ações, desde a detecção até a desmobilização, que o combate florestal deverá tomar ao se deparar com esse tipo de sinistro. Apesar de ter sido realizado no âmbito do Distrito Federal, o POP pode ser utilizado por outras corporações, bastando o contexto ambiental ser semelhante.

Por fim, recomenda-se que estudos sejam feitos com o intuito de aprimorar ainda mais o POP, englobando assim ações de prevenção. Estas só podem ser tomadas, caso os ambientes susceptíveis aos incêndios subterrâneos sejam identificados.

Logo, novos estudos, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, podem ser feitos a fim de que novas áreas sejam mapeadas e reconhecidas.

De modo a ajudar em futuras operações, além do mapeamento de novas áreas recomenda-se a confecção de um banco de dados com informações acerca dos locais com histórico de incêndios subterrâneos visto que tais locais podem ser submetidos a novos eventos. Ademais, estudos com o intuito de propor as configurações ideais da câmera térmica para as ocorrências de incêndio subterrâneo podem ser realizados.

## REFERÊNCIAS

AMBIENTAL TECNOLOGIA. **Mapa pedológico para VIA EMPREEDIMENTOS IMOBILIÁRIOS na escala de 1:2200**. Brasília, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Práticas mecânicas de conservação de água e solo**. Brasília – DF. Conservação, uso racional e sustentável da água – Materiais D. Unidade 1. 2015. Disponível em: <http://dspace.agencia.gov.br:8080/conhecerrhana/62>. Acesso em: 15 jun. 2022

ALMEIDA, Carlos Cristiano Oliveira de Faria. **Metodologia científica e inovação tecnológica: desafios e possibilidades**. Brasília, DF: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e solos**. Rio de Janeiro, p. 17. 1995.

BARLOW, J.; PERES, C.A. **Avifauna responses to single and recurrent wildfires in Amazon forests**. 2004. Ecol. Appl. Vol. 14. Pg. 1358–1373. Disponível em: <https://doi.org/10.1890/03-5077>. Acesso em: 17 jun. 2022.

BARLOW, J.; PERES, C.A. **Effects of Single and Recurrent Wildfires on Fruit Production and Large Vertebrate Abundance in a Central Amazonian Forest**. 2006. Biodivers. Conserv. Vol. 15. Pg. 985–1012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-004-3952-1>. Acesso em: 15 jun. 2022.

BARLOW, J.; PERES, C.A.; LAGAN, B.O.; HAUGAASEN, T. **Large tree mortality and the decline of forest biomass following Amazonian wildfires**. 2003. Ecol. Lett. Vol. 6. Pg. 6–8. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00394.x>. Acesso em: 15 jun. 2022.

BERLINK, Chritian. **Entrevista Quente**. Unidade de Educação Ambiental do Instituto Brasília Ambiental. Almanaque do fogo 2020: prevenção e combate a incêndio florestal. Brasília. Instituto Brasília Ambiental - IBRAM, p. 1- 24, março, 2020. Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br/publicacoes/>. Acesso em: 22 out. 2021.

BERNARDI, Alberto. **Artigo: Por que o solo é tão importante quanto a água e o ar?** Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/57867457/artigo-por-que-o-solo-e-tao-importante-quanto-a-aqua-e-o-ar>. Acesso em: 17 out. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.086, de 06 de novembro de 2009**. Dispõe sobre militares da Polícia Militar do Distrito Federal e do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal; altera as leis [...]; e dá outras providências. Brasília: Presidente da República, 2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ Ato2007-2010/2009/Lei/112086.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2007-2010/2009/Lei/112086.htm). Acesso em: 7 maio 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de

19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília: Presidente da República, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 23 abr. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biodiversidade**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade>. Acesso em: 12 maio 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Curso de capacitação sustentabilidade na administração pública**. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental, Departamento de Desenvolvimento, Produção e Consumo Sustentáveis. Brasília, DF: MMA, 2017.

BULLARD. **T4MAX Thermal Imager Bid Specifications**. 2013. Cynthiana, KY. USA.

CAMPOS, J. E. G. **Desenho ilustrativo de perfil E-W demonstrando o rebaixamento do nível freático (NF) devido a ação antrópica**. [Entrevista cedida ao] Cadete Mesquita. Apêndice A. Brasília. 2022.

CHISTJAKOV, V.I.; et al. **Measures for Fire-Prevention on Peat Deposits**. In: Wein, R.W.; MacLean, D.A. The role fire in northern circumpolar ecosystems. USSR: SCOPE, 1983. Cap. 14, p.259-271.

CONFERÊNCIA NACIONAL DE MUNICÍPIOS. **Incêndio subterrâneo: dificuldade de combate mostra riscos de queimadas no Centro-Oeste**. 2013. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/inc%C3%A2ndio-subterr%C3%A2neo-dificuldade-de-combate-mostra-risco-de-queimadas-no-centro-oeste>. Acesso em: 23 set. 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Manual de capacitação em Combate a Incêndio florestal**. 1. ed. Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://www.cbm.sc.gov.br/>. Acesso em: 20 fev. 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Manual para a normalização de trabalhos acadêmicos do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal**. Diretoria de Ensino. Brasília, 2020a. Disponível em: <https://www.cbm.df.gov.br/downloads/edocman/legislacoes/manuaisadministrativos/Manual%20de%20normalizao%20de%20trabalhos%20acadmicos%20-%20CBMDF.pdf>. Acesso em: 02 out. 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Relatório da Operação Verde Vivo (OPVV) 2020**. Brasília, 2020b.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Portaria nº 11, de 11 de abril de 2017. Aprova e publica o Plano Estratégico do CBMDF, ciclo 2017-2024. **Boletim Geral nº 72, de 13 de abr. de 2017**, Brasília, 2017.

COTA, André Matos Pinto. **Detecção de foco de incêndio subterrâneo em turfa por câmara termal portátil**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Ciências Ambientais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: <https://bdm.unb.br/>. Acesso em: 8 fev. 2021.

DENARI, G. B.; CAVALHEIRO. É. T. G. **Princípios e aplicações de análises térmicas**. 2012. Material de apoio - Curso teórico/prático. Universidade de São Paulo (USP). São Carlos. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75135/tde-04042013-151955/publico/GabrielaBuenoDenari\\_Revisado\\_Anexo.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75135/tde-04042013-151955/publico/GabrielaBuenoDenari_Revisado_Anexo.pdf). Acesso em: 22 jun. 2022.

DRUMMOND, G.M.; MARTINS, C.S.; MACHADO, A.B.M.; SEBAIO, F.A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais: Um atlas para sua conservação**. 2005. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2017/04/biodiversidade-em-minas-gerais.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). Cerrado: ecologia e flora v. 2. Brasília, 2008. 876 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado>. Acesso em: 15 fev. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Manual de métodos de análise de Solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, 2018.

FERNÁNDEZ, D.; BARQUÍN, J.; ÁLVAREZ-CABRIA, M.; PEÑAS, F. J. **Land-use coverage as an indicator of riparian quality**. Ecological Indicators. Vol. 41. Pag.165-174. 2014. Disponível em: [https://www.academia.edu/39133835/Land\\_use\\_coverage\\_as\\_an\\_indicator\\_of\\_riparian\\_quality](https://www.academia.edu/39133835/Land_use_coverage_as_an_indicator_of_riparian_quality). Acesso em: 13 set. 2022.

GAVA, G. J. C.; PALMESAN, H.; MARCONATO, G. M.; REZENDE, J. H. **Segundo boletim do projeto educando sobre as águas: educação ambiental em recursos hídricos**. Barra Bonita: Programa Petrobras Ambiental, 2007 (Boletim técnico). Disponível em: [http://www.maenatureza.org.br/projetoeducando/folders/poster13\\_ciclo\\_hidrologico/](http://www.maenatureza.org.br/projetoeducando/folders/poster13_ciclo_hidrologico/). Acesso em 27 set. 2022.

GIL, Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. Brasília, 2017.

GLEISER, Marcelo. **A dança do universo – dos mitos de Criação ao Big-Bang**. 1. ed. Companhia das letras. 23 de jul. 2006.

HEBERT-DUFRESNE, L.; PELLEGRINI, A.F.A.; BHAT, U.; REDNER, S.; PACALA, S.W.; BERDAHL, A.M. **Edge fires drive the shape and stability of tropical forests**. 2018. Ecol. Lett. Vol. 21. Pg. 794–803. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ele.12942>. Acesso em: 17 jun. 2022.

HOMAINÉJAD, N.; RIZOS, C. **Application of multiple categories of unmanned aircraft systems (uas) in different airspaces for bushfire monitoring and response**. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Austrália. v. xl-1/w4. p. 55–60, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/281580560\\_APPLICATION\\_OF\\_MULTIPLE\\_CATEGORIES\\_OF\\_UNMANNED\\_AIRCRAFT\\_SYSTEMS\\_UAS\\_IN\\_DIFFERENT\\_AIRSPACES\\_FOR\\_BUSHFIRE\\_MONITORING\\_AND\\_RESPONSE](https://www.researchgate.net/publication/281580560_APPLICATION_OF_MULTIPLE_CATEGORIES_OF_UNMANNED_AIRCRAFT_SYSTEMS_UAS_IN_DIFFERENT_AIRSPACES_FOR_BUSHFIRE_MONITORING_AND_RESPONSE). Acesso: 15 maio 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2. Ed. Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>. Acesso em: 05 de fev. 2022.

LEPSCH, Igo F. **19 lições de pedologia**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2021

LIU, Y.; STANTURF, J.; GOODRICK, R. **Trends in global wildfire potential in a changing climate**. 2010. Vol. 259. Issue 4. Pag 685 – 697. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112709006148>. Acesso em: 15 maio 2022.

LOZANO, E; JIMÉNEZ-DIMILLA, P. **Intensidade y severidade del fuego**. 2013. Red Temática Nacional Efectos de los Incendios Florestales sobre los Suelos (FUEGORED). Ficha técnica FGR 2013/01.

MAILLARD, P.; PEREIRA, D.B.; SOUZA, C.G. **Incêndios florestais em veredas: Conceitos e estudos de caso no Peruaçu**. 2009. Rev. Bras. Cartogr. Vol. 61. Pag. 321–330. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43653/22917>. Acesso em: 18 set. 2022.

MARSH, W. **Landscape planning: environmental applications**. New York: John Wiley & Sons, 1983.

MEDEIROS, Ronaldo Lima de. **Protocolo de combate a incêndio subterrâneo**. 2011. Monografia de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais Combatentes) – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2011.

MEDEIROS, Tatiana Benvenuto. **POP – Procedimento Operacional Padrão: Um exemplo prático**. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Administração) - Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão, Assis - SP, 2010. Disponível em:

<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/argTccs/0911260985.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

MERINO, L. *et al.* **An Unmanned Aircraft System for Automatic Forest Fire Monitoring and Measurement.** *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. v. 65. p. 533–548. 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/220062080\\_An\\_Unmanned\\_Aircraft\\_System\\_for\\_Automatic\\_Forest\\_Fire\\_Monitoring\\_and\\_Measurement](https://www.researchgate.net/publication/220062080_An_Unmanned_Aircraft_System_for_Automatic_Forest_Fire_Monitoring_and_Measurement). Acesso: 15 maio 2021.

NASCIMENTO, Anderson Lino do. **A descontinuidade da operação dos aviões de combate a incêndio florestal, em razão da falta de pilotos: uma ameaça real.** 2020. Monografia de Conclusão de Curso (Curso de Altos Estudos para Oficiais Combatentes) – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2020.

SILVA NETO, Luís de França da Silva. **Pedogênese e matéria orgânica de solos hidromórficos da região metropolitana de Porto Alegre.** 2010. Tese submetida como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em ciência do solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26878/000761450.pdf?sequence=1>. Acesso em: 04 abr. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **FAO: biodiversidade do solo é a base da vida humana.** Brasil, 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/106614-fao-biodiversidade-do-solo-e-base-da-vida-humana>. Acesso em: 22 out. 2021.

ORTIZ, Brenda. **Combate a incêndio no Parque Nacional de Brasília chega ao quinto dia; 2,89 mil hectares foram queimados.** Disponível em: <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2022/09/09/combate-a-incendio-no-parque-nacional-de-brasilia-chega-ao-quinto-dia-289-mil-hectares-foram-queimados.ghtml>. Acesso em: 17 set. 2022.

PAUSAS, Juli G. **Incendios Forestales.** CSIC. Ministerio de Economía y Competitividad. 2012. Catarata, Madrid.

PIVELLO, V. *et al.* **Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies.** 2021. *Perspect. Ecol. Conserv.* 19: 233-255. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.005>. Acesso em: 15 ago. 2022.

QUEIROZ, Marina Lima. **Nascentes, veredas e áreas úmidas. Revisão conceitual e metodologia de caracterização e determinação em estudo de caso na Estação Ecológica de Águas Emendadas – Distrito Federal.** 2015. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas, da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Hidrogeologia. Brasília, 2015.

Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/20429>. Acesso em: 10 nov. 2021.

RADARGERAL. **MG: Em combate a incêndios subterrâneos, Corpo de Bombeiros usa drones com câmeras térmicas.** Disponível em: <https://radargerall.com.br/minas-gerais/mg-em-combate-a-incendios-subterraneos-corpo-de-bombeiros-usa-drones-com-cameras-termicas/>. Acesso: 25 abr. 2022.

REATTO, Adriana *et al.* **Mapa Pedológico Digital – SIG Atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma Síntese do Texto Explicativo.** Planaltina: Embrapa Cerrados. 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330574>. Acesso: 10 jan. 2022.

REVISTA ÁGUAS CLARAS. **Continua o combate ao fogo subterrâneo no Parque Ecológico de Águas Claras.** Disponível em: <https://www.revistaaguasclaras.com.br/cidade/3392-continua-o-combate-ao-fogo-subterraneo-no-parque-ecologico-de-aguas-claras>. Acesso em: 18. abr. 2022.

ROCHA, José Manuel Fernandes. **Incêndios florestais como fator de erodibilidade do solo: aplicação experimental de técnicas de fogo controlado e de parcelas de erosão no município de Santo Tirso.** Dissertação de mestrado. Mestrado em Geografia – Área de especialização em Planejamento e Gestão do Território. Universidade do Minho. Instituto de Ciências Sociais. 2016. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/47962>. Acesso: 01 jan. 2022.

RYAN, K.; NOSTE, N. **Evaluating prescribed fires in Proceedings - Symposium and Workshop on Wilderness** (Lotan, J.E. et al.; tech. coord); USDA; 1985. Pag. 230 – 238.

SAINT MARTIN, Daniel Rodrigues Ferreira. **Avaliação objetiva do nível de atividade física, do comportamento sedentário e da aptidão cardiorrespiratória de bombeiros militares.** 2018. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade de Brasília. Brasília, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/33870>. Acesso em: 17 maio de 2021.

SALES, L.P.; GALETTI, M.; PIRES, M.M. **Climate and land-use change will lead to a faunal “savannization” on tropical rainforests.** 2020. *Glob. Chang. Biol.* Vol. 26. Pg. 7036–7044. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.15374>. Acesso em: 17 jun. de 2022.

SANSEVERO, J.B.B.; GARBINC, M.L.; SÁNCHEZ-TAPIAB, A.; VALLADARES, F.; SCARANO, F.R. **Fire drives abandoned pastures to a savanna-like state in the Brazilian Atlantic Forest.** 2020. *Perspect. Ecol. Conserv.* Vol. 18. Pg. 31–36. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.12.004>. Acesso em: 10 set. de 2022.

- SAWYER, Donald *et al.* **Perfil do Ecossistema Hotspot de Biodiversidade do Cerrado**. 2017. Resumo Expandido. Disponível em: [http://www.cepf.net/where\\_we\\_work/regions/south\\_america/cerrado/Pages/default.aspx](http://www.cepf.net/where_we_work/regions/south_america/cerrado/Pages/default.aspx). Acesso em: 11 out. 2021.
- SCHUMACHER, M. V.; DICK, G. **Incêndios florestais**. 3 ed. rev. p. 153. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Ciências Rurais - Departamento de Ciências Florestais. 2018. Disponível em: [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/832/2020/12/CADERNO-DIDATICO\\_INCENDIOS-FLORESTAIS.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/832/2020/12/CADERNO-DIDATICO_INCENDIOS-FLORESTAIS.pdf). Acesso em: 27 out. 2021.
- SILVA, Claiton Márcio da. Entre Fênix e Ceres: A grande aceleração e a fronteira agrícola no Cerrado. **Varia História**, vol. 34, p. 409-444, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/vh/a/QJwHqKNbfZkcxhPRQWpBgRq/?lang=pt>. Acesso em: 01 nov. 2021.
- SILVA, Cláudio Nei Nascimento da; PORTO, Marcelo Duarte. **Metodologia científica descomplicada: prática científica para iniciantes**. 1. ed. Brasília, 2016.
- SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K. W. N. **Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva**. Engenharia Agrícola, v.25, n.2, p.409-419, 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/237644218\\_Efeito\\_da\\_cobertura\\_nas\\_perdas\\_de\\_solo\\_em\\_um\\_Argissolo\\_Vermelho-Amarelo\\_utilizando\\_simulador\\_de\\_chuva](https://www.researchgate.net/publication/237644218_Efeito_da_cobertura_nas_perdas_de_solo_em_um_Argissolo_Vermelho-Amarelo_utilizando_simulador_de_chuva). Acesso em: 23 jan. 2022
- SOARES, Ronaldo Viana. **A proteção contra incêndios florestais**. Opiniões sobre a tecnologia aplicada a silvicultura. Ribeirão Preto – SP. p. 1-48. Março-maio. 2006. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/27-protECAo-contra-incendios-florestais/>. Acesso em: 26 out. 2021.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais – Controle, Efeitos e Uso do Fogo**. Curitiba, 2007. 264 p.
- USUP, A.; HASHIMOTO, Y.; TAKAHASHI, H.; HAYASAKA, H. **Combustion and thermal characteristics of peat fire in tropical peatland in Central Kalimantan, Indonesia**. Tropics. 2004, v. 14, n. 1, pp. 1-19. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Combustion-and-thermal-characteristics-of-peat-fire-Usup-Hashimoto/12bbc9f92a0354e97aad9e3cb74259172656410a>. Acesso em: 17 abr. 2022
- VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online]. 2010, v. 14, n. 1, pp. 55-64. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000100008>. Acesso em: 03 abr. 2022

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. **An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method.** Soil Science, v. 37, n. 1, p. 29-38, Jan. 1934.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas.** 2006. Tese submetida ao Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial do Programa de Pós-graduação em Ecologia, para obtenção do título de Doutor em Ecologia. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174889/1/Fitofisionomias-do-bioma-Cerrado.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.

WATTS, A. C.; KOBZIAR, L. N. **Smoldering Combustion and ground Fires: ecological effects and multi-scale significance.** 2013. Pag. 124. School of Forest Resources and Conservation, University of Florida, 371 Newins-Ziegler Hall, Gainesville, Florida 32611, USA.

YOUTUBE. **Tratamento da Amanaci, onça-pintada resgatada no Pantanal – LifePrint – Cia. Marítima.** Canal AMPARA Animal. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=dvnlI0D8fR0>. Acesso em: 02 abr. 2021.

ZIECH, U. S. **A Obtenção, processamento e aplicação de aerofotografias obtidas por aeronaves remotamente pilotadas no serviço do Grupamento de Busca e Salvamento.** 2021. Monografia de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais Combatentes) – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2021. Disponível em: <https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/handle/123456789/194>. Acesso em: 30 abr. 2021.

ZIGOMAR, M. de S.; Alves, M. C. **Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.1, p.18-23, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/9RSW7BVy97rFwHMPBvx5xrF/abstract/?lang=pt>. Acesso: 23 jan. 2022.

## APÊNDICE A – ENTREVISTA DE PESQUISA

Meu nome é Filipy Ferreira de **Mesquita**, sou Cadete do 2º ano do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). Ao final do curso cada Cadete deve apresentar um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) que será avaliado pelos próprios militares do CBMDF. No meu caso, o tema escolhido é incêndio subterrâneo. Gostaria de pedir ajuda do Professor Doutor José Eloi Guimarães Campos. O Professor possui graduação em Geologia (1990), mestrado em Geologia (1992) e doutorado em Geologia (1996) todos os títulos pela Universidade de Brasília. Atualmente é professor Titular do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília - UnB. Tem experiência na área de Geociências, atuando principalmente nos seguintes temas: Hidrogeologia, Pedologia, Gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos, Estratigrafia, Sedimentologia, Geologia de depósitos de fosfato, Geologia Regional, Mapeamento Geológico e Geologia Ambiental. Com a entrevista pretendo correlacionar os temas: incêndios subterrâneos e pedologia. Ao final do trabalho, pretendo confeccionar um Procedimento Operacional Padrão (POP) para as ocorrências de incêndio subterrâneo. Desde já, agradeço a compreensão e a ajuda do Professor Dr. José Eloi Guimarães Campos.

1. De forma resumida, o senhor poderia falar qual a relação dos incêndios subterrâneos com o horizonte hístico (O)? O senhor acredita que a ocorrência dos incêndios subterrâneos está diretamente relacionada à presença desse horizonte? Se sim, qual ou quais tipos de solos estão mais sujeitos a ocorrência de incêndios subterrâneos?

**Incêndios subterrâneos são devidos à queima de matéria orgânica abaixo da superfície do terreno. A maior parte dos horizontes dos solos são classificados como "Horizontes minerais", isto é, são compostos majoritariamente por material composto por argilas e outros minerais. Estes materiais não são combustíveis. Portanto, a possibilidade de incêndios subterrâneos está vinculada à presença de horizontes orgânicos em solos específicos. Os solos em que os horizontes orgânicos são comuns, são classificados como Organossolos (solos em que o horizonte H - rico em MO, tem mais de 40 cm de espessura) ou como Gleissolos Melânicos (solos que contêm horizonte H com espessura menor que 40 cm abaixo de horizonte Bg - B glei).**

2. Sabe-se que o horizonte hístico (O) é formado sob duas condições: excesso de água, por longos períodos ou por todo o ano, mesmo que, atualmente tenha sido artificialmente drenado (horizonte H), e em condições de drenagem livre (horizonte O), sem estagnação de água, condicionados pelo clima úmido, frio e de vegetação de alta montanha. No contexto do Cerrado, podemos associar a presença desse horizonte e, conseqüentemente, a ocorrência de incêndios subterrâneos em locais que estão submetidos ou já estiveram submetidos a primeira condição (Hidromorfismo)?

**Nos cerrados os organossolos e gleissolos melânicos são vinculados aos campos úmidos, e às veredas. Neste ambiente estas áreas quando com preservação natural não são passíveis de incêndios, pois são saturadas ou encharcadas. Contudo, em ambientes modificados pela ação humana, há rebaixamento do nível freático e secamento do ambiente como um todo, fazendo com que estes ambientes sejam submetidos a risco de incêndios subterrâneos. As mudanças antrópicas que causam risco são: urbanização que impermeabiliza os solos e pecuária que resulta na compactação dos solos. Estes processos causam o rebaixamento do nível freático e possibilitam que os horizontes orgânicos sejam submetidos à combustão.**

3. Se sim, quais seriam as fitofisionomias do Cerrado [**Formações Florestais** – Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão; **Formações Savânicas** - Cerrado denso, Cerrado típico, Cerrado ralo, Parque de Cerrado, Palmeiral, Vereda e Cerrado rupestre; **Formações Campestres** – Campo rupestre, Campo sujo (úmido, seco e com murundus) e Campo limpo

(úmido, seco e com murundus)] com maior chance de serem atingidas por incêndios subterrâneos? É possível inferir a possível ocorrência de um incêndio subterrâneo observando apenas o tipo de vegetação no local?

**As áreas de cerrados mais susceptíveis são: campos úmidos (veredas), campos de murunduns, matas galerias e matas ciliares (nestes ambientes há maior possibilidade de ocorrência de organossolos e gleissolos melânicos. Sim, com conhecimentos específicos do tipo de vegetação e identificação de vegetação associada a solos hidromórficos é possível estabelecer a definição das áreas de risco a incêndios subterrâneos.**

4. Qual a importância da preservação e proteção dos solos e ambientes relacionados aos incêndios subterrâneos?

**As áreas em que há risco de desenvolvimento de incêndios subterrâneos são sensíveis do ponto de vista ambiental, pois são áreas de proteção dos recursos hídricos e de fauna e flora endêmica. Portanto, a preservação destas áreas resulta na preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente de forma geral.**

5. Temperaturas de 450°C a 600°C já foram constatadas nos incêndios subterrâneos no DF. Quais tipos de prejuízos o senhor acredita que esse tipo de incêndio pode causar nos solos? (Considerando: Fertilidade, Estrutura, Porosidade, Infiltração etc.)

**Este tipo de processo deve eliminar de forma instantânea a matéria orgânica dos horizontes H e O. Com isso toda a proteção que este ambiente gera aos recursos hídricos fica eliminada.**

6. Existem razões de ordem global ou local para que esses incêndios sejam cada vez mais comuns, seja no mundo ou no DF?

**Sim, a intensificação do uso e ocupação das bacias (com cidades, agricultura, pecuária etc.) resulta na impermeabilização e compactação dos solos, gerando o rebaixamento dos níveis freáticos e explorando estes solos aos incêndios sazonais. Existem ainda as mudanças climáticas que mantêm maior período seco o que pode acarretar o aumento do risco de queima destes solos.**

7. Uma das técnicas para o combate aos incêndios subterrâneos é a construção de valas. Retira-se todo o horizonte hístico (O), deixando assim o ambiente sem combustível. O senhor teria alguma orientação para determinação da profundidade dessas valas? Poder-se-ia padronizar uma profundidade utilizando uma ferramenta boca de lobo e fazendo aferições ao longo da frente de fogo?

**Penso que a forma mais adequada seria escavar as trincheiras até o nível d'água que em geral é raso nestes ambientes. A partir do nível de saturação não é possível a propagação da combustão. Para os casos em que o NF seja profundo, pode-se realizar sondagens a diferentes distâncias para se delimitar as profundidades das trincheiras.**

8. Deixo esse espaço caso o senhor queira informar ou acrescentar algo a mais

**Os estudos visando ao controle dos incêndios subterrâneos devem ser encorajados e intensificados, pois sabe-se que em casos de incêndios florestais a porção emersa (que inclui florestas, e fauna) são priorizados, deixando a porção subterrânea desprotegida. Estes ambientes originalmente úmidos são muito importantes do ponto de vista ambiental e de proteção da fauna, flora e recursos hídricos.**

## APÊNDICE B – ENTREVISTA DE PESQUISA

Meu nome é Filipy Ferreira de **Mesquita**, sou Cadete do 2º ano do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). Ao final do curso cada Cadete deve apresentar um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) que será avaliado pelos próprios militares do CBMDF. No meu caso, o tema escolhido é incêndio subterrâneo. Gostaria de pedir ajuda do Major Kleber Silveira de Castro, Chefe da Divisão Operacional do 1º Comando Operacional do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), principalmente com relação a utilização de drones, dotados de câmera térmica, nas atividades de combate a incêndio subterrâneo. Ao final do trabalho, pretendo confeccionar um Procedimento Operacional Padrão (POP) para os incêndios subterrâneos. Desde já, agradeço a compreensão e a ajuda do senhor.

9. De forma resumida, qual relação o senhor tem ou teve com o serviço de aeronaves remotamente pilotadas (drones) do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais? O senhor poderia relatar como iniciou-se a utilização de drones no CBMMG? (ano, modelos adquiridos, quantidade etc.).

**Olá, Mesquita. Aqui Major Kléber do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. Sou bombeiro há mais de vinte anos e piloto de helicóptero há mais de dez anos. Comecei a perceber que os drones poderiam ser uma boa aplicação em 2013/2014. Estou estudando desde então a aplicação dessa ferramenta no CBM. Os primeiros drones, que foram aplicados em ocorrências de bombeiro, foram drones particulares dos oficiais do CBMMG. Foram aplicados em ocorrências tanto em busca em mata como em Mariana. Nessa ocasião, o então Capitão Thiago Miranda fez o voo com o drone dele e identificou uma rachadura em uma barragem.**

**Então, os drones, formalmente só foram entregues no Batalhão de Operações Aéreas em 2018, com a aquisição de um DJI Phantom 4. Com esse drone houve muito treinamento, muitas aplicações e planejamentos para compras de mais drones. Em outras palavras, este foi o primeiro drone com SISANT (Sistema de Aeronaves não Tripuladas), que é o cadastro das RPAs na ANAC.**

**Com todo planejamento de compras para 2018/2019 aconteceu o rompimento da barragem Brumadinho o que acelerou a compra de drones. E aí de lá para cá, avançou muito. Hoje todos os batalhões de bombeiro, em Minas Gerais, têm drones e pilotos de drones.**

**A ideia do início de voo de drones foi transferir o conhecimento da aviação embarcada, dos pilotos de helicóptero, pilotos de avião, dos sargentos tripulantes operacionais, operadores e aerotáticos para os batalhões terrestres.**

**Então a gente sabe da aplicabilidade, a gente tem aquela visão diagonal do voo embarcado na aeronave, a gente sabe quais são os principais enquadramentos para poder fazer uma operação. O piloto sabe posicionar quem está embarcado para ter uma melhor visão da situação, onde colocar a aeronave pra quem está embarcado tenha essa visão.**

**Então nos quisemos transferir isso para os pilotos de RPA de drone. Com conhecimentos de segurança, com conhecimentos técnicos, sabendo que por várias vezes pode haver operação conjunta de drone com helicóptero, então é fundamental ter esse conhecimento, essa segurança. Deu muito certo já ministramos mais de dez cursos de pilotos de RPA, todos formando de vinte a trinta pilotos, então essa transferência ela é muito boa. Essa pedagogia é muito boa.**

**Mais uma informação, para início, que é superimportante constar desde 2014, que eu te falei quando nós começamos a estudar a aplicação dos drones, nós já estávamos formando grupos em internet. Em 2016/2017 tais debates e discussões foram potencializadas com o uso mais constante de WhatsApp. Ademais, em 2017/2018, eu tinha discussões com outros oficiais bombeiros de outros estados, via e-mail e reunião Skype, para criar um curso de drones.**

**Em 2017 teve um curso em Santa Catarina. Em 2018 para a frente, teve cursos em Belo Horizonte e em outras cidades do Brasil, com a padronização do curso em vários estados. Então, a grade utilizada em vários estados de bombeiros é praticamente a mesma grade porque a formação para bombeiros ela é muito semelhante.**

10. No primeiro momento e no contexto da corporação, em quais atividades planejou-se a utilização dos drones com o intuito de ajudar na dinâmica das ocorrências?

A aviação embarcada ela consegue dar resposta transportando pessoas é o grande diferencial salvar vidas né!? Outro grande diferencial é fazer combate a incêndio né!? É típico de bombeiro lançar água e transportar brigadista. E a terceira coisa que o helicóptero faz é observação.

Como não dá para ter um helicóptero em cada porta de quartel de bombeiro, a gente sabe que a observação ela é uma grande aliada para o sucesso do entendimento do cenário operacional. A ideia é que o drone pudesse melhorar essa visão, essa compreensão do cenário operacional para melhorar essa resposta nas ocorrências.

Então, no incêndio urbano o drone cabe muito bem, claro que é um incêndio urbano um pouco mais demorado, um pouco mais longo. A panela no fogo não tem como, né!? O incêndio de um cômodo não tem como, talvez o incêndio urbano um pouco mais demorado, o drone pode ajudar bastante, incêndio industrial ajuda muito.

E é claro né, no incêndio florestal é superimportante. Imagina que ali algumas horas de operação o drone consegue te dar uma visão melhor.

Para salvamento aquático é muito bom você tentar localizar quem está afogando, localizar corpo, localizar fragmentos de embarcação.

Para salvamento terrestre é muito também. Em ocorrências de aterramento é muito bom para poder compreender a dinâmica de movimento de massa, de solo.

Para salvamento em altura para poder fazer ancoragens.

Para produtos perigosos é muito bom você poder entrar na zona quente e voltar né!? Sem contaminar um bombeiro, apenas o equipamento.

Pessoa perdida em mata né!? Se é uma criança pequena e está perdida, se é um jovem adulto numa trilha, se é uma pessoa mais idosa com Alzheimer. Então assim, são muitas aplicações que a RPA pode ajudar no dia a dia de missão de bombeiro.

11. Em que momento se pensou na utilização de drones com câmera térmica, nas ocorrências de incêndios subterrâneos? Foi algo cogitado antes mesmo da aquisição dos drones?

Então, a gente não precisa ter a tecnologia para poder estudá-la, né!? Hoje temos muitas ferramentas online, muita informação, não só de site genérico, mas de site oficial de fabricantes dos drones e das câmeras térmicas. Então já se conhece e já usamos câmeras térmicas há um tempo nas corporações de bombeiro. Sabemos o tanto que isso ajuda e claro que se puder colocar essa cama térmica voando seria muito bom.

Então, os drones com câmera térmica vieram para ficar. Fizemos vários estudos em 2016/2017 sobre como instalar a câmera térmica em drones que não tinham câmera térmica.

E para nossa grata satisfação, a indústria está sempre na frente e lançaram vários drones com câmera térmica recente, todos muito bons. O incêndio subterrâneo ele tem ali uma capacidade de transferência de calor muito grande. A visualização na visão RGB, visão humana, é muito pobre para poder entender esse tipo de incêndio. E a visão infravermelho com as ondas mais baixas ali ela muda completamente o cenário.

Então isso sim já era vislumbrado, já era esperado porque o calor ele irradia para o terreno e o terreno transfere isso para o ambiente. E o olho humano não consegue perceber, mas caminhando e por tato conseguimos perceber essa temperatura e as diferenças de temperatura no terreno.

Só que para caminhar um grande espaço, uma grande área demora muito. Talvez com EPI tem ali algumas dificuldades. E a câmera térmica certeza que veio para ajudar muito sim, a expectativa já era aplicar nesse tipo de missão.

12. No ano de 2021, noticiou-se que o CBMMG estava utilizando drones, com câmera térmica, em ações de combate a incêndios subterrâneos. Como tem sido a utilização dos drones nesta atividade? Quais são os benefícios da utilização dessa nova tecnologia? Existe algum ponto negativo na utilização dos drones nesta atividade?

Bom, na verdade desde os nossos primeiros drones com câmera térmica que chegaram em 2019 em Brumadinho a gente já estava usando já para procurar corpos, procurar pontos de calor, pontos de interesse, de variação de calor para que pudesse ter uma resposta melhor para a comunidade. Então deu muito certo a gente conseguiu bons resultados. Nos incêndios aqui em Minas Gerais especialmente

na região metropolitana. Existe uma transição de Mata Atlântica para o Cerrado. Cerrado tem alguns pontos de turfa, né!? Essa transição também tem turfa, né? A transição ela tem ali aquele húmus e aquilo vai virando incêndio subterrâneo. Então assim realmente foi uma foi um ganho muito bom e o ponto positivo é identificar a maior massa de calor e fazer o combate direto. E o ponto negativo é porque os sensores não são tão avançados quando a gente espera. Eu digo muito aqui nos nossos cursos de droga que a gente está voando com iPhone 2, iPhone 3. É o comecinho do iPhone. É legal, é legal, mas a potencialidade é muito grande. Tem muito mais chegando aí. A grande dificuldade nossa é não ter tantas drones com câmera térmica. Incêndio sempre tem muito. O ponto negativo é ser caro. Mas usar drone nesse tipo de incêndio não tem ponto negativo. Só tem ponto positivo. Ah tem um ponto negativo que é aquela turfa que está na interseção ali com a Mata Atlântica, né? Copa das árvores de Mata Atlântica tampa toda, né? É a função da folha, né? Tampa toda transferência de calor, a gente não consegue perceber nada. Então é difícil. A gente consegue perceber os vapores, né? Consegue ver o calor ali emanando, tal, mas o incêndio subterrâneo ele é mais difícil de ler nessa situação, mas quando está ali na transição, mata atlântica e cerrado e tem turfa realmente dá para perceber muito bem e funciona muito bem.

13. Atualmente o CBMDF possui dois modelos de drones com câmera térmica, são eles: MAVIC 2 ENTERPRISE DUAL e MATRICE 210 V2. Quais são os modelos utilizados pelo CBMMG nos incêndios subterrâneos?

Bom, os modelos que Minas Gerais usa são os mesmos que o CBMDF. No entanto, agora nós adquirimos mais três ENTERPRISE DUAL ADVANCED que a câmera é avançada. Ela é quatro vezes melhor que o dual. O ENTERPRISE DUAL ADVANCED é semelhante a qualidade de tela do MATRICE 210 V2 quando usa a câmera XT2, visto que o MATRICE 210 V2 é só o drone. Ele sem a câmera térmica não diz nada. Tem a câmera XT1, tem a XT2, agora tem H20T. Então H20T ela é a mais top do mercado, só que ela custa 200 mil reais. Isso seria um grande uso para muitos anos, não sei se seria uma boa por hora não. E nós estamos comprando só o ENTERPRISE DUAL ADVANCED a partir de agora. A gente quer que cada quartel tenha pelo menos dois desse para a próxima temporada de incêndios. Essa agora para esse ano não dá mais. Mas como eu te disse, todo quartel já tem um. Temos hoje 14 batalhões, todos quatorze tem drones, mas a gente quer que todos os 14 no ano que vem tenham o ENTERPRISE DUAL ADVANCED.

14. Com base na sua experiência e nos modelos utilizados pelo CBMMG. Qual seria o modelo mais apropriado nas ocorrências de incêndios subterrâneos? Quais são os motivos que o levam a ser o mais apropriado?

O drone mais apropriado é o DJI MAVIC 2 ENTERPRISE DUAL AVANÇADO. É a segunda geração do Mavic. Ele é ENTERPRISE porque ele é profissional, ele é DUAL porque tem RGB e termal e avançado porque a câmera termal melhorada. Espero que eles sejam mais adequados porque ele tem uma boa autonomia de voo, um bom custo-benefício, simples e eficaz de operar. Penso que seja o melhor mesmo que vai para a ocorrência de bombeiro. Principalmente no estado grande, com muitas portas de quartel como Minas Gerais, para nós é o mais adequado. Para o Distrito Federal se for pensar numa área pequena talvez poucos drones mais caros seja o caso. Um Distrito mais rico, então talvez seja diferente. Aqui pra Minas, para a condição econômica e tudo mais, o DJI MAVIC 2 ENTERPRISE DUAL AVANÇADO é o melhor.

15. Definindo o modelo mais apropriado e visto que o CBMMG já está fazendo uso dessa nova tecnologia em incêndios subterrâneos, o senhor teria alguma recomendação ou ressalva com relação a configuração geral (drone e câmera térmica), bem como aos aspectos gerais do voo (altura, velocidade etc.)?

A observação que eu faço é que o drone é um equipamento muito tecnológico. E não dá para ter um piloto malformado ou não dá para ter um piloto e não ter atualização no seu conhecimento, estudo e avanço. É como a pessoa usar o Word sem usar as ferramentas sendo Word, é como usar o Excel sem usar as fórmulas do Excel. É uma pena, né?

Dá para usar a parte simples? Dá, você vai ter resultados simples. Ter um conhecimento de como aplica faz toda a diferença, total diferença. Então a câmera térmica não pode ser voada muito alta, não pode ser voada na diagonal. No ângulo de visada muito baixo. Ele tem que voar ali praticamente com 90 graus, com a câmera toda pra baixo.

Quando você começa a dar ângulo de 45 graus começa a perder. Então é uma preocupação de capacidades técnicas de voar drone. É importante ter uma área de leitura mais adequada. Então, ter uma boa formação do piloto, na formação o piloto tem todas essas aulas, faz toda a diferença.

16. Além dos drones com câmera térmica, o CBMMG utiliza outro tipo de tecnologia no combate a incêndios subterrâneos?

Não, o combate de incêndio subterrâneo ele é com muita água e encharcamento. Então não tem muitas ferramentas diferentes aqui em Minas. É comum, mas não é tão frequente quanto o incêndio de cerrado aqui em Minas.

17. Deixo este espaço, caso o senhor queira informar ou acrescentar algo a mais.

Agradecer o interesse, obrigado pela pesquisa, tenho interesse depois de ler o seu paper quando você acabar manda para mim uma cópia por favor para eu poder conhecer. Se tiver alguma dúvida com relação ao que eu falei pode me perguntar, manda o texto de novo para a gente ir conversando aqui para a gente poder falando e é isso cara, pô, sucesso aí, continue estudando, em breve aí, faça o curso de RPA, seja instrutor! Incentive aos cabos e soldados, principalmente fazerem o curso porque a gente precisa. O motorista do CBU, o motorista do oficial, o motorista do sargento ali na ocorrência se ele puder mostrar a imagem e melhorar o cenário, melhorar a segurança, melhorar a efetividade, vai ser muito bom. Obrigado e sucesso.

## APÊNDICE C – ENTREVISTA DE PESQUISA

Meu nome é Filipy Ferreira de **Mesquita**, sou Cadete do 2º ano do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). Ao final do curso cada Cadete deve apresentar um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) que será avaliado pelos próprios militares do CBMDF. No meu caso, o tema escolhido é incêndio subterrâneo. Gostaria de pedir ajuda do instituto NEX, principalmente com relação aos possíveis danos e prejuízos causados aos animais. Ao final do trabalho, pretendo confeccionar um Procedimento Operacional Padrão (POP) para os incêndios subterrâneos. Desde já, agradeço a compreensão e a ajuda da Daniela Gianni, Coordenadora de Projetos e Atividades do Instituto NEX.

18. De forma resumida, o(a) senhor(a) poderia descrever um pouco da história do Instituto NEX? Como tudo começou? Além dos felinos, o instituto lida com outro tipo de espécie? O instituto recebe animais de todo o país?

**O Instituto NEX é um Criadouro Científico (sem fins lucrativos), para fins de conservação, que há 22 anos resgatada, reabilita, reintroduz, monitora e abriga felídeos da fauna silvestre do Brasil ameaçados de extinção. Tudo começou quando a Fundadora Cristina Gianni se deparou com uma onça suçuarana que estava em condições inadequadas no Zoológico de Brasília e sem destinação. O nome dele era Pacato. Nosso foco único e exclusivo são as onças. Só recebemos animais destinados através dos Órgãos Ambientais.**

19. O instituto trabalha, de modo frequente, com animais prejudicados pelos incêndios florestais? Se sim, desde a sua criação, o número de animais acolhidos, devido aos incêndios florestais, vem aumentando ao longo dos anos? (Caso tenha alguma informação quantitativa, seria ótimo).

**Trabalhamos com todos os tipos de danos causados pelos seres humanos aos animais. Tráfico, caça, humanização, atropelamentos, incêndios etc. não é comum uma onça-pintada se queimar, portanto, não é algo recorrente. Em 22 anos, tratamos somente duas onças com queimaduras. Nos incêndios de 2020, quatro se queimaram. As duas que tratamos, sobreviveram. Um macho, o Ousado, pôde voltar para o Pantanal. A fêmea, Amanaci ficou com sequelas e vive no NEX. As outras duas onças, que foram tratadas lá mesmo no Pantanal, não resistiram. Nunca antes na história de atuação do Instituto, soubemos de outras onças que se queimaram em decorrência de incêndios.**

20. Hoje, qual seria, em média a porcentagem de animais presentes no instituto que sofreram ferimentos/lesões devido aos incêndios florestais?

**Dos 25 animais que abrigamos hoje, somente duas fêmeas. Amanaci, diretamente, pois se queimou. E, Marruá, indiretamente. Pois se perdeu da mãe nos incêndios, mas, por sorte, foi resgatada com vida e sem ferimentos.**

21. Em 2020, em um grande incêndio ocorrido no Pantanal, foi resgatada um onça-pintada batizada de Amanaci. De forma resumida, o(a) senhor(a) poderia falar um pouco da história da Amanaci? Em que tipo de ambiente e em qual situação ela foi encontrada e como ela se encontra hoje?

**Amanaci foi encontrada escondida em um galinheiro, na região de Porto Jofre, com as patas em carne viva. As queimaduras foram de terceiro e quarto graus. Todas as patas estavam com exposição óssea e de tendões. Rapidamente, a encaminharam para o Instituto NEX, onde recebeu tratamento com células-tronco, terapia de Ozônio e de Laser. Foram 78 dias de tratamento, com sedação e curativos dias sim, dia não. Hoje, Amanaci se encontra bem. Perdeu a habilidade de expor e retrair as garras, o que a impede de viver em vida livre. Mas, se encontra em perfeito estado de saúde, sem outras sequelas e hoje já é mãe de um filhote que irá ocupar o lugar que um dia foi dela, no Pantanal.**

22. O tema principal do meu trabalho é o incêndio subterrâneo. Este tipo de incêndio ocorre em áreas úmidas (pantanosas, veredas, mata ciliares e matas de galeria), onde há grande acumulação de matéria orgânica, e se propaga pelo solo chegando a escalas métricas de profundidade. Por se propagar em profundidade, o combate e a detecção dos focos são muito complicados, além disso utiliza-se uma grande quantidade de água no combate. Ademais, este tipo de incêndio já causou queimaduras de 2º grau nos pés de um militar que utilizava EPI (botas). Considerando os hábitos alimentares, de acasalamento e de procriação destes animais, na sua opinião, o quão danoso é esse tipo de incêndio para os animais, principalmente no caso dos felinos, visto que os incêndios subterrâneos ocorrem e destroem as áreas citadas acima. E qual a relação dessas áreas com os felinos ou animais presentes no instituto?

**Os incêndios afetam direta e indiretamente todo o meio ambiente. Logo, tudo o que existe nele. Além da perda de habitat, grande parte das presas que fazem parte da cadeia alimentar da onça, morrem, deixando-as com uma única opção: predação de criações particulares (bovinos, equinos, caprinos e etc.). Nestas fazendas, a maioria das onças acaba sendo morta. Os animais que estão sob a guarda do Instituto NEX atualmente, em sua maioria, não poderia ser reintroduzido na natureza pois, além das sequelas, já não há mais habitat saudável para elas.**

23. Considerando a gravidade e as características intrínsecas dos incêndios subterrâneos, o (a) senhor(a) acha importante a confecção de um documento contendo a descrição detalhada de todas as operações/conduas necessárias para a realização de um combate a estes incêndios (POP)?

**Com certeza. Mas, mais do que isso. Ter equipes capacitadas (bem-treinadas) e, que tenham os equipamentos necessários e suficientes para combater qualquer tipo de incêndio.**

24. Ultimamente é crescente a utilização de drones, dotados inclusive de câmeras térmicas, nas ações de combate a incêndios florestais. Na sua opinião, o(a) senhor(a) acha que esses drones poderiam também ser utilizados para resguardar/proteger a vida de animais de alguma forma? Sejam eles atingidos pelo fogo ou em áreas sob perigo iminente.

**Acredito que a tecnologia exista para nos ajudar. Com certeza, os drones ajudariam muito no monitoramento da fauna atingida pelo fogo (fugas, concentração, pontos de resgate etc.). Além disso, voos diários poderiam detectar focos de incêndios precocemente.**

## APÊNDICE D – ENTREVISTA DE PESQUISA

Meu nome é Filipy Ferreira de **Mesquita**, sou Cadete do 2º ano do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). Ao final do curso cada Cadete deve apresentar um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) que será avaliado pelos próprios militares do CBMDF. No meu caso, o tema escolhido é incêndio subterrâneo. Gostaria de pedir a ajuda do Cel./QOBM Paulo André da Silva Barroso do CBMMT. O Coronel é engenheiro florestal, tem especialização em incêndios florestais e mestrado em Defesa Civil pela Universidade Federal Fluminense. O objetivo da entrevista é abordar, principalmente, os incêndios florestais ocorridos em 2020 no Pantanal. Vale ressaltar que, na época, o Coronel exercia a função de Secretário Executivo do Comitê Estadual de Gestão de Fogo da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA - MT). Ao final do trabalho, pretendo confeccionar um Procedimento Operacional Padrão (POP) para os incêndios subterrâneos. Desde já, agradeço a compreensão e a ajuda do senhor.

25. De forma resumida, qual relação o senhor tem ou teve com o serviço de prevenção e combate a incêndios florestais do Corpo de Bombeiros Militar de Mato Grosso?

**Tudo bem? Rapaz esse áudio vai ficar meio longo é o seguinte qual é a relação que eu tenho com o sistema de prevenção e combate no estado do Mato Grosso? É o seguinte, eu entrei no bombeiro em 1995 e em 1997 eu escrevi uma proposta de criação do batalhão especializado na área de incêndio florestais considerando que aqui queimava muito. Eu estava vindo do Rio de Janeiro, cheguei aqui, fiquei assustado com dois meses de seca, muita fumaça, muito incêndio acontecendo e o bombeiro não ia combater incêndio.**

**Então eu escrevi na época uma proposta pra criar um batalhão especializado que não tinha na corporação. Ao longo desse período eu fui estudando e me especializando tudo por conta própria que o bombeiro não ofereceu curso na área de incêndio florestal. Enfrentei alguns incêndios no Pantanal e no Cerrado. Incêndios de grandes proporções. O que me chamou muita atenção e me deixou sempre inquieto com relação a essa situação, né?**

**E aí em 2009 eu consegui convencer o comando do bombeiro a criar uma comissão pra gente discutir a possibilidade de criar uma unidade especializada. E aí dentro dessa discussão, dessa comissão que eu fui o secretário, o presidente era um coronel, nós conseguimos escrever e validar a proposta de criar uma unidade especializada que foi denominada batalhão de emergências ambientais. Essa unidade especializada foi colocada na lei de organização básica do bombeiro de 2010 e a partir daí que nós conseguimos avançar nessa área.**

**Ainda na resposta à pergunta um. Foi colocado o BEA né? Que é o Batalhão de Emergências Ambientais na Lei de Organização Básica do Bombeiro de 2010 e por conta disso nós conseguimos escrever uma proposta no projeto bombeiro militar florestal Mato Grosso junto ao Fundo Amazônia e captar 12 milhões e 700 mil reais de recursos do Fundo Amazônia e outros 5 milhões e 800 mil reais foi colocado pelo governo do estado como contrapartida e estruturamos essa unidade especializada que tem: duas aeronaves de combate a incêndio Florestal Air Tractor 802F, que transporta 3100 litros de água, 5 ABTF e 6 Alto Rápido Florestal. O ABTF transporta 5 mil litros de água e o Auto Rápido Florestal 400 litros de água. É um tanquinho flexível.**

**Além de equipamentos especializados, EPI, enfim, a gente conseguiu avançar de fato no enfrentamento dos incêndios florestais a partir dessa data. Mas nós já tínhamos trabalhado muitas coisas, tínhamos realizado estágios de prevenção e combate a incêndio florestal, dois CPCIFs, né? Mas só.**

**Depois disso, eu me afastei do bombeiro para fazer o CSBM, me habilitar coronel, lá eu defendi a criação de uma norma técnica na área de incêndio florestal e depois eu segui na sequência, pedi licença do bombeiro, participei do mestrado na área de defesa civil e escrevi a minha dissertação em cima do seguinte tema: brigadas municipais mista: um instrumento de resposta, um instrumento para redução e respostas a incêndios florestais em municípios mato-grossenses. E quando eu voltei do mestrado em**

2015, o Batalhão de Emergências Ambientais já tinha adquirido todos os equipamentos, eu assumi o comando do batalhão e a execução do projeto e botei tudo isso para funcionar.

Tivemos aí a criação, no primeiro ano, de quatro brigadas municipais em municípios que não tinham unidade de Corpo de Bombeiros. Por dois anos consecutivos uma dessas brigadas reduziu a zero o número de focos de calor, nos municípios que elas atuaram. A gente submeteu isso ao Ministério do Meio Ambiente por meio do prêmio da A3P. O sétimo prêmio da A3P nós ficamos com o segundo lugar na categoria destaque. Você pode até procurar na internet que você vai ver isso. Então foi uma coisa que chamou atenção né? E a partir disso também nós conseguimos ampliar essa integração de esforços na resposta de incêndios florestais. Então estruturamos no primeiro ano quatro brigadas mistas, no segundo ano dez, depois quinze e hoje nós estamos com quarenta brigadas de combate mistas. Nada mais é do que no período proibitivo para uso do fogo, a gente coloca o pessoal em campo, dois bombeiros, militares com seis a oito brigadistas contratados pela prefeitura, com veículo, equipamento de proteção individual, equipamentos de combate a incêndio florestal básico para ir combater incêndio. E na verdade essas brigadas elas praticamente combatem pouco incêndio, elas fazem um trabalho muito efetivo de prevenção ativa. Essa prevenção ativa é circular no território, orientar a população, fazer pequenos combates e se for o caso prender alguém e conduzir para a delegacia. Nós trabalhamos, nós quantificamos nesses quatro primeiro anos a quantidade de tempo trabalhado na resposta e na prevenção ativa e verificamos que 77,29 % do tempo que a brigada trabalha é em prevenção ativa. Isso dá um grande resultado. Por isso que a gente conseguiu reduzir a zero os focos de calor, por dois anos consecutivos, no município de Sinop.

A gente trabalhou também na ampliação das políticas. Eu fui secretário executivo do Comitê do Fogo da SEMA. E lá a gente conseguiu implementar uma política de integração de esforços em todas as agências que trabalham diretamente com o incêndio florestal ou aquelas que trabalham e tem alguma afinidade né? Envolvemos aí órgãos federais, estaduais, municipais, ONGs, empresas privadas, militares e civis. Enfim, Ministério Público Estadual, Poder Judiciário, as universidades, enfim, conseguimos fazer um trabalho bem abrangente, envolvendo todos para ajudar na solução desse problema. Cada um dentro da sua esfera de atribuição, e dando bons resultados. Nós conseguimos também, pelo Comitê do Fogo, colocar recurso fixo no comitê do fogo que a gente não tinha, né? Nós não tínhamos nada de dinheiro para trabalhar e passamos a ter 1,5 milhão no primeiro ano, 2 milhões no segundo ano, hoje nós estamos aí com torno de 40 milhões de reais por ano para trabalhar com isso, então conseguimos ampliar bastante as nossas ações razão do trabalho profícuo e com bom resultado apresentado pelo Comitê do Fogo junto com o Corpo de Bombeiros.

Realizamos, como contrapartida do Fundo Amazônia, uma pós-graduação presencial em prevenção, controle e combate a incêndios florestais. Ela teve 900 horas de aula sendo 460 presenciais, 440 para estudos. Foram escritos 45 artigos e desses artigos 22 foram publicados num livro. Esse livro está publicado pela editora APES com o mesmo nome da pós: prevenção, controle e combate a incêndios florestais no Mato Grosso. Além disso nós elaboramos 42 planos de proteção contra 42 unidades de conservação do estado e um deles já foi implementado no município de Barra do Garças. Já está operando, já tem três anos. Indo para o quarto ano agora. E com excelentes resultados. Depois que implementando esse PPC, nós não tivemos mais incêndios nessa área. Ou se tiveram foram rapidamente debelados.

Eu fui para reserva e continuei trabalhando no comitê do fogo por dois anos. Lá na SEMA eu consegui aprovar, né? Eu não. Quem aprovou foram os deputados, nós conseguimos convencer o governo estadual de mandar uma mensagem para a Assembleia Legislativa para nós atribuirmos um poder de polícia ambiental administrativa aos corpo de bombeiros do Mato Grosso. E conseguimos ter sucesso. O bombeiro do Mato Grosso hoje ele realiza o ciclo completo de ensino florestal. Ele trabalha na prevenção, preparação, resposta, responsabilização e tem o poder de polícia militar administrativa. Isso possibilita que o bombeiro aplique notificações e fiscalize e aplique multas aos infratores que cometeram crimes ambientais relacionados com a área de desmatamento associado a incêndios ou queimadas irregulares e de produtos perigosos.

Além disso, no meu CSBM eu escrevi uma proposta de norma técnica do Corpo de Bombeiros que trata da elaboração e estruturação de planos de proteção contra incêndios florestais. No começo desse ano foi publicada essa norma, não na íntegra. Eles cortaram alguns itens da norma que eu considerei um equívoco. Mas além disso aqui no Mato Grosso nós estamos trabalhando na ABNT. Eu sou coordenador do subcomitê brasileiro 24 que trata de segurança contra incêndio florestal. No ano passado em agosto de 2021 nós estruturamos e publicamos a prática recomendada 1014 - Guia de requisitos mínimos para prevenção e combate a incêndios florestais e estamos, nesse ano, trabalhando na primeira norma

brasileira na área de incêndios florestais que vai tratar exatamente dos planos de proteção contra incêndio florestal.

Bom, esse é a contribuição que eu tive aqui junto ao Corpo de Bombeiro Militar do Estado do Mato Grosso. Eu ainda estou trabalhando aqui no estado, mas eu estou trabalhando com ONG. Estou trabalhando com o Instituto SOS Pantanal e atuando na área de formação de brigadas pantaneiras. Eu estou coordenando uma equipe técnica com bombeiros da reserva que estão que estão elaborando um trabalho de capacitação e estruturação de 24 brigadas em todo o Pantanal, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Além disso, eu também estou na eminência de trabalhar agora com brigadas indígenas junto ao Instituto Curado-Mudo. São aldeias que estão situadas na região do Araguaia e que são as aldeias que mais queimam no Mato Grosso. Nossa ideia é trabalhar a prevenção, o controle e o combate ao incêndio florestal por meio do manejo integrado do fogo. A gente já está na iminência aí de começar os trabalhos.

Fora isso eu publiquei alguns artigos todos relacionados a área de incêndio florestal e a experiência que eu tive aqui no estado de Mato Grosso em revistas científicas nacionais e internacionais além de capítulo de livro. E eu estou trabalhando também agora no primeiro curso de queima prescrita para bombeiros militares. Então a gente está junto a Universidade Federal de Viçosa - UFV desenvolvendo esse curso. Ele terminou semana passada no Corpo de Bombeiros de Minas Gerais e já estamos negociando com o bombeiro do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul para fazê-lo ano que vem. Então a gente vai trazer essa técnica aí bastante avançada em Portugal e na Europa para que os bombeiros daqui possam fazer o uso do fogo técnico e queima prescrita.

26. Em 2020, o Bioma Pantanal foi bastante afetado pelos incêndios florestais. Como secretário executivo, imagino que o senhor esteve à frente de diversas demandas e tomadas de decisões. O senhor poderia relatar, brevemente, como foi a experiência de ter trabalhado nos incêndios florestais. (Quais tarefas foram exercidas? Área de atuação geográfica? Quantos dias de operação? Quais órgãos e quantos militares, em média, estavam sob sua supervisão? Quais recursos foram utilizados durante a operação?)

Então, com relação aos incêndios no Pantanal em 2020. Realmente foram incêndios sem precedentes. Nós tivemos 26% do bioma consumido pelo fogo. Mato Grosso e o Mato Grosso do Sul, né? Lógico. Estou somando as duas áreas. E foram pouco mais de 45 mil quilômetros quadrados de área atingida. A cicatriz do fogo foi gigantesca, acho que isso nunca aconteceu em nenhum lugar do mundo. Nós temos 26 % de Bioma consumido pelo fogo. E isso deu por diversas razões. Primeiro, estávamos passando por uma das maiores secas dos últimos 45 anos. O nível dos rios estava muito baixo. O Pantanal vem sofrendo ao longo dos últimos 30 uma redução da quantidade de água disponível em razão do impacto que está tendo nas cabeceiras, né? O Pantanal nasce no Planalto e desce para Planície. Então as cabeceiras estão sendo comprometidas com plantações. Muitas vezes monocultura e que acabam comprometendo essas nascentes. Além disso nós temos inúmeras centrais hidrelétricas que estão sendo instaladas ao longo dos rios que abastece o Pantanal. Além disso nós temos também alguns rios e algumas áreas que estão sendo drenadas para o plantio. Então o pantanal está sofrendo muito. Em razão disso tudo nós tivemos uma grande seca como eu falei em 2020. Nos últimos quarenta, cinquenta anos isso é cíclico acontece só que nós tínhamos um acúmulo muito grande de biomassa. Mais de 14 anos sem pegar fogo no Pantanal e os incêndios começaram na verdade no Mato Grosso do Sul em 2019. Em outubro, novembro de 2019 começou a pegar fogo no Mato Grosso do Sul e nós tivemos os primeiros incêndios aqui no Mato Grosso no ano de 2020 se eu não me engano foi no dia 14/15 de junho de 2020. Um incêndio que teve início com uma pessoa, algum pantaneiro foi fazer coleta de mel silvestre. Geralmente eles ateam fogo, faz uma fogueira na base de uma árvore que tem uma colmeia e a fumaça espanta as abelhas e ele vai lá e coleta o mel. E aí começou o primeiro incêndio.

Na verdade, o bombeiro estava distante desse local só foi chegar 5-6 dias depois, conseguiu chegar à frente do fogo. Porque não tinha acesso, esse local era no meio do mato. Então, o Pantanal não tem planos de proteção, não tem acesso. São áreas extremamente isoladas com acúmulo biomassa muito grande e um tempo muito seco ocasionou tudo isso, né? E nenhuma equipe de resposta. O bombeiro mais próximo que tinha desse primeiro incêndio estava mais de 200 quilômetros. Mais de 250 quilômetros e o bombeiro não tinha helicóptero para poder fazer deslocamento. Tinha que solicitar o centro integral de operações aéreas – CIOPAER e nem sempre essa aeronave fica disponível para o bombeiro atuar na área de incêndio florestal. E aí foram uma série de motivos que ocasionaram essa com essa grande catástrofe. Além desse primeiro incêndio estar acontecendo depois teve um outro incêndio que aconteceu decorrente de um acidente automobilístico na nas margens da rodovia

Transpantaneira e um terceiro incêndio ocorreu em razão de uma área desmatada ilegalmente ateadada fogo né? A lera foi queimada pelo produtor rural, inclusive ele foi multado e iniciou o terceiro grande foco aqui no Mato Grosso. Enquanto isso o Mato Grosso do Sul já estava queimando e aí esses incêndios foram se proliferando, cresceram rapidamente, né? Nós tivemos frente de fogo. Eu vi, frente de fogo de setenta metros de comprimento por vinte e cinco, trinta, quarenta metros de altura, queimando, consumindo árvores. Nós tínhamos incêndio acontecendo em todas as dimensões. O superficial, aéreo, inclusive subterrâneo, foram incêndios assustadores, era praticamente impossível combater. Foi envolvido várias forças, exército, marinha, aeronáutica, bombeiro, PM, voluntários e não demos conta de controlar esse incêndio porque ele tomou uma dimensão tão grande que era praticamente impossível você controlar e extingui-lo. Somente a natureza conseguiu fazer isso lá para o final do mês de novembro, dezembro, quando as chuvas voltaram a ter força por conta da estação chuvosa chegando e aí conseguiram debelar de fato todos os incêndios.

A estrutura era gigantesca. Nós chegamos a ter oito, dez aeronaves de asas fixas e rotativas. A nossa base foi no SESC Pantanal, no Aeroporto SESC Pantanal, que é um hotel que tem aqui, que tem uma estrutura muito boa! O hotel ficou interditado, só servindo as pessoas estavam combatendo incêndio. Praticamente foi suspenso todas as atividades de turismo em todo o Pantanal e teve um impacto muito grande na economia. Foi um impacto econômico e ambiental sem precedentes como eu falei, é um desastre. O dinheiro chegou, mas chegou tarde. Animais foram fortemente atingidos pelos incêndios. Porque o Pantanal ele é muito rico, ele tem muitos animais e é o bioma mais preservado do Brasil. Nós temos 6 biomas no Brasil, o mais preservado é o Pantanal. E em razão disso ele tem uma fauna exuberante e muito diversa. Então tivemos muitos animais atingidos.

Estima-se que foram mais de 17, aliás, estima-se não. Fizeram levantamento com 17 milhões de animais vertebrados atingidos e uma estimativa de 3 bilhões de animais atingidos num todo, considerando os invertebrados. Então tem estudos que já apontam para isso. Na verdade, lá eu acabei estruturando, eu como comitê do fogo, nós tínhamos o bombeiro no comando da operação de combate. O papel do comitê é só articular e nós vimos uma deficiência na questão de atendimento aos animais. |E nós estruturamos pela primeira vez aqui no Mato Grosso o PAIAS.

O PAIAS é uma sigla que significa posto de atendimento emergencial à animais silvestres vítimas dos incêndios florestais no Pantanal. Então nós colocamos como se fosse um pronto-socorro de campanha para atender os animais atingidos. Nesse local nós chegamos a ter 45 veículos à disposição, um helicóptero e 180 pessoas trabalhando de forma voluntária e outros remunerados. O setor público, privado, voluntários, órgão federal, estadual, municipal, enfim, foi uma força integrada, uma rede de solidariedades que se formou. Teve gente do Brasil inteiro para atender assistir esses animais e infelizmente nós conseguimos atender apenas a 206 animais e salvar de fato mesmo em torno de uns 120. O restante foram todos eutanasiados em razão dos ferimentos e as sequelas que eles sofreram. Então, nós passamos por uma situação nunca vista eu estou com cinquenta anos de idade já quase trinta anos como bombeiro. E eu nunca participado de uma situação dessa. Foi muito triste ver tudo isso acontecendo sobre nossos olhos e a gente não ter o que fazer, né? O que a gente fazia era muito pouco, né? Era uma situação que mostrava a nossa impotência. Então a importância, o aprendizado que nós tivemos com tudo isso é exatamente que nós temos que trabalhar na prevenção e na preparação para evitar que os incêndios ganhem essa proporção. Como diz o nosso professor Ronaldo Viana Soares todo incêndio começa pequeno, do tamanho de uma chama. Só que quando ele alcança uma determinada dimensão, determinado tamanho, você não consegue mais controlar e combater. Né? Infelizmente ele consome tudo que vem a sua frente. A gente consegue no máximo proteger uma edificação, uma área de relevância ecológica, mas um incêndio consome tudo e foi isso que aconteceu no ano de 2020 no Pantanal. Que sirva de lição pra todos nós, órgãos públicos, órgãos instituições privadas, instituições públicas, população. Para que a gente não passe mais por uma situação dessa, nem no Pantanal, nem nenhum bioma. Porque o principal agente causador dos incêndios é o homem. Nós somos responsáveis por 98 a 99% dos incêndios que ocorrem. Então nós temos que ter o devido cuidado, evitar que isso aconteça e se acontecer rapidamente controlar e liberá-lo. E nós temos várias formas de fazer isso, como eu já falei anteriormente. Brigadas voluntárias, brigadas privadas, instrumentos de resposta próximo do local onde pode ocorrer o incêndio, estruturar planos de proteção contra esse incêndio florestal e ter uma legislação forte, o bombeiro tem que atuar em todas as esferas da sua atribuição. Na área dos incêndios florestais. Trabalhar na prevenção, na preparação, na resposta, na responsabilização, na fiscalização, na notificação, multa, aprender gente. Tem que fazer o seu papel! Não adianta querer só ficar enxugando dinheiro, ficar apagando fogo, apagar fogo. É a última coisa que a gente tem que fazer. Tem que ser o último recurso e apagar fogo. Nós temos que trabalhar antes para

evitar que ele aconteça e é possível ser feito isso constituindo comunidades resilientes ao fogo. Cidades resilientes ao fogo. Estados resilientes ao fogo. Porque infelizmente o fogo está aí e vai continuar a existir. E cada vez mais ele está mais severo e tendo maior magnitude. Então nós temos que obter esse olhar cuidadoso e de precaução em relação a esse evento adverso que ocorre todos os anos. E a gente já sabe que ele vai ocorrer. Só não sabe quando e nem onde. Mas que ele vai ocorrer, ele vai. Então nós tendemos a preparar melhor. Para poder enfrentá-lo.

27. Noticiou-se que a reinição tenha sido um dos grandes dificultadores no combate aos incêndios no Pantanal. Tal afirmativa é verdadeira? Caso seja, grande parte desta reinição deve-se aos incêndios subterrâneos, visto que estes podem gerar incêndios superficiais? Além da reinição, quais outros fatores/aspectos dificultaram as ações dos órgãos e equipes responsáveis pela operação?

Sim, nós tivemos muitas reinições e não foi só esse o problema, na verdade tinha gente que ainda estava ateando fogo enquanto a gente estava lá combatendo incêndio, mas as reinições foram um dos maiores problemas, isso aconteceu por vários motivos. Primeiro, em razão da condição climática. Estava extremamente favorável para ocorrer reinição. Nós tivemos dias, vários dias seguidos com umidade relativa do ar abaixo de 10%. Com a temperatura de 38, 39, 40 graus celsius. Com o vento de 25 a 30 quilômetros por hora. E mais de 60 dias sem chover. Então com essas condições o risco de ocorrer a propagação do incêndio é muito alto. Então toda hora nós tínhamos reinições e como a área atingida era muito grande não dava para a gente ficar fazendo a vigilância. Né? E o rescaldo de forma adequada como prevê a técnica e a doutrina. Então nós apagávamos e íamos apagar outra frente. Tentar apagar né? Além disso, nós tínhamos, como eu disse nós tivemos lá três tipos de incêndio: incêndio de superfície, o de copa e o subterrâneo. Esse subterrâneo, ele ocorria de forma bastante abrangente porque nós tínhamos áreas que eram alagadas antigamente e como Pantanal estava passando por uma seca muito grande esses incêndios subterrâneos se propagavam para todos os lados. Então praticamente em todo o perímetro do incêndio que era uma área gigantesca nós tínhamos incêndio subterrâneo. E aí como ele se propaga de forma invisível entre aspas né? A gente não consegue enxergar o fogo. A gente só percebe a fumaça e ele se propaga de forma lentamente no subsolo, né? Muitas vezes a gente apaga o incêndio na superfície, e o incêndio acaba se propagando ainda no subterrâneo e aí horas ou dias depois ele acha um caminho até a superfície e reinicia o incêndio superficial, né? Ocorre a reinição. Então é muito difícil combater esse tipo de incêndio, eu não conheço nenhuma técnica adequada para combatê-lo a não ser, você cavar trincheiras até chegar no solo mineral, mas isso é muito custoso e danoso pro meio ambiente e leva muito tempo, não dá o resultado desejado. Então a gente sofreu muito com os incêndios subterrâneos. Realmente foi um grande vilão, né? Durante esses incêndios, mas como eu falei, um incêndio florestal sem precedentes como ocorreu no Pantanal em 2020. Nós tínhamos todos os aliados do lado do fogo. E contra nós, né? É o que eu falei lá no início. Nós temos que nos preparar, evitar que o incêndio ganhe uma grande proporção. Resposta rápida, plano de proteção contra incêndio florestal. E uma comunidade resiliente ao fogo. Doutra forma nós não vamos ter como enfrentar isso. Incêndio subterrâneo é muito difícil de combater. Porque a gente não o enxerga, não sabe qual é a direção que ele está indo. Não consegue avaliar a situação para efetivar uma estratégia de combate. E a gente fica à mercê da sorte.

Então além da condição climática e a biomassa acumulada, como eu já falei, um dos principais fatores que dificultaram o controle de combate a incêndio é exatamente o acesso. Pantanal é extremamente preservado como eu falei em outra resposta aí e a gente não tinha acesso. Então em locais inacessíveis o fogo se propaga livremente e a gente não consegue acessar porque mesmo com máquinas pra abrir os caminhos até lá nós tivemos muita dificuldade porque leva muito tempo. Então essa preparação, essas estruturas preventivas têm que serem feitas anteriormente ao período do incêndio e não na hora que está acontecendo o incêndio. Por exemplo nós tivemos um, um não mais de um episódio. Eu me lembro de um que eu participei nós tivemos 10 quilômetros para chegar até a frente de fogo. Nós usamos cinco máquinas quatro quebraram. Porque o Pantanal é um terreno muito difícil. Você tem área alagada, tem área com raízes, você tem área arenosa. Você tem área de floresta arbórea, tem área de pântano, então assim é muito difícil. O trator atolava, o trator quebrava, enfim, é muito difícil você atuar num território que você não consegue deslocar. E a gente não tinha meios aéreos, helicóptero à disposição. O bombeiro não tem um helicóptero, o bombeiro do Mato Grosso que atua numa área de mais de 903 mil quilômetros quadrados, não tem um helicóptero, não tem uma aeronave de asa rotativa. Nós temos a aeronave que combate a incêndio florestal, asa fixa, mas não de asa rotativa. Então, impossibilita a gente a chegar, fazer uma observação, transportar tropa, avaliar melhor a

situação, deixar o pessoal no terreno para combater ou retirar o pessoal terreno. Então a gente dependia de outras forças. E essas outras forças chegaram tarde. Quando chegou o incêndio já estava em grande proporção. E aí ficou muito difícil a gente combater. Então a gente não tinha gente suficiente, a gente não tinha EPI, a gente não tinha equipamento de combate a incêndio florestal, não tinha veículos de combate a incêndio florestal que chegasse, não tínhamos aeronave de combate a incêndio florestal adequada, tínhamos conhecimento técnico e a parte de geoprocessamento sim, a gente acompanhava tudo por satélite, chegar lá na ponta a gente chegava. E não tínhamos os planos de proteção contra incêndio florestal estruturados. Eu gosto de fazer uma comparação, Filipy, do plano de proteção contra incêndio florestal com o plano de segurança contra incêndio e pânico de uma edificação.

Então imagina um shopping center que tem uma área de 10 mil metros quadrados, 20 mil metros quadrados que não tenham nenhum preventivo, que não tenham extintor, que não tenha uma sinalização de saída de emergência, que não tem iluminação de emergência, que não tem sprinklers, que não tenha escada enclausurada, que não tem o brigadista para combater o princípio do incêndio. Que não tenha hidrante de parede, que não tenha reserva técnica de incêndio, que não tenha saída na dimensão adequada para o público evacuar. Numa edificação dessa o que vai acontecer? Vai morrer todo mundo queimado. E a mesma coisa acontece na área rural. Então se você não tem os preventivos estruturados, os planos de proteção contra incêndio florestal com todos os preventivos para evitar incêndio em área rural. Você não vai ter sucesso no combate. Entendeu? Não tem. É impossível. Ainda mais no incêndio dessa proporção. Então se nós tivéssemos os preventivos com certeza esse incêndio não teria acontecido do tamanho como aconteceu. Porque cada proprietário rural teria o seu preventivo lá e a sua equipe de primeira resposta e ele mesmo já ia debelar o incêndio logo no início. O bombeiro chega só para reforçar. Então a lógica de trabalho para o incêndio florestal tem que ser essa. Preventivos para todas as propriedades rurais, unidades de conservação, todas as áreas rurais com seus preventivos. Um gestor responsável por esses preventivos, uma equipe de resposta voluntária ou paga com o apoio das propriedades vizinhas, efetivando o combate a incêndio. Aconteceu você vai lá e combate rapidamente. E dá a primeira resposta. A lógica é a mesma. PPCIF e PPCIP Né? PPCIF é plano de proteção contra incêndio florestal e PPCIP é plano de segurança contra incêndio e pânico. Plano de segurança contra incêndio e pânico em área urbana e o plano de proteção contra incêndio florestal em área rural. Preventivos contra incêndio. Entendeu? Essa é a lógica. Então a gente não tinha isso lá. E aí como é que você vai combater? Não vai. Não chega na frente do fogo quando chega ela está gigante né!? Essas foram as principais dificuldades: equipamento e acesso.

28. A destruição no Pantanal foi tão grande que prejudicou inclusive animais selvagens de grande porte. Como exemplo tem-se a Amanaci, onça-pintada resgatada no Pantanal com queimaduras de 3º grau nas patas. O senhor chegou a participar do resgate da Amanaci? Se sim, pode falar um pouco do desenrolar de toda a operação de resgate. Ela foi encontrada em meio aos incêndios subterrâneos? Com base na sua experiência, acredita que as queimaduras de 3º grau, sofridas por Amanaci, podem ser associadas ao incêndios subterrâneos?

É o seguinte, como eu te falei a gente acabou estruturando o PAIAS – Pantanal. A base principal era na rodovia Transpantaneira. Nós montamos outras quatro bases temporárias em vários pontos aqui do Pantanal do Mato Grosso com o apoio de ONGs, com apoio de voluntários, com apoio de alguns municípios. Nós fizemos um esforço muito grande porque a gente não tinha nenhuma experiência nessa área. Na verdade, nenhum estado tinha e até no mundo. Eu fiz contato com alguns bombeiros de outros lugares do mundo, eles nunca haviam enfrentado uma situação como essa. Foi uma coisa totalmente nova e a gente teve que enfrentar. E aí nós tivemos vários problemas. Eu vou resumir essa história da Amanaci que foi o seguinte. Estava tendo o problema dos animais morrendo, já estava um mês de incêndio no Pantanal, eu ia lá todos os dias, passava as noites lá, a noite via aquele alvoreço dos animais correndo dum lado para o outro, o animal totalmente fora do seu habitat. Animais aquáticos em locais secos, animais de habitats secos, em locais aquáticos. Estava o caos. E aí um dia me despertou essa necessidade, eu verifiquei essa necessidade de estruturar alguma coisa para tentar salvar um pouco dos animais que estavam sendo atingidos. E aí nós fizemos uma reunião 2 dias seguidos, quinta e sexta-feira, reunião remota, a gente estava no auge da covid, com pessoas que poderiam auxiliar de alguma forma e no final entendemos que não tinha nenhuma solução. Que a gente não tinha dinheiro, que não tinha um plano e aí eu propus quem quisesse ir até o Pantanal, porque eu estava indo para lá todo fim de semana. Eu estava lá quinta, sexta, sábado, domingo e segunda. Eu fazia expediente lá. Só voltava na segunda à tarde para poder fazer o expediente aqui em Cuiabá, porque eu estava no comitê do fogo.

E aí chamamos médicos veterinários voluntários para ir lá fazer o reconhecimento e ver se teria condições de construir um recinto, fazer algum atendimento aos animais. E nessa viagem nós acabamos deparando com a situação da onça. A Amanaci, botaram esse nome nela, ela tinha sido fortemente atingida pelos incêndios. Então ela teve as quatro patas queimadas (terceiro grau). Ela comprometeu ali os tendões que permitem que ela coloque as garras para fora para poder caçar. E foi um episódio de filme e muito marcante. E nós conseguimos fazer o resgate dessa onça com uma operação integrada com a força aérea. A gente fez o resgate dela com um helicóptero BLACK HAWK, helicóptero de guerra. A gente estava tirando do ambiente de guerra causada pelo homem, mas uma guerra do contra o fogo. Conseguimos retirar essa onça com auxílio de médico veterinários, voluntários da UFMT, do Hospital Veterinário da UFMT e outros voluntários. É uma força tarefa enorme para poder resgatar esse animal. A onça é um animal bandeira. Ela representa aí todos os animais do Pantanal. Então se uma onça, animal de topo de cadeia, tinha sido atingida pelos incêndios imagina os outros animais e sim com certeza as queimaduras dela foram decorrentes de incêndios subterrâneos também. Na verdade, o incêndio superficial consome a matéria orgânica e fica sobre o solo, mas aí a gente tem o incêndio de copa que cai muito galho de árvore e o tronco das árvores caem em brasa, né!? E aí tem o incêndio subterrâneo que se propaga durante e depois. A onça provavelmente ela ficou procurando o seu filhote. Ela estava com as tetas cheias de leite, estas foram atingidas, e ela estava em uma situação de pós-parto. Então provavelmente ela perdeu o filhote dela e ela se queimou porque ela ficou procurando o filhote dela na área queimada. Isso foi um apontamento que foi feito pelos médicos veterinários que trataram dela. Então, porque era difícil uma onça ser atingida, né? Mas na verdade nós tivemos três onças atingidas, duas voltaram para o Pantanal e a Amanaci não voltou. Aliás, uma voltou para o Pantanal, uma morreu e a Amanaci não voltou. Tivemos três situações. A Amanaci vai ficar para o resto da vida no cativeiro visto que ela não tem condições de caçar. Na verdade, tem até uma notícia boa, ela está aí pertinho de Brasília. Lá no Instituto No Extinction - NEX aí em Corumbá de Goiás. Ela já cruzou com outra onça, também do Pantanal, que é o Guaraci. E ela já teve um filhote, a Apoena. Então o filhotinho vai crescer se Deus quiser lógico. Vai ser saudável. E se Deus quiser nós vamos fazer a reintrodução desse animal lá no Pantanal. Claro que tem um custo elevadíssimo, já estamos correndo atrás para juntar o recurso necessário pra que esse animal retorne ao Pantanal e continue cumprindo o papel que a mãe dela deveria fazer. Olha que legal. Uma fêmea veio como filhote da Amanaci. Então um homem causou o incêndio, atingiu vários animais, dentre eles a onça pintada. A Amanaci e a natureza estão permitindo que nós possamos corrigir esse erro que nós cometemos. Trazendo já um uma fêmea para que a gente possa reintroduzi-la no Pantanal. Então esse é o trabalho que a gente deve fazer aí num futuro próximo se Deus quiser. E é isso. Essa é a nossa luta! E infelizmente, os animais foram os que mais sofreram com isso. Porque o ser humano ele se recompõe, ele muda, ele se desloca, ele perde o dinheiro, mas começa a vida de novo, mas os animais perdem a vida. Perdem seus filhotes, perdem seu habitat, local para comer. E o impacto de tudo isso a gente não sabe. A gente só vai ver ao longo dos anos. A escassez de animais, o empobrecimento da fauna, da flora, o empobrecimento do solo, enfim, tudo isso a gente vai ver ao longo dos anos. Infelizmente, isso é um legado que nós vamos deixar para os nossos descendentes.

29. Ainda sobre os incêndios subterrâneos, quais técnicas foram utilizadas para o combate deste tipo de incêndio? Foi utilizado algum tipo de tecnologia com o intuito de identificar os pontos mais quentes?

Única forma que a gente tinha de combater o incêndio subterrâneo era cavando trincheira até chegar no solo mineral só que isso era muito caro e muito desgastante. Então praticamente foi feito em pouquíssimos lugares. Para identificar incêndio subterrâneo nós não tínhamos nenhuma técnica. Nenhuma. Não tínhamos equipamentos adequado para fazer isso. Embora exista, né? Existe aí sensores térmicos. Eu tentei comprar um sensor térmico custava 360 mil reais, mas infelizmente não consegui recurso, acharam que era uma loucura comprar isso. Não compramos e a gente poderia estar utilizando isso até em outros incêndios, fazendo busca de animais perdidos, busca de pessoas perdidas na mata, até buscando bandidos que se escondem na mata. Quando cometem um crime, um assalto, eles fogem para mata, a gente poderia estar utilizando esse equipamento. É uma câmera térmica que você acopla a um drone e o conjunto completo custava na época 360 mil reais. Mas infelizmente o estado entendeu que não era interessante comprar. E então assim perdemos uma grande oportunidade. Mas não tínhamos nenhuma técnica de identificar. Era o olhometro mesmo. Era o nosso sensores organolépticos é que permitiam que a gente tentasse localizar o incêndio subterrâneo. E na verdade a gente só ia combater o incêndio subterrâneo depois que ele aflorava na superfície porque enquanto ele estava

queimando lá embaixo a gente ia combater outros incêndios. Era muito fogo, Filipy, era muito fogo entendeu? Tinha fogo para dar e vender. Incêndio para dar e vender. Então o incêndio subterrâneo acabava se tornando um objetivo secundário. Só quando ele aflorava e se tornava uma nova fonte de ignição que a gente ia combater. Os problemas eram muito grandes. As dimensões eram escomunais. Espaciais não dá é coisa muito grande, muito grande. Não dava para a gente prestar atenção no incêndio subterrâneo, infelizmente. Só quando ele aflorava que a gente se despertava para a importância de ir lá combatê-lo.

30. Atualmente, tem-se noticiado a utilização de novas tecnologias, como por exemplo: drones e câmeras térmicas nas ações de combate a incêndios florestais, inclusive nos subterrâneos. Levando em consideração sua experiência, o senhor acredita que estas ferramentas devem ser obrigatórias nas ações de combate a incêndio subterrâneo? Além disso, o seu uso nas Guarnições de Combate a Incêndio Florestal (GCIFs) podem ou poderiam ter evitado o agravamento de tragédias como a do Pantanal?

Olha Filipy eu não tenho certeza se isso vai funcionar. A questão de usar câmera térmica, mas eu acredito muito que vá funcionar e como eu falei na última resposta. Ele não vai servir só para identificar onde está tendo incêndio subterrâneo, mas também para fazer busca de pessoas perdidas na mata. Evitando gasto com helicóptero, evitando gasto com pessoal, expondo menos nosso pessoal ao risco. Ele vai servir para capturar bandidos. Aqui a gente tem muito crime do novo cangaço aqui no Mato Grosso. Nas principais cidades do interior do Brasil tem isso. Pessoal comete crimes de assalto e fogem para o meio do mato e aí fico no meio do mato às vezes dias. Eles preparam toda essa área para poder ficar dias lá enquanto a polícia não consegue ficar muitos dias. E acaba fugindo. Teve o episódio agora daquele bandido lá de Goiás que a polícia envolveu até duzentos homens para pegar um homem que estava no mato. Uma câmera dessa aqui e dois camaradas o pegam, vê onde que ele está e aborda ele lá. Entendeu? Então a câmera térmica não vai servir só para incêndio florestal. Vai servir para salvar gente. Salvar animal, salvar gente perdida, salvar animal, pegar bandido. E eu acredito que sirva para a gente localizar os incêndios subterrâneos. Eu acredito que sim. Depende da capacidade de leitura térmica dessa câmera. Então eu acho sim que é extremamente útil e a gente tem que testar. Testar. E para isso a gente tem que adquirir o equipamento e usar. Se não servir para o incêndio florestal, vai servir para outras coisas no âmbito do Corpo de Bombeiros. Então fica para você aí essa peteca para você defender e convencer o comando do Corpo de bombeiros Militar do Distrito Federal, que é um bombeiro de ponta, a de repente adquirir esse equipamento e fazer o teste nele e verificar qual a utilidade dele nas atividades de bombeiro militar.

31. Deixo este espaço, caso o senhor queira informar ou acrescentar algo a mais.

Eu já falei um pouco a respeito dessa pergunta sete, né? Eu acho que nós seres humanos que somos os principais agentes causadores dos incêndios temos que refletir a respeito do que a gente está fazendo com o planeta. Claro que nós sempre usamos fogo, sempre tivemos incêndios no planeta, mesmo antes da nossa existência e ampliou a quantidade de incêndios agora depois que o homem começou a existir e a ocupar o território no planeta. Nós criamos uma sociedade em risco, a gente vive sempre criando alguma situação de risco, mas da mesma forma que a gente cria situação de risco a gente tem que mitigar a ocorrência dela. A probabilidade de ocorrência dela, suscetibilidade, né? Porque isso vai atingir, não só o meio ambiente, mas também diretamente a nós. Então nós temos que ter essa consciência e nos prepararmos melhor.

Eu acho que todos os bombeiros do Brasil têm que assumir esse papel, claro que a gente sabe que o bombeiro está mal consegue atender todas as áreas urbanas do território nacional, mas nós precisamos também olhar para as áreas rurais. Porque a vida está lá. A água vem da área rural, não vem da área urbana. O alimento vem da área rural, não vem da área urbana. O ar limpo que a gente respira vem da área rural, não vem da área urbana. Então a gente tem que começar a olhar para lá e não ficar de costa para as áreas rurais. E um grande problema que tem nas áreas rurais hoje, não só no centro-oeste, no norte do país, mas em todo o território nacional, talvez com algumas exceções, alguns pontos de exceção, são os incêndios florestais que é a atribuição dos Corpos de Bombeiros do Brasil. O Corpo de Bombeiros Militares do Brasil. Não podemos deixar de fazer o nosso papel. Temos que atuar de forma inteligente.

Colocando o quê? Estabelecendo normas e cobrando preventivos daqueles gestores ambientais porque é impossível a gente atender todos os incêndios. Nenhuma instituição no mundo consegue atender todos os incêndios florestais que ocorrem, mas conseguem estabelecer preventivos para que o

responsáveis e gestores daquelas áreas façam e deem a primeira resposta. Evite que o incêndio ocorra e dê a primeira resposta. Por isso que a gente defende aí a construção, a estruturação de planos de proteção contra o incêndio florestal que seria o primeiro instrumento de resposta. Além disso também temos que trabalhar fortemente a prevenção. Fazer um trabalho de educação ambiental perene. Criar comunidades resilientes ao fogo, né?

Nós temos na América do Norte a FIRE WISE COMMUNITY, comunidade inteligente para uso do fogo. Temos que fazer da mesma forma. Temos aí hoje uma estratégia para a redução de incêndios florestais, não só isso, claro, a gente sabe que tem outras coisas envolvidas, mas temos aí o manejo integrado do fogo que pode sim mitigar a ocorrência de incêndios florestais no Cerrado, Pantanal, a Caatinga e nos Pampas. Então nós temos que ampliar a nossa capacidade de conhecimento, ter um olhar diferente para o uso do fogo, capacitar nossos homens, estruturar nossas corporações e atuar. Assumir esse papel, que esse papel é do Corpo de Bombeiros Militares do Brasil. Está na Constituição Federal e nas respectivas estaduais. Não adianta a gente deixar para outro fazer esse papel. Nós temos que ditar as regras. Nós temos que ditar as diretrizes e fiscalizar acima de tudo. Para que isso aconteça. E não virar as costas para as áreas rurais. Essa é a mensagem que eu deixo por último. Parabéns a você pelo interesse no assunto e parabéns pela dedicação e comprometimento. Desculpa eu demorar para responder rapaz. É que realmente eu estava na correria danada hoje eu estou de folga aqui em casa graças a Deus conseguindo te responder. Então, sucesso na tua empreitada, sucesso não só no TCC, mas na tua carreira profissional. Forte abraço, fica com Deus. Se precisar de mim, só chamar de novo. Alguma dúvida é só perguntar aqui, está bom? Florestal!

**APÊNDICE E – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE CARBONO  
ORGÂNICO E MATÉRIA ORGÂNICA DAS AMOSTRAS AM1, AM2, AM3,  
AM4, AM5, AM6 e AM7.**



Análises de Solos, Folha, Adubos, Ração, Corretivo, Sal Mineral,  
Águas, Efluentes, Sedimentométricas  
CRS 511 Sul, Bloco B - nº 49 - CEP: 70.361-520 - Brasília - DF  
(61) 3346-3611, 3346-1622



Cliente: FILIPY FERREIRA DE MESQUITA  
Município: Brasília - DF  
Amostra: PONTO 01

Tipo do Solo: Sequeiro  
Data de Emissão: 03/06/2022 10:57:37

Propriedade: CBMDF  
Número do Boletim: 465

|  | VR = Valor de Referência |
|--|--------------------------|
| <b>COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA</b>   |                          |
| Argila, g/Kg   | -                        |
| Areia, g/Kg  | -                        |
| Silte, g/Kg  | -                        |
| <b>COMPLEXO SORTIVO</b>  |                          |
| pH em H <sub>2</sub> O, sem unidade  | -                        |
| FÓSFORO - P, extraído com Mehlich 1, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm           | -                        |
| CÁLCIO - Ca, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                            | -                        |
| MAGNÉSIO - Mg, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                          | -                        |
| POTÁSSIO - K, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                           | -                        |
| SÓDIO - Na, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                             | N                        |
| ALUMÍNIO - Al, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                          | -                        |
| ACIDEZ (H + Al), em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                        | -                        |
| SOMA DAS BASES, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                         | -                        |
| CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS - CTC ou T, a pH 7, em cmol/dm <sup>3</sup> | -                        |
| SATURAÇÃO por BASES - V, em %  | -                        |
| SATURAÇÃO por ALUMÍNIO - m, em %   | -                        |
| SATURAÇÃO com SÓDIO - ISNa, em %   | -                        |
| CARBONO ORGÂNICO - C, em g/kg  | 80,6                     |
| MATÉRIA ORGÂNICA - MO, em g/kg   | 138,6                    |
| <b>MICRONUTRIENTES</b>   |                          |
| BORO DISPONÍVEL - B, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                           | -                        |
| COBRE DISPONÍVEL - Cu, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| FERRO DISPONÍVEL - Fe, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| MANGANÊS DISPONÍVEL - Mn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                      | -                        |
| ZINCO DISPONÍVEL - Zn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| ENXOFRE DISPONÍVEL - S, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                        | -                        |

FE-FC-22-87-EA-7B-6F-76-45-10-7F-AD-05-D4-61-2E

Para autenticar acesse [www.megatecnologia-si.com.br/soloquimica](http://www.megatecnologia-si.com.br/soloquimica), em "Autenticar" informe a sequência acima.,  
Paulo Cesar Vasconcellos Furtado  
CRQ 12100079



Análises de Solos, Folha, Adubos, Ração, Corretivo, Sal Mineral,  
Águas, Efluentes, Sedimentométricas  
CRS 511 Sul, Bloco B - nº 49 - CEP: 70.361-520 - Brasília - DF  
(61) 3346-3611, 3346-1622



Cliente: FILIPY FERREIRA DE MESQUITA  
Município: Brasília - DF  
Amostra: PONTO 02

Tipo do Solo: Sequeiro  
Data de Emissão: 03/06/2022 10:57:37

Propriedade: CBMDF  
Número do Boletim: 465

|  | VR = Valor de Referência |
|--|--------------------------|
| <b>COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA</b>   |                          |
| Argila, g/Kg   | -                        |
| Areia, g/Kg  | -                        |
| Silte, g/Kg  | -                        |
| <b>COMPLEXO SORTIVO</b>  |                          |
| pH em H <sub>2</sub> O, sem unidade  | -                        |
| FÓSFORO - P, extraído com Mehlich 1, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm           | -                        |
| CÁLCIO - Ca, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                            | -                        |
| MAGNÉSIO - Mg, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                          | -                        |
| POTÁSSIO - K, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                           | -                        |
| SÓDIO - Na, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                             | N                        |
| ALUMÍNIO - Al, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                          | -                        |
| ACIDEZ (H + Al), em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                        | -                        |
| SOMA DAS BASES, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                         | -                        |
| CAPACIDADE DE TROCA DE CÂTIONS - CTC ou T, a pH 7, em cmol/dm <sup>3</sup> | -                        |
| SATURAÇÃO por BASES - V, em %  | -                        |
| SATURAÇÃO por ALUMÍNIO - m, em %   | -                        |
| SATURAÇÃO com SÓDIO - ISNa, em %   | -                        |
| CARBONO ORGÂNICO - C, em g/kg  | 58,1                     |
| MATÉRIA ORGÂNICA - MO, em g/kg   | 99,9                     |
| <b>MICRONUTRIENTES</b>   |                          |
| BORO DISPONÍVEL - B, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                           | -                        |
| COBRE DISPONÍVEL - Cu, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| FERRO DISPONÍVEL - Fe, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| MANGANÊS DISPONÍVEL - Mn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                      | -                        |
| ZINCO DISPONÍVEL - Zn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| ENXOFRE DISPONÍVEL - S, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                        | -                        |

A1-67-9A-D5-DB-A7-FD-59-27-2C-65-77-22-0C-19-2

Para autenticar acesse [www.megatecnologia-si.com.br/soloquimica](http://www.megatecnologia-si.com.br/soloquimica), em "Autenticar" informe a sequência acima.,  
Paulo Cesar Vasconcellos Furtado  
CRQ 12100079



Análises de Solos, Folha, Adubos, Ração, Corretivo, Sal Mineral,  
Águas, Efluentes, Sedimentométricas  
CRS 511 Sul, Bloco B - nº 49 - CEP: 70.361-520 - Brasília - DF  
(61) 3346-3611, 3346-1622



Cliente: FILIPY FERREIRA DE MESQUITA  
Município: Brasília - DF  
Amostra: PONTO 03

Tipo do Solo: Sequeiro  
Data de Emissão: 30/07/2022 09:45:56

Propriedade: CBMDF  
Número do Boletim: 766

|  | VR = Valor de Referência |
|--|--------------------------|
| <b>COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA</b>   | -                        |
| Argila, g/Kg   | -                        |
| Areia, g/Kg  | -                        |
| Silte, g/Kg  | -                        |
| <b>COMPLEXO SORTIVO</b>  | -                        |
| pH em H <sub>2</sub> O, sem unidade  | -                        |
| FÓSFORO - P, extraído com Mehlich 1, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm           | -                        |
| CÁLCIO - Ca, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                            | -                        |
| MAGNÉSIO - Mg, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                          | -                        |
| POTÁSSIO - K, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                           | -                        |
| SÓDIO - Na, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                             | N                        |
| ALUMÍNIO - Al, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                          | -                        |
| ACIDEZ (H + Al), em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                        | -                        |
| SOMA DAS BASES, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                         | -                        |
| CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS - CTC ou T, a pH 7, em cmol/dm <sup>3</sup> | -                        |
| SATURAÇÃO por BASES - V, em %  | -                        |
| SATURAÇÃO por ALUMÍNIO - m, em %   | -                        |
| SATURAÇÃO com SÓDIO - ISNa, em %   | -                        |
| CARBONO ORGÂNICO - C, em g/kg  | 53,0                     |
| MATÉRIA ORGÂNICA - MO, em g/kg   | 91,2                     |
| <b>MICRONUTRIENTES</b>   | -                        |
| BORO DISPONÍVEL - B, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                           | -                        |
| COBRE DISPONÍVEL - Cu, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| FERRO DISPONÍVEL - Fe, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| MANGANÊS DISPONÍVEL - Mn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                      | -                        |
| ZINCO DISPONÍVEL - Zn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| ENXOFRE DISPONÍVEL - S, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                        | -                        |

23-B8-37-67-55-E4-6C-1B-25-74-73-3D-72-EA-66-B1

Para autenticar acesse [www.megatecnologia-si.com.br/soloquimica](http://www.megatecnologia-si.com.br/soloquimica), em "Autenticar" informe a sequência acima.  
Paulo Cesar Vasconcellos Furtado  
CRQ 12100079



Análises de Solos, Folha, Adubos, Ração, Corretivo, Sal Mineral,  
Águas, Efluentes, Sedimentométricas  
CRS 511 Sul, Bloco B - nº 49 - CEP: 70.361-520 - Brasília - DF  
(61) 3346-3611, 3346-1622



Cliente: FILIPY FERREIRA DE MESQUITA  
Município: Brasília - DF  
Amostra: PONTO 04

Tipo do Solo: Sequeiro  
Data de Emissão: 03/06/2022 10:57:37

Propriedade: CBMDF  
Número do Boletim: 465

|  | VR = Valor de Referência |
|--|--------------------------|
| <b>COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA</b>   | -                        |
| Argila, g/Kg   | -                        |
| Areia, g/Kg  | -                        |
| Silte, g/Kg  | -                        |
| <b>COMPLEXO SORTIVO</b>  |                          |
| pH em H <sub>2</sub> O, sem unidade  | -                        |
| <b>FÓSFORO - P, extraído com Mehlich 1, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>           | -                        |
| <b>CÁLCIO - Ca, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                            | -                        |
| <b>MAGNÉSIO - Mg, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                          | -                        |
| <b>POTÁSSIO - K, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                           | -                        |
| <b>SÓDIO - Na, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                             | N                        |
| <b>ALUMÍNIO - Al, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                          | -                        |
| <b>ACIDEZ (H + Al), em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                        | -                        |
| <b>SOMA DAS BASES, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                         | -                        |
| <b>CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS - CTC ou T, a pH 7, em cmol/dm<sup>3</sup></b> | -                        |
| <b>SATURAÇÃO por BASES - V, em %</b>   | -                        |
| <b>SATURAÇÃO por ALUMÍNIO - m, em %</b>  | -                        |
| <b>SATURAÇÃO com SÓDIO - ISNa, em %</b>  | -                        |
| <b>CARBONO ORGÂNICO - C, em g/kg</b>   | 113,8                    |
| <b>MATÉRIA ORGÂNICA - MO, em g/kg</b>  | 195,7                    |
| <b>MICRONUTRIENTES</b>   |                          |
| <b>BORO DISPONÍVEL - B, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>                           | -                        |
| <b>COBRE DISPONÍVEL - Cu, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>                         | -                        |
| <b>FERRO DISPONÍVEL - Fe, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>                         | -                        |
| <b>MANGANÊS DISPONÍVEL - Mn, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>                      | -                        |
| <b>ZINCO DISPONÍVEL - Zn, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>                         | -                        |
| <b>ENXOFRE DISPONÍVEL - S, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>                        | -                        |

BA-6E-2D-99-1C-CE-47-9B-42-FE-54-81-48-13-39-D8

Para autenticar acesse: [www.megatecnologia-sl.com.br/soloquímica](http://www.megatecnologia-sl.com.br/soloquímica), em "Autenticar" informe a sequência acima.,  
Paulo Cesar Vasconcelos Furtado  
CRQ 12100079



Análises de Solos, Folha, Adubos, Ração, Corretivo, Sal Mineral,  
Águas, Efluentes, Sedimentométricas  
CRS 511 Sul, Bloco B - nº 49 - CEP: 70.361-520 - Brasília - DF  
(61) 3346-3611, 3346-1622



Cliente: FILIPY FERREIRA DE MESQUITA  
Município: Brasília - DF  
Amostra: PONTO 05

Tipo do Solo: Sequeiro  
Data de Emissão: 07/07/2022 17:42:59

Propriedade: CBMDF  
Número do Boletim: 639

|  | VR = Valor de Referência |
|--|--------------------------|
| <b>COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA</b>   |                          |
| Argila, g/Kg   | -                        |
| Areia, g/Kg  | -                        |
| Silte, g/Kg  | -                        |
| <b>COMPLEXO SORTIVO</b>  |                          |
| pH em H <sub>2</sub> O, sem unidade  | -                        |
| FÓSFORO - P, extraído com Mehlich 1, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm           | -                        |
| CÁLCIO - Ca, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                            | -                        |
| MAGNÉSIO - Mg, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                          | -                        |
| POTÁSSIO - K, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                           | -                        |
| SÓDIO - Na, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                             | N                        |
| ALUMÍNIO - Al, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                          | -                        |
| ACIDEZ (H + Al), em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                        | -                        |
| SOMA DAS BASES, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                         | -                        |
| CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS - CTC ou T, a pH 7, em cmol/dm <sup>3</sup> | -                        |
| SATURAÇÃO por BASES - V, em %  | -                        |
| SATURAÇÃO por ALUMÍNIO - m, em %   | -                        |
| SATURAÇÃO com SÓDIO - ISNa, em %   | -                        |
| CARBONO ORGÂNICO - C, em g/kg  | 95,6                     |
| MATÉRIA ORGÂNICA - MO, em g/kg   | 164,4                    |
| <b>MICRONUTRIENTES</b>   |                          |
| BORO DISPONÍVEL - B, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                           | -                        |
| COBRE DISPONÍVEL - Cu, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| FERRO DISPONÍVEL - Fe, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| MANGANÊS DISPONÍVEL - Mn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                      | -                        |
| ZINCO DISPONÍVEL - Zn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| ENXOFRE DISPONÍVEL - S, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                        | -                        |

93-DC-81-72-D8-F6-E6-66-CE-6E-F9-07-3F-25-68-FC

Para autenticar acesse [www.megatecnologia-st.com.br/solorquimica](http://www.megatecnologia-st.com.br/solorquimica) em "Autenticar" informe a sequência acima.,  
Paulo Cesar Vasconcellos Furtado  
CRQ 12100079



Análises de Solos, Folha, Adubos, Ração, Corretivo, Sal Mineral,  
Águas, Efluentes, Sedimentométricas  
CRS 511 Sul, Bloco B - nº 49 - CEP: 70.361-520 - Brasília - DF  
(61) 3346-3611, 3346-1622



Cliente: FILIPY FERREIRA DE MESQUITA  
Município: Brasília - DF  
Amostra: PONTO 06

Tipo do Solo: Sequeiro  
Data de Emissão: 30/07/2022 09:45:56

Propriedade: CBMDF  
Número do Boletim: 766

|  | VR = Valor de Referência |
|--|--------------------------|
| <b>COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA</b>   | -                        |
| Argila, g/Kg   | -                        |
| Areia, g/Kg  | -                        |
| Silte, g/Kg  | -                        |
| <b>COMPLEXO SORTIVO</b>  |                          |
| pH em H <sub>2</sub> O, sem unidade  | -                        |
| <b>FÓSFORO - P, extraído com Mehlich 1, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>           | -                        |
| <b>CÁLCIO - Ca, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                            | -                        |
| <b>MAGNÉSIO - Mg, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                          | -                        |
| <b>POTÁSSIO - K, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                           | -                        |
| <b>SÓDIO - Na, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                             | N                        |
| <b>ALUMÍNIO - Al, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                          | -                        |
| <b>ACIDEZ (H + Al), em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                        | -                        |
| <b>SOMA DAS BASES, em cmol/dm<sup>3</sup> = mE/100mL</b>                         | -                        |
| <b>CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS - CTC ou T, a pH 7, em cmol/dm<sup>3</sup></b> | -                        |
| <b>SATURAÇÃO por BASES - V, em %</b>   | -                        |
| <b>SATURAÇÃO por ALUMÍNIO - m, em %</b>  | -                        |
| <b>SATURAÇÃO com SÓDIO - ISNa, em %</b>  | -                        |
| <b>CARBONO ORGÂNICO - C, em g/kg</b>   | 77,2                     |
| <b>MATÉRIA ORGÂNICA - MO, em g/kg</b>  | 132,8                    |
| <b>MICRONUTRIENTES</b>   |                          |
| <b>BORO DISPONÍVEL - B, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>                           | -                        |
| <b>COBRE DISPONÍVEL - Cu, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>                         | -                        |
| <b>FERRO DISPONÍVEL - Fe, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>                         | -                        |
| <b>MANGANÊS DISPONÍVEL - Mn, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>                      | -                        |
| <b>ZINCO DISPONÍVEL - Zn, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>                         | -                        |
| <b>ENXOFRE DISPONÍVEL - S, em mg/dm<sup>3</sup> = ppm</b>                        | -                        |

98-B9-3A-3A-D1-92-21-11-E6-17-DA-3C-C1-6E-BB-41

Para autenticar acesse [www.megatecnologia-sl.com.br/soloquimica](http://www.megatecnologia-sl.com.br/soloquimica) em "Autenticar" informe a sequência acima.,  
Paulo Cesar Vasconcellos Furtado  
CRQ 12100079



Análises de Solos, Folha, Adubos, Ração, Corretivo, Sal Mineral,  
Águas, Efluentes, Sedimentométricas  
CRS 511 Sul, Bloco B - nº 49 - CEP: 70.361-520 - Brasília - DF  
(61) 3346-3611, 3346-1622



Cliente: FILIPY FERREIRA DE MESQUITA  
Município: Brasília - DF  
Amostra: PONTO 07

Tipo do Solo: Sequeiro  
Data de Emissão: 02/09/2022 16:15:21

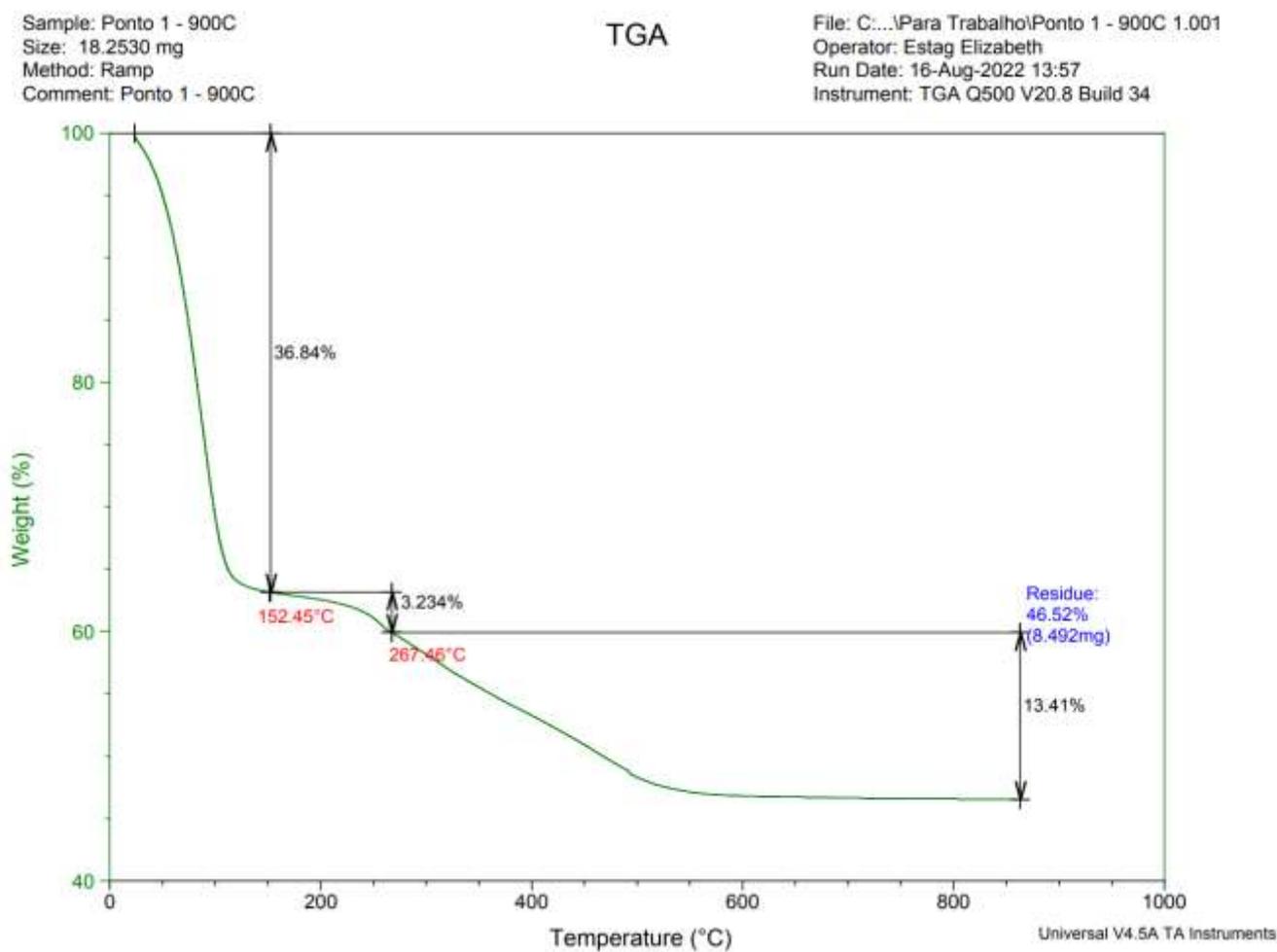
Propriedade: CBMDF  
Número do Boletim: 948

|  | VR = Valor de Referência |
|--|--------------------------|
| <b>COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA</b>   |                          |
| Argila, g/Kg   | -                        |
| Areia, g/Kg  | -                        |
| Silte, g/Kg  | -                        |
| <b>COMPLEXO SORTIVO</b>  |                          |
| pH em H <sub>2</sub> O, sem unidade  | -                        |
| FÓSFORO - P, extraído com Mehlich 1, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm           | -                        |
| CÁLCIO - Ca, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                            | -                        |
| MAGNÉSIO - Mg, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                          | -                        |
| POTÁSSIO - K, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                           | -                        |
| SÓDIO - Na, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                             | N                        |
| ALUMÍNIO - Al, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                          | -                        |
| ACIDEZ (H + Al), em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                        | -                        |
| SOMA DAS BASES, em cmol/dm <sup>3</sup> = mE/100mL                         | -                        |
| CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS - CTC ou T, a pH 7, em cmol/dm <sup>3</sup> | -                        |
| SATURAÇÃO por BASES - V, em %  | -                        |
| SATURAÇÃO por ALUMÍNIO - m, em %   | -                        |
| SATURAÇÃO com SÓDIO - ISNa, em %   | -                        |
| CARBONO ORGÂNICO - C, em g/kg  | 88,9                     |
| MATÉRIA ORGÂNICA - MO, em g/kg   | 152,9                    |
| <b>MICRONUTRIENTES</b>   |                          |
| BORO DISPONÍVEL - B, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                           | -                        |
| COBRE DISPONÍVEL - Cu, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| FERRO DISPONÍVEL - Fe, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| MANGANÊS DISPONÍVEL - Mn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                      | -                        |
| ZINCO DISPONÍVEL - Zn, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                         | -                        |
| ENXOFRE DISPONÍVEL - S, em mg/dm <sup>3</sup> = ppm                        | -                        |

E1-F3-4D-A7-12-04-DB-F7-AA-01-5E-43-C6-C5-4A-9D

Para autenticar acesse [www.megatecnologia-si.com.br/soloquímica](http://www.megatecnologia-si.com.br/soloquímica), em "Autenticar" informe a sequência acima.,  
Paulo Cesar Vasconcellos Furtado  
CRQ 12100079

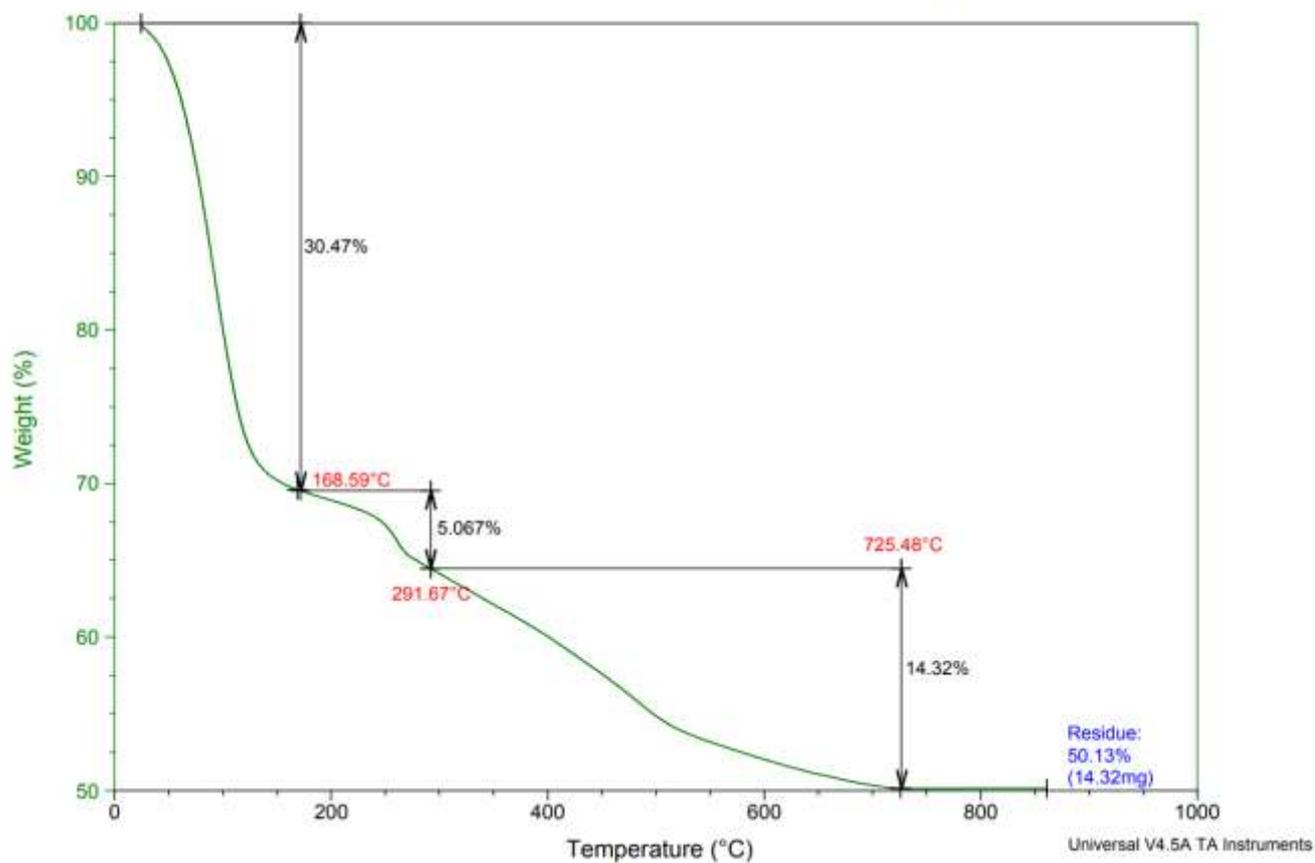
**APÊNDICE F – RESULTADOS DAS ANÁLISES**  
**TERMOGRAVIMÉTRICAS DAS AMOSTRAS AM1, AM2, AM3, AM4,**  
**AM5, AM6 e AM7.**



Sample: Ponto 2  
Size: 28.5640 mg  
Method: Ramp  
Comment: Experimento com matéria organica

## TGA

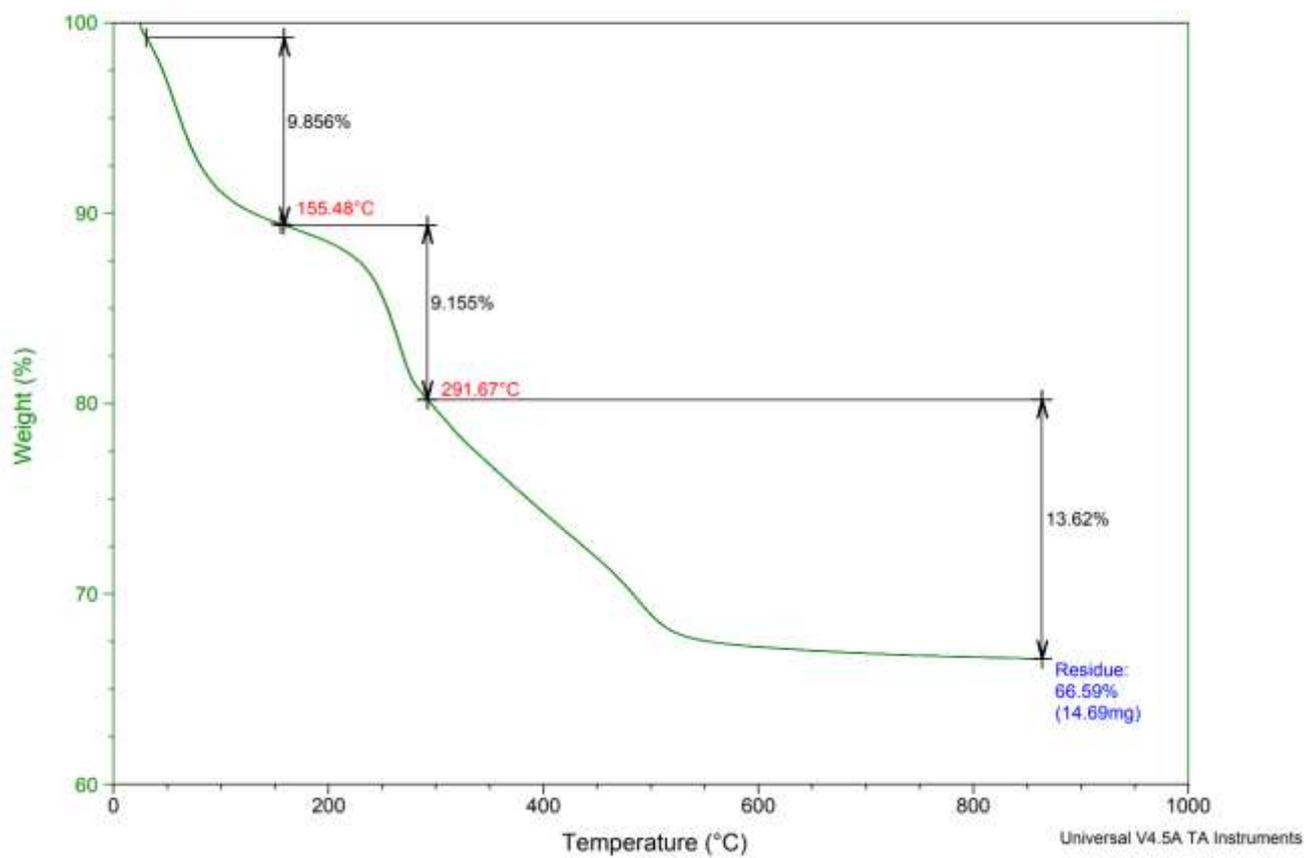
File: C:\...TGA\DIV\I\Pesquisas\Ponto 2.001  
Operator: Estag. Elizabeth  
Run Date: 30-Jun-2022 14:50  
Instrument: TGA Q500 V20.8 Build 34



Sample: Ponto 3 - 900C  
Size: 22.0560 mg  
Method: Ramp  
Comment: Ponto 3 - 900C

## TGA

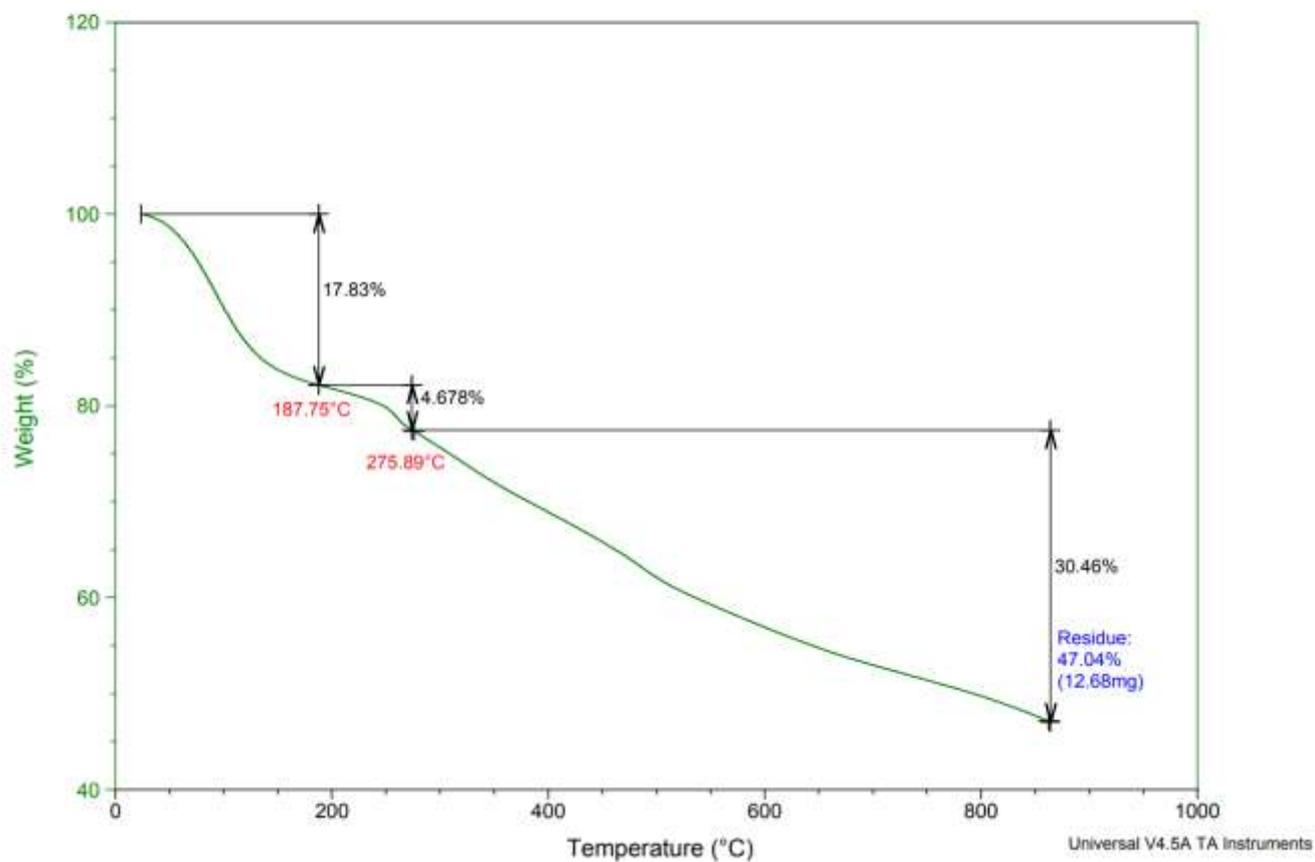
File: C:\...Para Trabalho\Ponto 3 - 900C.001  
Operator: Sgt Almeida Junior  
Run Date: 15-Aug-2022 15:05  
Instrument: TGA Q500 V20.8 Build 34



Sample: Ponto 4 - 900C  
Size: 26.9650 mg  
Method: Ramp  
Comment:

## TGA

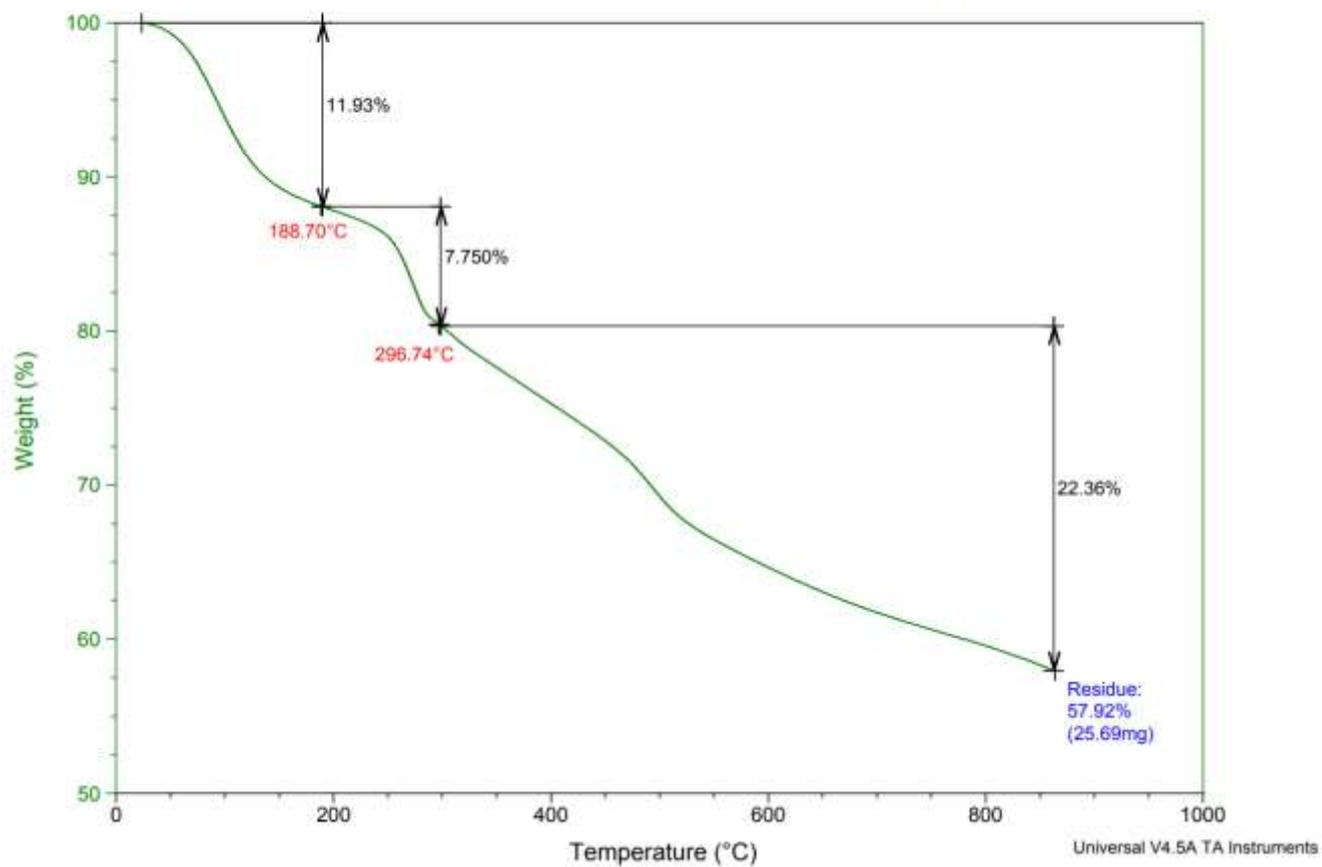
File: C:\...Para Trabalho\Ponto 4 - 900C.001  
Operator: Sgt Almeida  
Run Date: 05-Jul-2022 14:43  
Instrument: TGA Q500 V20.8 Build 34



Sample: Ponto 5 - 9000C  
Size: 44.3540 mg  
Method: Ramp  
Comment: Experimento com matéria organica ponto 5

TGA

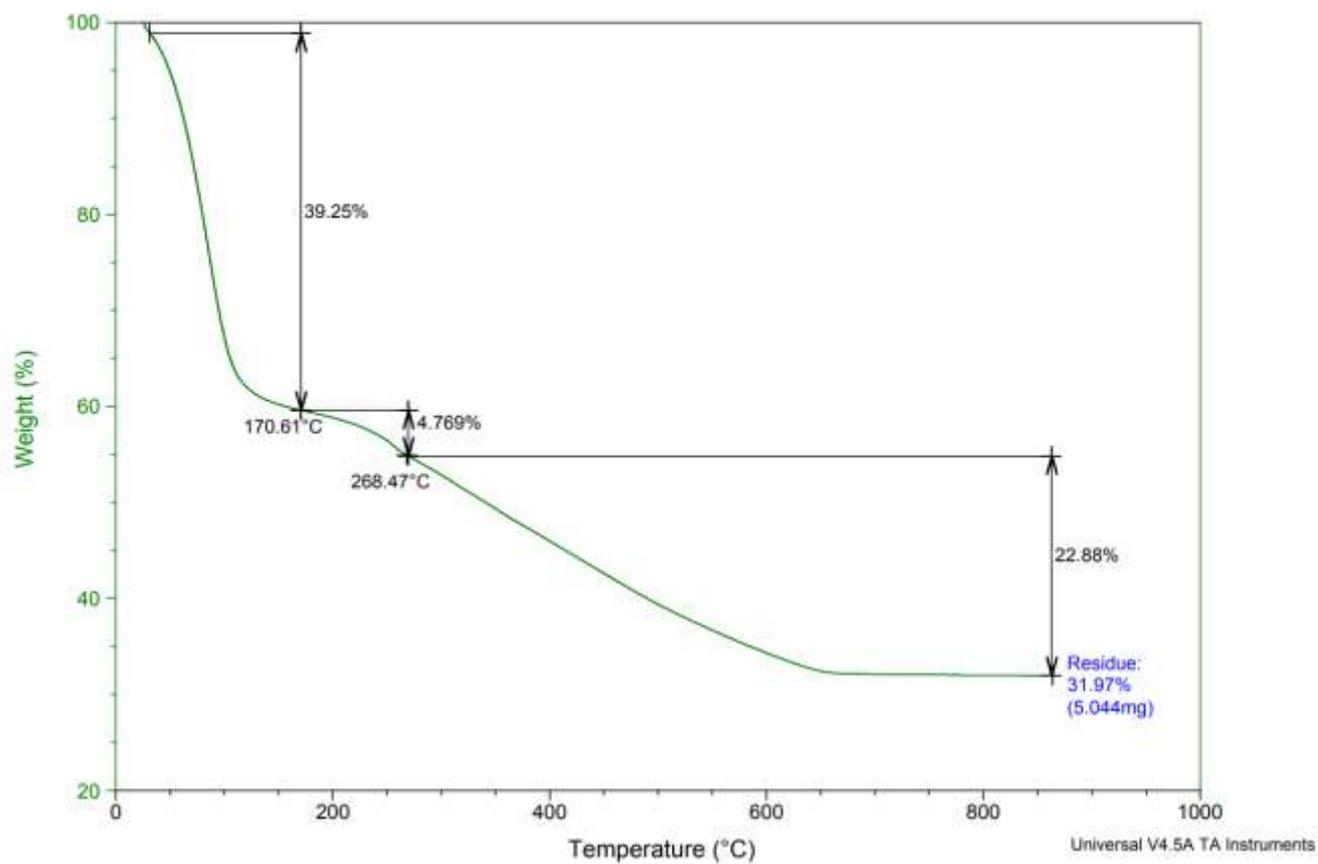
File: C:\...\Cad Mesquita\Ponto 5 - 900C.001  
Operator: Estag Elizabeth  
Run Date: 11-Jul-2022 13:43  
Instrument: TGA Q500 V20.8 Build 34



Sample: ponto 6  
Size: 15.7790 mg  
Method: Ramp  
Comment: ponto 6 - cad Mesquita

## TGA

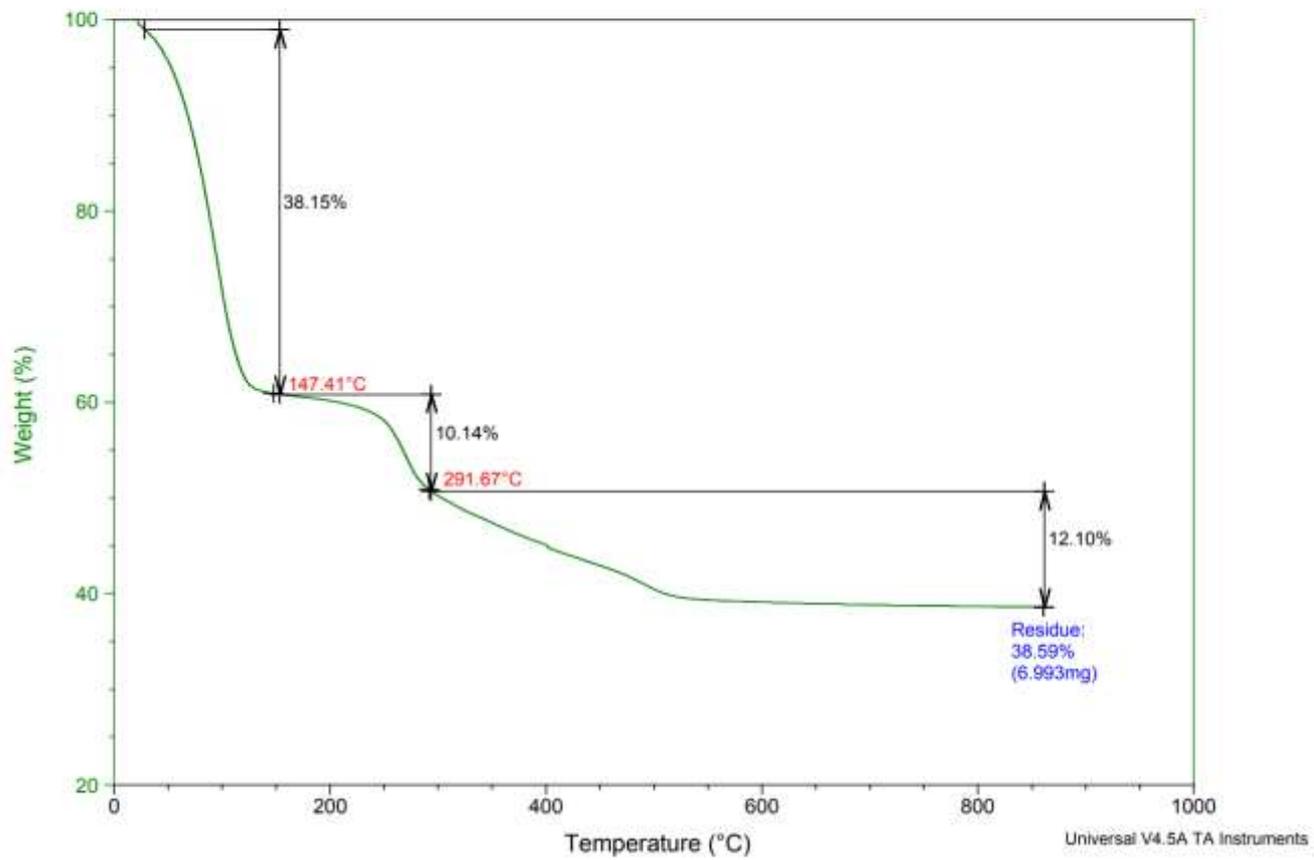
File: C:\...Para Trabalho\ponto 6 - 900C.003  
Operator: SGT Almeida junior  
Run Date: 04-Aug-2022 15:34  
Instrument: TGA Q500 V20.8 Build 34



Sample: Ponto 7 - 900C  
Size: 18.1220 mg  
Method: Ramp  
Comment: Ponto 7 - 900C

## TGA

File: C:\...Para Trabalho\Ponto 7 - 900C.003  
Operator: Estag Elizabeth  
Run Date: 12-Aug-2022 10:30  
Instrument: TGA Q500 V20.8 Build 34



## APÊNDICE G – PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP) DE COMBATE A INCÊNDIO SUBTERRÂNEO

### Especificação do produto

1. **Aluno:** Cadete BM/2 Filipy Ferreira de Mesquita
2. **Nome:** Proposta de Procedimento Operacional Padrão - POP sobre Incêndio subterrâneo.
3. **Descrição:** Descrição de técnicas, materiais e protocolos para as ocorrências de incêndio subterrâneo.
4. **Finalidade:** orientar o bombeiro militar sobre os procedimentos e ações a serem tomadas nas ocorrências de incêndio subterrâneo.
5. **A quem se destina:** bombeiros que realizam atividades de combate a incêndio subterrâneo.
6. **Funcionalidades:** não se aplica.
7. **Especificações técnicas:**

Material textual: Documento digital em formato PDF. A elaboração de POP constitui competência das Unidades especializadas, devendo ser aprovada pelo Comando Operacional, conforme previsto no art. 27, *caput* e inciso II, do Decreto nº 31.817, de 21 de junho de 2010. Contém 9 páginas. Havendo necessidade de impressão do documento, utilizar folha A4.

8. **Instruções de uso:** não se aplica.
9. **Condições de conservação, manutenção, armazenamento** (quando for o caso): Não se aplica.



**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL  
COMANDO OPERACIONAL  
COMANDO ESPECIALIZADO  
GRUPAMENTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL**



**PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP)**

|  |   |
|--|---|
| <b>PROCEDIMENTO PARA OCORRÊNCIAS DE COMBATE A INCÊNDIO SUBTERRÂNEO</b> | <b>FINALIDADE DO POP</b>  |
| <b>OBM responsável: Grupamento de Proteção Ambiental (GPRAM)</b>       | Orientar o bombeiro militar sobre os procedimentos e ações a serem tomadas nas ocorrências de incêndio subterrâneo. |
| <b>Versão: 1.0/2022</b>  |   |

## 1. RESULTADOS ESPERADOS

- Padronizar as ações e procedimentos a serem tomadas nas ações de combate a incêndio subterrâneo;
- Capacitar o bombeiro militar nas ações e procedimentos necessários para identificação e extinção prematura dos incêndios subterrâneos;
- Tornar o militar capaz de identificar ambientes susceptíveis aos incêndios subterrâneos, bem como classificar a fase do incêndio e a severidade do fogo;
- Conscientizar o bombeiro militar acerca dos riscos e danos causados pelos incêndios subterrâneos, preservando assim vida, patrimônio e meio ambiente;
- Incentivar a utilização de novas tecnologias nas ocorrências de combate a incêndio subterrâneo.

## 2. MATERIAL RECOMENDADO

- ARF ou Viatura de Água: ABTF
- Motobomba *Mark-3*;
- Câmera térmica *Bullard T4MAX*;
- Drone *DJI Matrice 210 v2*;
- Enxada;
- Facão;
- Foice;
- Machado;

- Enxada;
- Mcleod;
- Pulaski;
- Cavadeira articulada;
- Helicóptero;
- Equipamentos de Proteção Individual – Luva (raspa de couro), capacete, coturno, vestimenta ambiental, lanterna e óculos.

### 3. PROCEDIMENTOS

#### FASE 1 – DETECÇÃO

- Realizar rondas em locais atingidos por incêndios superficiais e que possuem fitofisionomias, “plantas indicadoras” e solos, todos relacionados aos incêndios subterrâneos;

| FITOFISIONOMIAS  | “PLANTAS INDICADORAS”  | SOLOS  |
|--|--|--|
| Mata de galeria, mata ciliar, palmeiral, veredas, campo sujo úmido, campo sujo com murundus, campo limpo úmido e campo limpo com murundus. | Açaí ( <i>Euterpe oleracea</i> ), buriti ( <i>Mauritia flexuosa</i> ), capim redondo ( <i>Rinchostrora globosa</i> ) e aninga ( <i>Montrcardia sp.</i> ) | Solos sujeitos a alternância de períodos de alagamento e secamento e com elevado teor de matéria orgânica (organossolos, gleissolos melânicos e neossolos flúvicos). |

Fonte: O autor.

- Dar prioridade às áreas próximas ou sob a ação do ser humano sobre o meio ambiente (áreas de chácaras, invasões/ocupações, parques ecológicos dentro de áreas urbanas etc.).

#### FASE 2 – DESPACHO/DESLOCAMENTO

- Inspeccionar os equipamentos adequados para as atividades de combate a incêndio subterrâneo, principalmente os que necessitam de combustível e bateria;
- Utilizar os Equipamentos de Proteção Individual adequados para a atividade;
- Checar a existência ou não de incêndios superficiais e de copa. Caso exista, requerer recurso adicional;
- Coletar o máximo de informações acerca do local de atuação. Englobando aspectos ambientais e de uso e ocupação da área;
- Verificar a disponibilidade do drone no GPRAM. Caso esteja indisponível, acionar o

Grupamento de Aviação Operacional (GAVOP), inclusive para possível uso do helicóptero;

- Checar a existência ou não de animais feridos. Caso exista, entrar em contato com a Polícia Militar Ambiental (PMA);
- Analisar as condições meteorológicas (direção do vento, temperatura, umidade do ar e etc);
- Juntamente com o condutor, analisar as condições de acesso (vias pavimentadas e não pavimentadas) e estipular a melhor rota.

### **FASE 3 – RECONHECIMENTO E CONTROLE**

- Informar a COCB a chegada ao local e estabelecimento do Posto de Comando;
- Ações voltadas para confirmação e aquisição de informações, bem como estabilização e gestão de riscos;
- Caso haja algum animal ferido ou em situação de risco, o salvamento deste será prioridade perante as ações de combate.

#### ○ CONDIÇÕES GERAIS DO AMBIENTE SINISTRADO

- Reavaliar as condições meteorológicas, topográficas e o tipo de incêndio;
- Verificar a existência de manancial de água, caso não exista e seja necessário, pode ser estabelecido um reservatório;
- Posicionar a viatura em local seguro distante da área sob ação do fogo e de áreas úmidas;
- Sobrevoar a área com o Drone *DJI Matrice 210 v2* (figura abaixo) e examinar as imagens da câmera térmica com intuito de identificar áreas com temperatura elevada e possíveis linhas de fogo subterrâneas.



Fonte: O autor.

#### ○ ATAQUE INICIAL

- Controle e combate aos incêndios superficiais e de copa, caso existam;
- Com apoio das imagens térmicas, determinar a entrada da Guarnição de Combate a

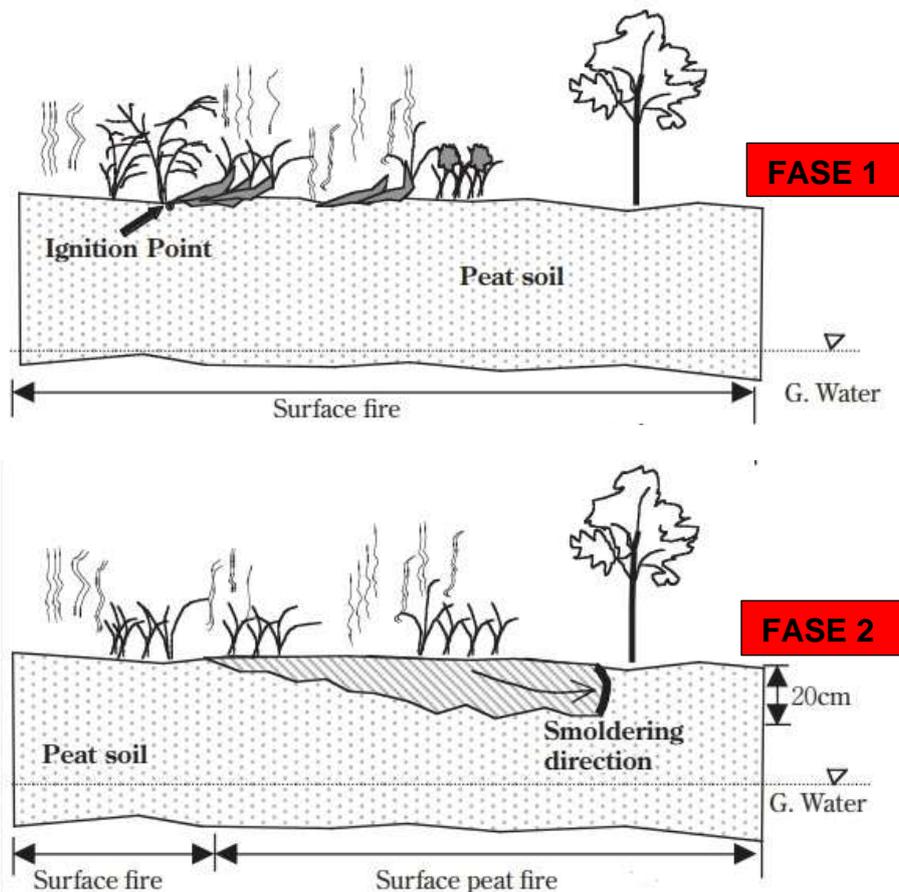
Incêndio Florestal (GCIF) na área atingida através de uma via de acesso segura e utilizando a Câmera térmica *Bullard T4MAX* (figura abaixo).

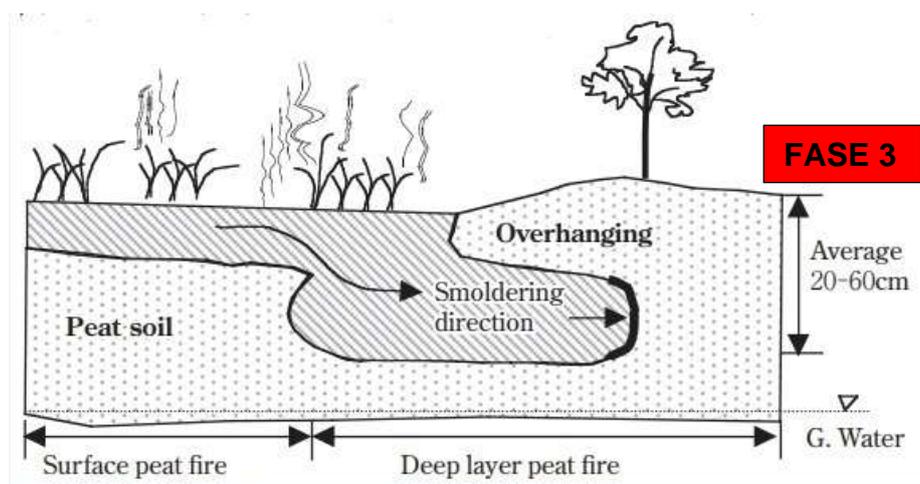


Fonte: Bullard (2013).

### ○ CONDIÇÕES DO INCÊNDIO SUBTERRÂNEO

- Por meio do método dinâmico ou de amostragem, determinar a profundidade do horizonte histórico sob ação do fogo;
- Determinar a fase (1,2 ou 3) e a severidade (Pouco Queimado, Moderado ou Severo e Muito Severo) em que se encontra o incêndio subterrâneo (figuras e tabela abaixo);





Fonte: Usup *et al.* (2004).

| SEVERIDADE DO FOGO | DESCRIÇÃO  |
|--------------------|--|
| NÃO QUEIMADO       | Não se verifica alteração do solo e da vegetação provocada por efeitos do fogo;  |
| CHAMUSCADO         | Plantas intactas mas com perda de algumas folhas por radiação calorífica;  |
| POUCO QUEIMADO     | Copas das árvores com folhas verdes mas com ramos queimados;<br>Vegetação rasteira, ervas e musgos carbonizados ou consumidos;<br>Horizonte O do solo intacto, ou parcialmente afetado nos primeiros milímetros; |
| MODERADO OU SEVERO | Árvores com parte das copas destruídas, mas com folhas não consumidas;<br>Ramos finos mortos na superfície do solo e troncos queimados;<br>Horizonte O do solo quase consumido;                                  |
| MUITO SEVERO       | Copas das árvores mortas e folhas consumidas;<br>Horizonte O do solo completamente inapto;<br>Deposição de cinzas brancas e matéria orgânica carbonizada a vários centímetros de profundidade;                   |

Fonte: Rocha (2016).

- Utilização da Câmera térmica *Bullard T4MAX* e do drone *DJI Matrice 210 v2* para localização dos pontos e áreas quentes;

#### FASE 4 – COMBATE AO INCÊNDIO SUBTERRÂNEO

- Informar o COCB o início do combate;

- Realizar sempre sob monitoramento de câmeras térmicas a fim de garantir a eficiência, segurança e impedir o agravamento da situação;
- Priorizar o uso de drones com câmera térmica acoplada. Helicóptero, com uso de câmera térmica manual, apenas em casos excepcionais.
- Caso não exista manancial, e seja necessário, pode ser criada uma cisterna de 2 m<sup>3</sup>.

#### ○ INCÊNDIOS SUBTERRÂNEOS – FASE 1

- Não há necessidade de construção de valas;
- Combate direto e, com auxílio de um *Mcleod*, raspagem do material em combustão para a área queimada (imagem ao lado);
- Jatos compactos apenas para mexer o material combustível;
- Alagamento não é aconselhado em virtude da quantidade de água desperdiçada;
- Jatos neblinados são os mais aconselhados nos pontos quentes;
- Atenção a raízes ou troncos que podem conduzir o fogo a profundidades maiores.



Fonte: O autor.

#### ○ INCÊNDIOS SUBTERRÂNEOS – FASE 2 e FASE 3

- Construção de valas manualmente ou com maquinário;
- Todo horizonte hístico retirado e sob ação do fogo deve ser jogado na área queimada;
- Profundidade: retirada do horizonte hístico sob ação do fogo ou até atingir o nível do lençol freático;
- Todo horizonte hístico retirado e sob ação do fogo deve ser jogado na área queimada;
- Largura: 30 centímetros ou pá;
- A direção será determinada pelo especialista, devendo considerar, quando possível, os limites do solo, mais especificamente do horizonte hístico;
- Caso seja necessário e o lençol freático não tenha sido alcançado, realizar a inundação das valas e, com o uso de câmeras térmicas, acompanhar possíveis efeitos.

### **FASE 5 – PLANEJAMENTO**

- Implementar o Sistema de Comando de Incidentes (SCI), caso o combate dure mais de 24 horas;
- O combate noturno é uma opção porém com algumas ressalvas: utilização de balão de

iluminação e deslocamento com, no mínimo, dois militares;

- Caso não haja combate noturno, os equipamentos devem ser recolhidos e mantidos em condições para a guarnição do próximo dia.

#### **FASE 6 – EXTINÇÃO**

- À medida que não há mais coluna de fumaça, bem como pontos quentes, vistos a partir da câmera térmica, tem-se a extinção do incêndio na área.

#### **FASE 7 – VIGILÂNCIA**

- Realizar rondas periodicamente durante uma semana com o objetivo de encontrar possíveis pontos quentes;
- Sobrevoar a área com o drone *DJI Matrice 210 v2* e averiguar a presença ou não de pontos quentes.

### **4. POSSIBILIDADES DE ERRO**

- Equipamento danificado;
- Imperícia no manuseio da Motobomba *Mark-3*;
- Imperícia no manuseio da câmera térmica *Bullard T4MAX* e do drone *DJI Matrice 210 v2*;
- Incidentes envolvendo a guarnição e transeuntes.
- Equívoco na determinação da porção do horizonte hístico sob ação do fogo.

### **5. FATORES COMPLICADORES**

- Dificuldade de acesso à área;
- Presença de animal ferido ou em situação de risco;
- Dificuldade na determinação da fase do incêndio;
- Identificar o horizonte hístico;
- Distinguir a porção do horizonte hístico sob ação do fogo.

### **6. GLOSSÁRIO**

- Gleissolos melânicos: Solos com horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura;
- Horizonte hístico: um tipo de horizonte de coloração preta, cinzenta muito escura ou brunada em que predominam características relacionadas ao elevado teor de matéria orgânica. É resultante de acumulações de resíduos vegetais, em graus variáveis de decomposição, depositados superficialmente, ainda que, no presente, possa encontrar-se recoberto por horizontes ou depósitos minerais e mesmo camadas orgânicas mais recentes;
- Lençol freático: camada superior das águas subterrâneas, que se encontra, geralmente, em pequena profundidade e é abastecido pelas águas das chuvas, de onde se extrai boa parte

da água para consumo e produção humanos;

- Neossolos flúvicos: Solos derivados de sedimentos aluviais, ou seja, depositados por rios;
- Organossolos: compreendem solos pouco evoluídos, com preponderância de características devidas ao material orgânico, de coloração preta, cinzenta muito escura ou brunada, resultantes de acumulação de resíduos vegetais, em graus variáveis de decomposição, em condições de drenagem restrita (ambientes de mal a muito mal drenados) ou saturados com água por apenas poucos dias durante o período chuvoso, como em ambientes úmidos e frios de altitudes elevadas.

## 7. BASE LEGAL E REFERENCIAL

- BULLARD. **T4MAX Thermal Imager Bid Specifications**. 2013. Cynthiana, KY. USA.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. ampl. Brasília, 2018.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO – Infraestrutura e meio ambiente. **Dicionário ambiental: lençol freático**. 2021. Disponível em: <https://www.infrastrukturameioambiente.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/lencol-freatico/>. Acesso em: 20 set. 2022.
- LOZANO, E; JIMÉNEZ-DIMILLA, P. **Intensidade y severidade del fuego**. 2013. Red Temática Nacional Efectos de los Incendios Florestales sobre los Suelos (FUEGORED). Ficha técnica FGR 2013/01.
- ROCHA, José Manuel Fernandes. **Incêndios florestais como fator de erodibilidade do solo: aplicação experimental de técnicas de fogo controlado e de parcelas de erosão no município de Santo Tirso**. Dissertação de mestrado. Mestrado em Geografia – Área de especialização em Planejamento e Gestão do Território. Universidade do Minho. Instituto de Ciências Sociais. 2016. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/47962>. Acesso: 01 jan. 2022.
- USUP, A.; HASHIMOTO, Y.; TAKAHASHI, H.; HAYASAKA, H. **Combustion and thermal characteristics of peat fire in tropical peatland in Central Kalimantan, Indonesia**. Tropics. 2004, v. 14, n. 1, pp. 1-19. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Combustion-and-thermal-characteristics-of-peat-fire-Usup-Hashimoto/12bbc9f92a0354e97aad9e3cb74259172656410a>. Acesso em: 17 abr. 2022

## 8. FLUXOGRAMA

### FLUXOGRAMA - COMBATE AO INCÊNDIO SUBTERRÂNEO

