



CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL  
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA  
DIRETORIA DE ENSINO  
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR  
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS – TURMA 35



**INCÊNDIOS EM SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS DO METRÔ/DF: PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE UM PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO**

Arthur Breciani dos Santos Marques Taveira<sup>1</sup>  
Alisson Bernardi de Barros<sup>2</sup>

**RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo principal propor um procedimento operacional padrão (POP) que possa ser adotado pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) em ocorrências de incêndio em subestações de energia elétrica (SEE), com enfoque nas SEE do METRÔ/DF (MDF). Atualmente, existem 16 subestações de energia elétrica retificadora (SER) espalhadas ao longo de toda a linha do MDF, além de cada estação possuir a sua própria subestação de energia elétrica auxiliar (SEA), totalizando mais de 40 SEE somente ao longo do sistema metroviário do Distrito Federal. Tal tema se justifica pelo risco potencial de grandes incêndios em SEE localizadas nas estações de passageiros do sistema metroviário do Distrito Federal. O MDF foi escolhido como foco do trabalho por ser um ambiente peculiar no cenário de combate a incêndio, por já ter apresentado falhas elétricas e incêndios em suas SEE e por ser o principal meio de transporte diário de milhares de brasilienses. Sendo assim, incêndios em SEA e SER localizadas nas estações de passageiros, pelo grande risco potencial que oferece ao público flutuante do sistema metroviário, apresenta também um elevado risco para os bombeiros militares do CBMDF, pois existe o natural desconhecimento das especificidades do sistema elétrico metroviário, que se amplia mais ainda pela ausência de um procedimento operacional padrão (POP) conjunto a ser seguido tanto pelos bombeiros militares do CBMDF como pelos funcionários do MDF em situações de incêndio em SEE localizada em estações de passageiros. Dessa forma, será feita uma pesquisa bibliográfica acerca do tema, bem como a visita às instalações do MDF para coleta de dados.

**Palavras-chave:** Subestações de Energia Elétricas (SEE). Subestações de energia elétrica retificadora (SER). Subestação de energia elétrica auxiliar (SEA). Incêndios em subestações. METRÔ - DF. Procedimento Operacional Padrão (POP) conjunto.

---

<sup>1</sup> Cad/35 QOBM/Comb. Arthur. Aluno a Oficial lotado na ABMIL. Engenheiro Eletricista pela Universidade de Brasília (UnB). Aluno do Curso de Formação de Oficiais – 2018.

<sup>2</sup> Cap. QOBM/Comb. Barros. Chefe Seção de Justiça e Disciplina do Centro de Formação e Aperfeiçoamento de Praças (CEFAP). Bacharel em Física pela Universidade de Brasília (UnB).

## INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei 8.255/91, que dispõe acerca da organização básica do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, compete ao CBMDF “realizar serviços de prevenção e extinção de incêndios” (Art. 2º, I).

Como se sabe, ambientes incendiados oferecem diversos riscos aos bombeiros militares atuantes, e ao se tratar de incêndio em equipamentos energizados, os perigos são ainda maiores. Na evolução desse cenário, um incêndio em uma subestação de energia elétrica representa uma situação operacional de extrema complexidade.

A hipótese que norteia esse trabalho é que se acredita que o combate a incêndio em subestações elétricas do sistema METRÔ-DF apresenta peculiaridades e dificuldades para o bombeiro militar e que não exista no CBMDF uma padronização sobre a forma de atuação em tais ocorrências. Sendo assim, o problema a ser resolvido é como deve ser a atuação dos militares do CBMDF em ocorrências de incêndio em subestações do METRÔ-DF?

Os bombeiros em geral muitas vezes não possuem conhecimento técnico suficiente para proceder em tal situação, visto que a utilização de água nos equipamentos elétricos pode causar danos maiores, gerando uma grande insegurança no militar do CBMDF.

Por ser o maior consumidor de energia do DF, o MDF apresenta um dos cenários mais propícios para uma ocorrência de incêndio com capacidade para grandes prejuízos. A falta de um POP conjunto é um grande entrave para uma atuação correta e segura nessas situações.

Em relação ao sistema metroviário do Distrito Federal, é interessante fazer uma breve introdução de suas características:

O projeto do sistema METRÔ – DF é composto por 29 estações, das quais 24 estão em funcionamento. Com uma frota de 32 trens, são transportados 160 mil passageiros em média diariamente. Toda a via tem extensão de 42,38 km e liga a região administrativa de Brasília às de Ceilândia e Samambaia, passando pela Asa Sul, Setor Policial Sul, Estrada Parque Indústria e Abastecimento (EPIA), Guará, Park Way, Águas Claras e Taguatinga. No trecho compreendido entre as estações Central e Asa Sul, a via é subterrânea, bem como o trecho entra a Praça do Relógio e a estação Centro Metropolitano. As estações Galeria, 102 Sul, 108 Sul, 112 Sul e 114 Sul possuem passagens subterrâneas que dão acesso às superquadras 100 e 200, e aos pontos de ônibus dos Eixos W e L Sul, nos dois sentidos. O ramal com destino a Ceilândia atende também a população de Taguatinga Centro e Norte. Esse percurso contém oito estações e é dividido entre superfície, trincheira e túnel. Ao lado da estação Centro Metropolitano está localizado o Terminal Rodoviário Interestadual de Taguatinga. (site oficial METRÔ – DF)

A energia consumida pelo METRÔ – DF é fornecida pela Companhia Energética de Brasília (CEB). No total, existem 40 subestações ao longo de todo o comprimento do sistema:

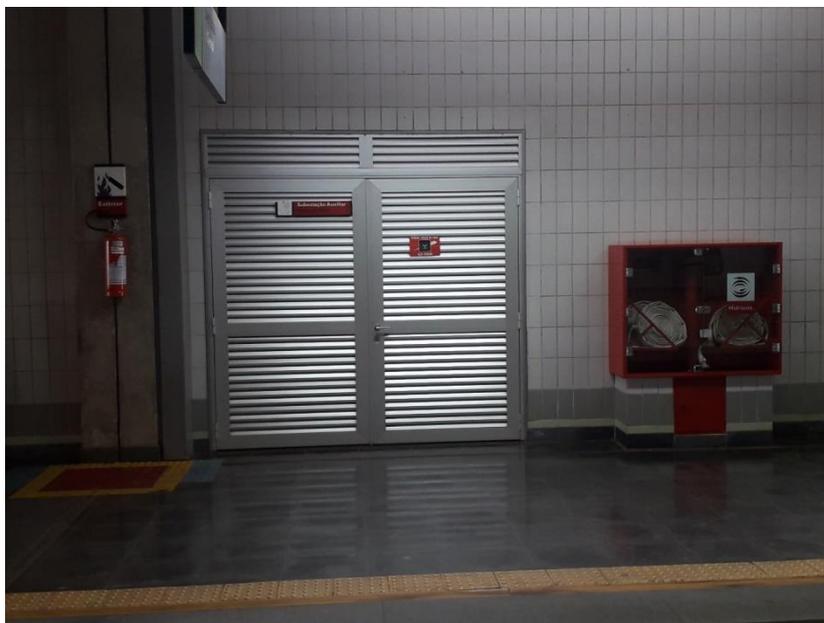
12 espalhadas pelas linhas e 28 nas estações. Existem dois tipos de subestações no sistema elétrico do MDF: as retificadoras e as auxiliares.

As subestações elétricas auxiliares são responsáveis por receber os 13.800 V, transformar esse valor para 380/220 V e distribuir para as estações de passageiros, de modo a alimentar os equipamentos simples (iluminação, computadores, catracas, televisores etc). Elas se encontram nas estações de passageiros.

As subestações retificadoras (SER) são responsáveis por transformar os 13.800 V em corrente alternada para 750 V em corrente contínua. Essa energia já transformada é responsável por alimentar o terceiro trilho. Lá, a energia é coletada por “sapatas” que estão localizadas nas laterais dos vagões. Essas subestações estão espalhadas por toda a extensão da linha do sistema, mas algumas coincidem com a localização das estações de passageiros.

De acordo com as finalidades citadas de cada subestação, vale ressaltar que ambos os tipos não apresentam nenhum tipo de dependência entre elas. Dessa forma, um incêndio em uma SEA não afeta o funcionamento dos trens. A figura abaixo ilustra uma SEA real do sistema MDF. Ela se encontra no centro da plataforma de passageiros.

Figura 1 – Subestação Elétrica Auxiliar do MDF



Fonte: Autor.

O objetivo geral do trabalho é investigar as subestações elétricas do sistema metroviário do DF e propor ações a serem tomadas em caso de um incêndio. Dessa forma, espera-se propor a criação de um procedimento operacional padrão conjunto para as

ocorrências de incêndio em SEE localizadas ao longo de toda via do sistema metroviário do Distrito Federal, com foco nas localizadas nas estações de passageiros.

Os objetivos específicos são: apresentar os tipos de SEE do MDF e seus componentes, descrever como se dá o combate a incêndio em equipamentos energizados, enumerar as principais causas de incêndios em SEE e, por fim, criar uma tabela com todas as SEE do sistema elétrico do MDF localizadas em estações de passageiros.

Todas essas características citadas justificam o fato da escolha do enfoque nas SEE do MDF para tema desse trabalho, além delas apresentarem um elevado risco de acidentes, em caso de ocorrência do incêndio, sendo que as proporções de tal evento poderiam ser desastrosas para o público flutuante dentro do sistema metroviário no momento do sinistro.

Por fim, acredita-se que a falta de conhecimento dos bombeiros para atendimento de ocorrências não só nas SEE do MDF mas em equipamentos energizados de forma geral cria um novo fator de risco. A fim de verificar tal hipótese, foi vinculado um questionário online com 8 perguntas para bombeiros militares lotados em grupamentos multiemprego (1°, 2°, 8°, 13°, 15° e 25° GBMs) e no Grupamento de Prevenção e Combate a Incêndio Urbano (GPCIU). Esses grupamentos foram escolhidos por terem em sua área de atuação ao menos duas estações de metrô. O intuito desse questionário era verificar o nível de conhecimento dos militares sobre ocorrências de incêndio em equipamentos elétricos. As perguntas com as respostas coletadas estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Questionário aplicado aos bombeiros militares de GBMs e GPCIU.

<b>PERGUNTAS</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
<b>O(A) senhor(a) é especialista em CIU?</b>	18,3 %	81,7%
<b>O(A) senhor(a) já combateu incêndios em equipamentos elétricos/energizados?</b>	54,9%	45,1%
<b>O(A) senhor(a) sente segurança na atuação em ocorrências com equipamentos elétricos/energizados?</b>	16,9%	83,1%
<b>O(A) senhor(a) já atuou em ocorrências de incêndio em subestações elétricas?</b>	18,3%	81,7%
<b>O(A) senhor(a) já participou de simulados no sistema METRÔ-DF?</b>	56,3%	43,7%
<b>O(A) senhor(a) já atuou em ocorrências no METRÔ-DF?</b>	35,2%	64,8%
<b>O(A) senhor(a) possui conhecimentos técnicos sobre o sistema elétrico do METRÔ-DF?</b>	25,4%	74,6%
<b>O(A) senhor(a) consegue identificar/localizar as subestações elétricas nas estações do METRÔ-DF?</b>	35,2%	64,8%

Fonte: Autor.

Ao todo, 71 militares responderam ao questionário. Alguns dos dados a serem ressaltados:

- Apenas 16,9% dos bombeiros se sentem seguros para atuar em ocorrências envolvendo energia elétrica;
- Apenas 18,3% dos bombeiros já atuaram em ocorrências de incêndio em subestações elétricas;
- 64,8% dos bombeiros não sabem identificar/localizar as subestações elétricas do MDF.

Os dados obtidos a partir do questionário corroboram os fatos apresentados e a importância do estudo dos incêndios em subestações de energia elétrica no METRÔ – DF, bem como a criação de um Procedimento Operacional Padrão para ocorrências de tal natureza.

## **1 SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS DO MDF E SEUS COMPONENTES**

De acordo com MUZY (2012), “Subestação é um conjunto de equipamentos elétricos interligados entre si com os objetivos de controlar o fluxo de potência, modificar tensões e alterar a natureza da corrente elétrica assim como garantir a proteção do sistema elétrico”. Elas são elementos essenciais no caminho da energia elétrica de sua fonte de geração até sua fonte de consumo.

No caso do MDF, as subestações de energia elétrica são responsáveis por receber a energia vinda da rede de distribuição da CEB e abaixar e transformar esses níveis de energia para que ela possa ser utilizada nos diversos equipamentos do sistema.

De acordo com McDonald (2012), existem quatro tipos principais de subestações elétricas: *switchyard*, subestação do cliente, subestação de comutação e subestação de distribuição. Esse último é o tipo mais comum e o presente no sistema MDF. Essa subestação é caracterizada por estar localizada próxima a carga alimentada.

Segundo Gonçalves (2012), as subestações podem ser classificadas em:

- Baixa tensão: classificação utilizada para subestações de níveis de tensão de até 1 kV;

- Média tensão: classificação utilizada para subestações com níveis de tensão entre 1 kV e 69 kV;
- Alta tensão: utilizado para níveis entre 69 kV e 230 kV.

Sendo assim, as subestações do METRÔ – DF que operam à 13,8 KV são de média tensão. Para realizar qualquer tipo de atividade com esse nível de energia, é necessário ter atenção redobrada com os procedimentos de segurança adotados.

Quanto à compartimentação das subestações, elas podem ser encontradas tanto em céu aberto (externa) quanto fechadas (internas). As internas podem estar dentro da própria edificação que alimenta ou em um abrigo a parte. As SEE nas estações de passageiro são todas internas, característica que altera o comportamento de um incêndio e conseqüentemente do combate, devido a limitação da quantidade de oxigênio e proximidade entre equipamentos.

Para melhor compreensão do funcionamento das subestações, é importante conhecer e saber identificar seus componentes. Todos os componentes listados abaixo estão presentes nas SEE do sistema do MDF.

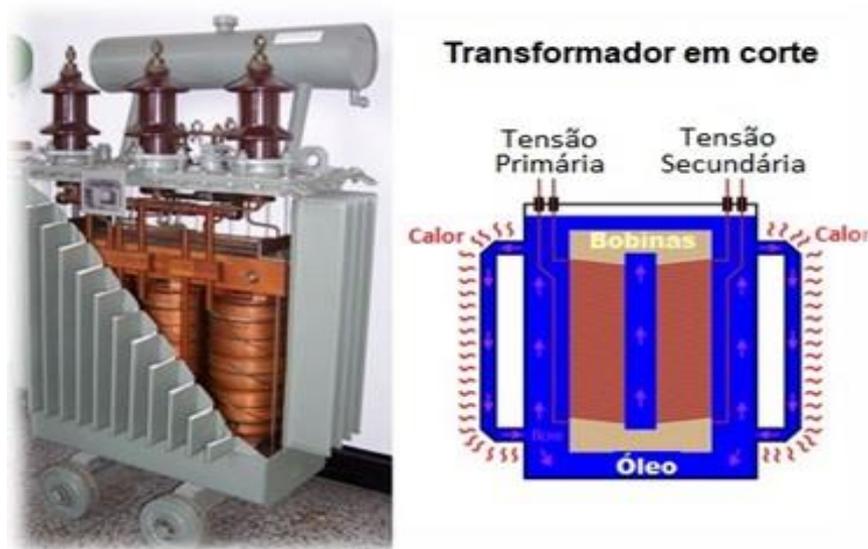
### 1.1 Componentes de subestações

- **Transformadores:** são equipamentos que permitem alterar o nível de tensão alternada. Eles são capazes de aumentar ou diminuir uma tensão e uma corrente que flui por suas espiras quando energizadas, através de princípios do eletromagnetismo.

Os transformadores, na sua forma mais simples, consistem em dois enrolamentos de fio (primário e secundário), que geralmente envolvem os braços de um quadro metálico (o núcleo). Uma corrente alternada é aplicada ao enrolamento primário, que produz um campo magnético proporcional à intensidade dessa corrente e ao número de espiras do enrolamento (número de voltas do fio em torno do braço metálico) (MUZY, 2012).

Em sua construção, os transformadores apresentam um sistema de refrigeração, visto que a corrente elétrica constante ocasiona elevadas temperaturas, sendo que a grande maioria utiliza óleo isolante. A figura 2 ilustra um transformador. O princípio eletromagnético que rege o funcionamento do transformador é conhecido por Lei de Faraday-Neumann-Lenz (indução eletromagnética), que afirma por meio de uma equação que quando “um circuito é submetido a um campo magnético variável, aparece nele uma corrente elétrica cuja intensidade é proporcional às variações do fluxo magnético” (SADIKU, 2012).

Figura 2 – Transformador convencional visto em corte.



Fonte: Disponível no site Segurança em Máquinas e Instalações

Essa alteração dos níveis de tensão proporcionada pelos transformadores é importante pois cada nível é utilizado para equipamentos diferentes. Se o sistema elétrico do MDF apenas recebesse a tensão de 13,8 kV diretamente da CEB e não fosse feito nenhum tipo de transformação, não seria possível ligar equipamentos simples, como lâmpadas e computadores. Existem 2 tipos de transformadores, que serão apresentados a seguir.

- **Transformadores de corrente (TC):** Os transformadores de corrente são instrumentos de medição com a “função de suprir de corrente os medidores e os equipamentos de medição e proteção, com valores proporcionais aos dos circuitos de potência, entretanto, respeitando seus limites de isolamento” (MUZY, 2012). Os TC estão sempre conectados em série com o circuito.
- **Transformadores de potencial:** “Os transformadores de potencial têm a função de possibilitar a medição de tensão em sistemas com tensão acima de 600 V” (MUZY, 2012). De certa forma, seu funcionamento se assemelha muito com o dos transformadores de corrente, com a grande diferença de realizar a medição da tensão, fornecendo valores proporcionais aos que estão sendo medidos.
- **Seccionadoras:** define-se, segundo a NBR 62271 (2006), como “um dispositivo mecânico de manobra capaz de abrir e fechar um circuito elétrico quando uma corrente de intensidade desprezível é interrompida ou restabelecida”.

- **Interruptores:** “são dispositivos mecânicos de manobra capazes de fechar, abrir ou transferir as ligações de um circuito em que o meio isolante é o ar” (MUZY, 2012).
- **Barramento:** é um condutor sólido, existente dentro dos quadros de distribuição, cuja função é receber energia e distribuí-la através de disjuntores e seccionadoras (MUZY, 2012). Em resumo, a função do barramento é garantir que vários dispositivos possam se conectar a um ponto de potencial comum.
- **Disjuntores:** Os disjuntores são considerados os equipamentos mais importantes nas subestações quando se trata de segurança. “Eles são capazes de conduzir, interromper e estabelecer correntes normais e anormais especificadas dos sistemas. São usados para controlar circuitos, ligando e desligando em qualquer condição”. (MUZY, 2012).
- **Para-raios:** o para-raios é um equipamento de nome bastante difundido entre as pessoas de um modo geral, sendo que sua função é dada de forma simplificada por seu próprio nome. Sua função é limitar os valores dos surtos de tensão provisórios que advêm de descargas atmosféricas que de outra forma poderiam causar sérios danos aos equipamentos elétricos ou até a vida. “Para um dado valor de sobretensão, o para-raios, que antes funcionava como isolador, passa a ser condutor e descarrega parte da corrente, reduzindo tal valor de tensão a depender das características desse equipamento”. (MUZY, 2012)
- **Retificador:** são equipamentos que transformam corrente alternada em corrente contínua. O elemento retificador mais utilizado é o diodo, que permite a passagem de corrente em apenas um sentido e amplamente utilizado em atividades de eletrônica de potência.
- **Inversor:** em resumo, é um equipamento que transforma corrente contínua em alternada.
- **Conversor:** semelhante a um transformador, é um equipamento que eleva ou abaixa as tensões contínuas. Ele pode ser obtido pela junção em série de 3 equipamentos já citados: inversor, transformador e retificador.

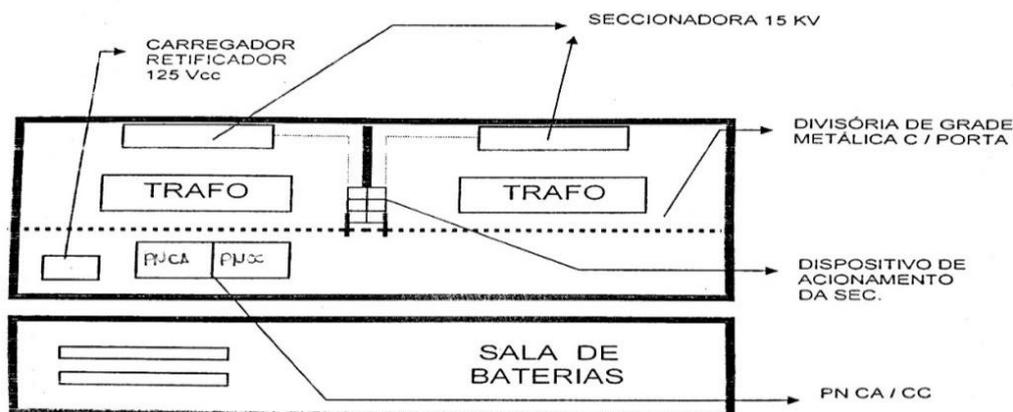
Sobre as subestações do sistema MDF, existem dois tipos: as auxiliares e as retificadoras. O foco principal do trabalho são as subestações localizadas nas estações de

passageiros. Como todas as estações possuem SEA e algumas possuem SER, ambos devem ser estudados. Todas as informações apresentadas a seguir foram retiradas da apostila de treinamento do sistema elétrico do MDF, que é disponibilizada para uso interno dos funcionários, além das visitas feitas às instalações.

## 1.2 Subestações auxiliares

As subestações auxiliares de estações de passageiros podem ser subterrâneas ou em superfície. Elas também são conhecidas por sistema de baixa tensão, e sua finalidade principal é a alimentação das cargas tanto em corrente alternada quanto em corrente contínua nas estações de passageiros. O barramento principal dessas subestações parte do barramento de 13,8 kV da subestação retificadora mais próxima. Os equipamentos que operam a 13,8 kV estão abrigados em celas de alvenaria com portas metálicas.

Figura 3 – Disposição física dos equipamentos de uma SEA típica do MDF.



Fonte: Disponível na apostila de treinamento para operadores do MDF.

Existe uma ligeira diferença na configuração das subestações auxiliares subterrâneas e em superfície, mas ambas possuem os seguintes componentes:

- Barramento tripolar de entrada;
- Seccionadoras tripolares de 15 kV, com elemento fusível;
- Transformadores de força 15 kV/380 V/220 V;
- Painel de distribuição para corrente alternada;
- Painel de distribuição para corrente contínua;

- Carregador de baterias;
- Baterias.

A figura 3 ilustra a disposição dos equipamentos dentro das subestações auxiliares.

### 1.3 Subestações retificadoras

Assim como as auxiliares, as subestações retificadoras também podem ser enterradas ou em superfície. Sua principal finalidade é converter a tensão alternada proveniente das subestações da CEB para a tensão de 750 Vcc (corrente contínua), necessária para a tração dos trens. 70% de toda a energia recebida da concessionária é convertida por essas subestações para a alimentação dos vagões. Elas também apresentam um sistema semelhante ao das subestações auxiliares, pois alguns serviços fora das estações de passageiros também utilizam corrente alternada. Um fato interessante é que essas subestações funcionam de forma remota, ou seja, os comandos são realizados a distância, no Centro de Controle Operacional (CCO), localizado em Águas Claras. Tal condição confere maior confiabilidade ao sistema e oferece menos riscos.

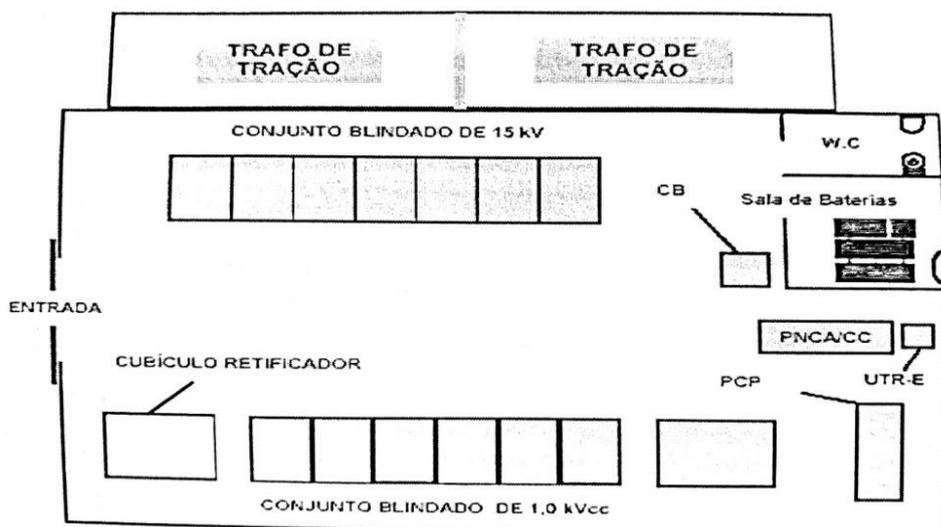
As subestações retificadoras são bem espalhadas ao longo de toda a linha do MDF, visto que a carga do sistema é muito flutuante e a utilização de apenas um ponto para injeção de potência no sistema é inviável.

Os equipamentos instalados nessas subestações são:

- Conjunto blindado de 15 kVca;
- Transformadores de tração;
- Cubículo retificador;
- Conjunto blindado de 1 kVcc;
- Painel de comando e proteção;
- Painel de CA/CC;
- Carregador/retificador de 125 Vcc;
- Banco de baterias;
- Unidade Terminal Remota.

A figura 4 ilustra a disposição dos equipamentos em uma subestação retificadora padrão do sistema MDF.

Figura 4 - Disposição física dos equipamentos de uma SER típica do MDF



Fonte: Disponível na apostila de treinamento para operadores do MDF.

## 2 PRINCIPAIS CAUSAS DE INCÊNDIO EM SUBESTAÇÕES

Assume-se que uma subestação ou qualquer outro sistema que utiliza transformadores de potência apresentam diversos componentes que interagem entre si e com meio ambiente.

Os projetistas tentam prever em seu projeto todas as interações, sejam elas desejáveis ou não, que podem ocorrer entre os diversos componentes de uma subestação elétrica. Algumas dessas interações poderão resultar em uma sequência de eventos que poderá conduzir a um incêndio. Tal evento é previsto no Modelo do Queijo Suíço. Nesse modelo, em um projeto são criadas diversas barreiras que impedem que um evento indesejado aconteça (REASON, 1997). Quando as falhas de cada barreira se alinham, tem-se o evento a falha do sistema, que no caso desse estudo, representa o incêndio na subestação.

As principais barreiras para prevenção do incêndio em subestações de energia elétrica são: o projeto da subestação, que apresenta sistemas redundantes de segurança; a operação correta do sistema; e os sistemas de prevenção e extinção de incêndio (BANDEIRA, 2007).

Tendo por intenção melhorar a disponibilidade dos transformadores e a eficiência do sistema, a grande maioria dos projetos de subestações já preveem sistemas automáticos de

controle. Enquanto tal característica diminua a quantidade de erros humanos, a complexidade dos sistemas automatizados aumenta a probabilidade de erros de projeto, provavelmente porque há um aumento do número de interações entre os diversos componentes. O sucesso da operação do sistema recai muito sobre o bom funcionamento de todos os equipamentos. Um dos problemas que mais gera incêndios em subestações é o seu subdimensionamento (BANDEIRA, 2007). Conforme a carga elétrica aumenta e o sistema não possui capacidade para atender a demanda, maiores são as chances de falha devido principalmente ao superaquecimento da fiação.

Uma breve análise histórica dos incêndios em transformadores de potência em subestações é mostrada na tabela 2, incluindo o local da ocorrência, uma descrição sucinta do incêndio bem como os impactos causados por tal ocorrência (BANDEIRA, 2007).

É perceptível que houve um grande aumento no número de incêndios envolvendo transformadores nos últimos anos. Como principal causa, pode-se elencar os projetos incorretos e a manutenção deficiente (site Qualidade Online). O óleo comumente usado nos transformadores de subestações é classificado como não inflamável já que possui um alto ponto de fulgor. O ponto de fulgor nada mais é do que o valor mais baixo de temperatura mais baixa na qual um composto adquire características de uma substância inflamável (NR 23).

O óleo usado em transformadores é classificado como líquido combustível classe IIIB, segundo a ANSI *American National Standards Institute* (Instituto Nacional Americano de Padrões) /NFPA 30 (2015).

Os transformadores do MDF em sua maioria utilizam óleo isolante mineral, que atende às especificações da Resolução nº 36/2008 da Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2008). O ponto de fulgor desse óleo ultrapassa os 160°C. Devido ao seu elevado ponto de fulgor, o óleo usado nos transformadores pode ser manuseado ou estocado de forma segura.

Para entender de forma objetiva como decorre os incêndios em transformadores, recorre-se aos trabalhos de Bandeira (2007), que aborda as falhas em ordem cronológica.

O cenário mais comum em transformadores de potência que possuem um reservatório contendo algum tipo de fluido atuando como dielétrico, ocorre quando existem avarias e degradação no isolamento nos enrolamentos do transformador. Segundo Bandeira (2007), as falhas nos enrolamentos acarretam uma diminuição na impedância das bobinas, fato este que somado a possíveis falhas na proteção elétrica que deixam de isolar corretamente o transformador, faz com que a corrente elétrica aumente gerando arcos elétricos, que podem chegar a temperatura de 5000 °C. O arco

elétrico decompõe o fluido existente no reservatório do transformador, gerando gases em forma de bolhas que se expandem. A pressão e o volume deste gás causam o aumento da pressão do líquido dielétrico até o ponto em que o reservatório que abriga o fluido começa a se deformar, geralmente num dos cantos do tanque. Essa deformação pode causar a ruptura do tanque, liberando violentamente o fluido do transformador e o produto gerado pela decomposição dos gases. Essa mistura em contato com partes dos condutores, dos enrolamentos ou de restos quentes da isolação pode inflamar o óleo e o vapor liberado do transformador. Neste cenário o produto da decomposição dos gases, é o acetileno. A presença de monóxido de carbono e dióxido de carbono poderá ser o resultado de um superaquecimento do material celulósico isolante. Esses gases são gerados por várias causas, podendo eventualmente alcançar uma determinada concentração capaz de provocar um incêndio ou explosão. Soma-se a isto o fato de que a contaminação do óleo com água afetará a sua rigidez dielétrica o que poderá resultar em um incêndio. Logo, os vapores combustíveis são um motivo de preocupação quando não devidamente detectado e as medidas cabíveis tomadas. (BANDEIRA, 2007).

Tabela 2 - Breve análise histórica de incêndios em transformadores em subestações.

<b>Local/Data</b>	<b>Descrição Sucinta</b>	<b>Impacto</b>
Rio de Janeiro (Janeiro/1997)	Um curto-circuito provocou a explosão de dois transformadores na subestação de Adrianópolis.	Dez municípios do estado do Rio de Janeiro, tiveram o fornecimento de energia elétrica interrompido.
Tucuruí (Agosto/2002)	Devido a um surto de manobra, houve um incêndio em um transformador elevador de 378MVA, 13.8/500kV.	Perda total do transformador e danos à subestação blindada.
Goiana (Novembro/2003)	Um princípio de incêndio na subestação do aeroporto da CELG.	Interrompeu o fornecimento de energia durante 1h10min em Goiana.
Magé (Janeiro/2004)	Incêndio em um transformador de potência na subestação de Furnas.	500MW indisponibilizados durante 15 minutos e algumas localidades ficaram sem energia elétrica durante 1 hora.
São Paulo (Março/2004)	Incêndio em um dos transformadores da subestação de Pirituba.	Bairros da zona norte de São Paulo ficaram sem energia elétrica durante 1 hora e 30 minutos
Santos (Agosto/2004)	Um incêndio ocorrido devido a uma falha em um disjuntor de um dos transformadores da Subestação Vila Nova da CPFL	Deixou sem energia elétrica cerca de seis bairros da cidade por pelo menos uma hora e meia. Alguns pontos só tiveram o fornecimento restabelecido depois de duas horas

Fonte: Adaptado de Bandeira (2007), p. 24.

Para que exista a presença de fogo, 4 fatores devem existir de acordo com a teoria do tetraedro do fogo: combustível, comburente, calor e a reação em cadeia. Nesse caso, o

combustível é o óleo e vapores produzidos; o comburente é o oxigênio; o calor é gerado pelo arco elétrico; e a reação em cadeia é mantida por todos esses elementos.

Resumindo, a principal causa de incêndios em subestações ocorre por falhas nos transformadores de potência. Sendo assim, deve-se dar uma atenção maior a eles, seja no projeto ou na manutenção corretiva e preventiva. A figura 5 ilustra um incêndio em um transformador.

Figura 5 – Incêndio em transformador na República Dominicana



Fonte: disponível no site Hoy digital.

### **3 COMBATE A INCÊNDIO EM EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS**

Todo incêndio representa uma ameaça real à vida das pessoas, trazendo graves consequências de ordem social e econômica, além de afetar o bem-estar dos integrantes de uma instalação.

Durante os primeiros cinco minutos, os incêndios podem ser controlados mais facilmente. Com o passar do tempo, entretanto, maiores esforços, e recursos, são necessários para o controle e extinção do fogo. Nesse caso, além dos danos causados pelo fogo, o próprio trabalho de extinção pode causar perdas, ou danos às instalações, aos equipamentos, ferimentos, assim como a perda de vidas. Dessa forma, não basta só aperfeiçoar as técnicas de

combate, é importante trabalhar na prevenção e segurança contra incêndio para evitar eventos extremos.

A primeira regulamentação sobre segurança contra incêndio surgiu no Brasil em meados de 1975, após a ocorrência dos incêndios dos edifícios Joelma e Andraus, em São Paulo. “As leis são estaduais e, por isso, cada governo estabelece uma lei com base em normas locais ou estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ou mesmo pela Consolidação das Leis de Trabalho (CLT)” (G1).

Os requisitos para proteção contra incêndio são especificados na Norma Reguladora 23 (NR 23), na qual traz que as medidas de prevenção contra incêndio devem estar em conformidade com a legislação estadual e as normas técnicas aplicáveis. As regulamentações estaduais de segurança contra incêndio são elaboradas pelos Corpos de Bombeiros e seus conteúdos são diferentes nos diversos Estados da Federação e Distrito Federal.

Um dos principais sistemas de proteção contra incêndio em subestações elétricas são os *sprays* nebulizadores. Os principais objetivos de atuação do sistema de spray são: “emulsionar o óleo derramado no tampo superior e nas paredes laterais do transformador, evitando a incandescência dele, resfriar a superfície total do transformador e combate ao fogo gerado pelo óleo derramado” (NBR 8674, 2005).

No Brasil, este sistema é normalizado pela NBR 8674 (2005) que trata da execução de sistemas fixos automáticos contra incêndio com água nebulizada para transformadores e reatores de potência. “O sistema de spray controla o fogo e o impacto é minimizado, podendo realizar o reparo do transformador após seu combate. Os transformadores que não possuem este sistema de proteção não podem ser reparados, tendo perda total dos equipamentos” (BANDEIRA, 2007).

Por outro lado, a natureza violenta de um incêndio pode tornar o sistema de spray inútil. Segundo Bandeira (2007), embora isto possa ocorrer, “em alguns casos o sistema automático consegue operar mesmo após a explosão, controlando o incêndio, limitando os danos e minimizando o tempo de parada da subestação”.

As normas NBR 13231 e 13859 (2014), que tratam especificamente de proteção contra incêndio em subestações elétricas, não deixam claro quando se deve instalar sistema fixo de nebulização. Alguns fabricantes de transformadores preconizam que somente é obrigatório a

instalação do sistema caso não seja possível garantir as distâncias mínimas entre transformadores e reatores para as edificações.

“Sobre o combate ao incêndio, uma das maneiras de se combater o incêndio nos transformadores é resfriando o equipamento com água nebulizada, que pode ser através de sistema de spray ou por linhas manuais, através de hidrantes” (Qualidade Online, 2014). Para que o resfriamento possa ser realizado é necessário que a subestação seja desenergizada, visto que existe o risco de combate com energia circulando nos equipamentos. A água, por ser um bom condutor de eletricidade, pode não só causar ferimentos aos combatentes como danificar outros equipamentos.

Segundo a IEEE-979 (2012), a tabela 3 mostra o perigo de o bombeiro ficar muito próximo do equipamento energizado durante a extinção do incêndio. Ela exhibe valores da corrente que irá passar pela mangueira e chegar até o combatente de acordo com o valor da fonte de tensão e da proximidade com o foco.

Para correntes de 1 mA, já é possível se ter a sensação de choque elétrico. Para correntes de 10 mA, os músculos começam a apresentar contração involuntária. Com 20 mA, já se percebe uma dificuldade respiratória. Acima de 80 mA, é possível que ocorra uma parada respiratória. Valores acima de 100 mA são capazes de matar um ser humano normal, pois causam a fibrilação do coração (IEC, 1994).

Considerando que o equipamento esteja desenergizado, o bombeiro não deve proceder com o combate direto no transformador, visto que existe muito líquido inflamável dentro do recipiente. Caso seja jogada água diretamente, o óleo em chamas será jogado para fora do transformador, espalhando ainda mais o fogo. Dessa forma, o combate deve ser defensivo, resfriando todo o redor do equipamento em chamas. Deve ser feito o controle da camada de fumaça, utilizando jato neblinado para resfriá-la. É necessário paciência, para que a temperatura baixe e as chamas cessem, visto que o óleo voltará às suas características normais de líquido não inflamável com a baixa da temperatura.

Tabela 3 – Retorno da corrente elétrica para o bombeiro através da mangueira.

Tamanho do bocal e características de vazão	Retorno da corrente para o bombeiro em miliampères (mA) de acordo com o valor de tensão e distância da fonte de energia até o bocal											
	4 kV				13,2 kV				34,5 kV			
	12 m	9 m	6 m	3 m	12 m	9 m	6 m	3 m	12 m	9 m	6 m	3 m
1 1/8", pressão de 5,6 kgf/cm <sup>2</sup> , vazão de 950 l/min, jato sólido	0	3	7	13	0	14	25	50	1	28	65	96
1", pressão de 5,6 kgf/cm <sup>2</sup> , vazão de 760 l/min, jato sólido	0	1	5	11	0	0	21	42	0	18	55	66
2 1/2", pressão de 7 kgf/cm <sup>2</sup> , vazão de 950 l/min, jato sólido	0	0	3	7	0	0	13	25	0	0	36	66
2 1/2", pressão de 7 kgf/cm <sup>2</sup> , vazão de 950 l/min, spray 10°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Adaptado de IEEE – 979 (2012).

Substituta da água, a espuma pode ser usada da mesma forma, oferecendo um resultado melhor em um espaço de tempo menor. O ambiente todo deve ser “pintado” com a espuma, evitando o *feedback* radiativo. Quando as chamas cessarem, o interior do transformador deve ser preenchido de espuma.

A prevenção contra incêndio deve ser encarada como um processo ininterrupto e, por isso, necessita ser mantida em permanente modernização, tanto de equipamentos como métodos por todos que fazem parte do processo preventivo.

#### 4 SUBESTAÇÕES DO METRÔ – DF

Como mencionado anteriormente, o METRÔ – DF apresenta 40 subestações no total: 12 ao longo de suas linhas e 28 nas estações de parada. Enquanto todas as estações operantes

possuem uma subestação auxiliar, 5 estações também contam com uma subestação retificadora. As 12 estações espalhadas pela linha são todas retificadoras. A figura 5 ilustra o mapa de todo o sistema MDF mostrando apenas as estações em operação. A tabela 4 indica os tipos de SEE presentes em cada estação de passageiro

Figura 5 – Mapa do METRÔ – DF com as estações operantes.



Fonte: Disponível no site UOL.

Tabela 4 – Quadro que indica os tipos de SEE presentes em cada estação de passageiro do MDF.

<b>ESTAÇÃO</b>	<b>SEA</b>	<b>SER</b>
<b>Central</b>	SIM	NÃO
<b>Galeria</b>	SIM	SIM
<b>102 Sul</b>	SIM	SIM
<b>108 Sul</b>	SIM	SIM
<b>112 Sul</b>	SIM	NÃO
<b>114 Sul</b>	SIM	NÃO
<b>Asa Sul</b>	SIM	NÃO
<b>Shopping</b>	SIM	NÃO
<b>Feira</b>	SIM	NÃO
<b>Guará</b>	SIM	NÃO
<b>Arniqueiras</b>	SIM	NÃO
<b>Águas Claras</b>	SIM	NÃO
<b>Concessionárias</b>	SIM	NÃO
<b>Praça do Relógio</b>	SIM	SIM
<b>Centro Metropolitano</b>	SIM	NÃO
<b>Ceilândia Sul</b>	SIM	NÃO
<b>Guariroba</b>	SIM	NÃO

<b>ESTAÇÃO</b>	<b>SEA</b>	<b>SER</b>
<b>Ceilândia Centro</b>	SIM	NÃO
<b>Ceilândia Norte</b>	SIM	NÃO
<b>Ceilândia</b>	SIM	NÃO
<b>Taguatinga Sul</b>	SIM	NÃO
<b>Furnas</b>	SIM	NÃO
<b>Samambaia Sul</b>	SIM	NÃO
<b>Samambaia</b>	SIM	NÃO

Fonte: Autor.

Sobre a localização das SEE nas estações de passageiro, foram visitadas todas as estações em funcionamento a fim de verificar qual a posição exata delas. Percebeu-se que apesar de muitas delas se encontrarem na mesma posição na planta do local, existem diversas variações em todo o sistema. A ideia que move a localização de cada subestação é que ela esteja próxima da sala técnica de cada estação.

As SEA que se encontram no mezanino (local de entrada dos passageiros) da estação não estão visíveis. Dessa forma, é necessário o contato com os funcionários do MDF para localizá-la. Todas as SEE possuem extintores e hidrantes de parede próximos (figura 1). Eles se tornam uma ótima solução para o combate com água, visto que na grande maioria das estações, é necessário desenvolver ao menos 100 m de linhas de mangueira para chegar até a porta da SEE.

Devido ao exposto, é interessante que os Grupamentos Bombeiro Militar (GBM) façam visitas e simulados nas estações de METRÔ que estão em sua área de atuação. É necessário estudar cada detalhe do projeto, verificar a pressão e alcance dos hidrantes, possíveis rotas de fuga, melhores acessos, locais de estabelecimento de viatura, pontos de suprimento de água etc.

Para as estações subterrâneas, o MDF possui um sistema de ventilação que pode ser acionado a fim de escoar a fumaça do túnel. Além disso, todas as estações possuem telefones que fornecem contato diretamente com o Centro de Controle e Operação (CCO) do MDF. Esse telefone encontra-se dentro de uma caixa de metal (figura 6) espalhado em todas as pontas de cada plataforma de embarque e pode ser usado por qualquer pessoa.

Dessa forma, é importante frisar que o sucesso ou o fracasso em uma operação de incêndio em subestações do MDF depende do prévio conhecimento do sistema. Os grupamentos devem fazer visitas e simulados de incêndio e evacuação em cada estação. Além disso, é necessário manter contato com os funcionários do MDF para que eles também saibam como agir e ajudar os militares do CBMDF em casos extremos como em um incêndio. Por

fim, a tabela 5 apresenta os Grupamentos responsáveis por atender cada estação de passageiros do MDF, de acordo com a sua proximidade.

Figura 6 – Telefone dentro de caixa metálica na estação Águas Claras.



Fonte: Autor.

Tabela 5 – Relação de estação de METRÔ com GBM que a atende.

<b>ESTAÇÃO</b>	<b>GBM QUE ATENDE</b>
<b>Central</b>	1°, 15°, 45°
<b>Galeria</b>	1°, 15°, 45°
<b>102 Sul</b>	1°, 15°, 45°
<b>108 Sul</b>	1°, 15°, 45°
<b>112 Sul</b>	1°, 15°
<b>114 Sul</b>	1°, 15°

<b>ESTAÇÃO</b>	<b>GBM QUE ATENDE</b>
<b>Asa Sul</b>	15°, 19°
<b>Shopping</b>	3°, 15°, 19°
<b>Feira</b>	3°, 13°
<b>Guará</b>	3°, 13°
<b>Arniqueiras</b>	25°
<b>Águas Claras</b>	25°
<b>Concessionárias</b>	2°, 25°, GPCIU
<b>Praça do Relógio</b>	2°, GPCIU
<b>Centro Metropolitano</b>	2°
<b>Ceilândia Sul</b>	8°, 41°
<b>Guariroba</b>	8°, 41°
<b>Ceilândia Centro</b>	8°, 41°
<b>Ceilândia Norte</b>	8°, 41°
<b>Ceilândia</b>	8°, 41°
<b>Taguatinga Sul</b>	2°, GPCIU
<b>Furnas</b>	12°, 37°
<b>Samambaia Sul</b>	12°, 37°
<b>Samambaia</b>	12°, 37°

Fonte: Autor.

## 5 METODOLOGIA

A confecção deste trabalho foi dividida em 4 etapas: formulação do problema e aplicação de questionário para a tropa, revisão bibliográfica dos assuntos pertinentes ao tema, visita a todas às estações de METRÔ do DF com coleta de dados e tratamentos e seleção dos dados coletados para confecção do produto.

Na primeira etapa, foram observados todos os pontos que justificavam o tema e as informações que deveriam ser buscadas a fim de fundamentar o trabalho. Para corroborar as justificativas elaboradas, foi aplicado um questionário para alguns grupamentos BM a fim de verificar o conhecimento da tropa acerca do tema.

Na segunda etapa, foi realizada uma extensa revisão bibliográfica acerca do tema e informações levantadas na primeira fase. Na terceira etapa, todas as estações de METRÔ foram visitadas. Dessa forma, a localização de cada SEE foi mapeada e informações relevantes sobre o funcionamento do sistema foram coletadas.

Por fim, na última etapa, todos os dados e informações coletados foram discutidos selecionados com o orientador a fim de redigir o artigo e produzir o Procedimento Operacional Padrão, produto desse trabalho.

De acordo com a literatura acerca de metodologia científica, uma pesquisa pode ser classificada quanto aos seus objetivos em descritiva, explicativa ou exploratória (GIL, 2002). Segundo essa classificação, esse trabalho possui mais características de uma pesquisa descritiva, visto buscou-se determinar características de um fenômeno e estabelecer relações entre as variáveis estudadas (GIL, 2002). Além disso, quanto à classificação em relação à abordagem do problema, essa pesquisa enquadra-se como qualitativa, visto que “O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. É descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem” (GIL, 2002).

Concluindo, apesar de existirem diversos trabalhos relacionados no âmbito do CBMDF, nenhum tratou especificamente do tema de incêndios em subestações elétricas do MDF, muito menos com a abordagem adotada. Dessa forma, o trabalho pode ser classificado como original.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir da coleta de dados, conclui-se que existe um desconhecimento da tropa em relação ao combate a incêndio em equipamentos elétricos e em subestações de energia elétrica, principalmente nas dentro das instalações do MDF.

Quanto aos incêndios em equipamentos elétricos/subestações, foi constatado a partir da pesquisa bibliográfica que os transformadores são os principais causadores de incêndios. Dessa forma, é necessário se ter um conhecimento acerca das peculiaridades desse equipamento, como a presença de um óleo que pode adquirir características de um líquido inflamável. Sendo assim, deve-se ter um combate diferenciado, não jogando água diretamente no equipamento em chamas, visto que pode agravar a situação.

Por fim, com as visitas às estações de METRÔ, constatou-se que elas apresentam diversas peculiaridades, por mais que seja prevista e buscada uma padronização. Dessa forma, é essencial que os bombeiros de cada GBM estudem as estações em sua área de atuação, a fim de evitar problemas e garantir operações seguras e de sucesso.

Pelo resultado dessa pesquisa, sugere-se que um módulo acerca de eletricidade seja abordado nos mais diversos cursos (formação e especialização) da corporação, a fim de

garantir que o militar tenha mais conhecimento e segurança em sua atuação. Além disso, é importante que a tropa realize mais simulados de incêndio e de evacuação nas instalações do MDF.

## TITLE

FIRE ON METRO - DF SUBSTATIONS: CREATION OF A STANDARD OPERATIONAL PROCEDURE

## ABSTRACT

The main objective of this work is to propose a standard operating procedure (SOP) that can be adopted by the Federal District Military Fire Department (CBMDF) in the event of fire in electrical substations (SEE), focusing on the METRÔ / DF (MDF). There are currently 16 Rectifying Power Substations (SER) scattered throughout the MDF line, and each station has its own Auxiliary Power Substation (SEA) totaling over 40 SEE along the subway system alone. from the Federal District. This theme is justified by the potential risk of large fires in electrical substations located in the passenger stations of the Federal District subway system. The MDF was chosen as the focus of the work because it is a peculiar environment in the firefighting scenario, as it has already presented electrical failures and fires in its electrical substations and for being the main daily means of transportation for thousands of Brazilians. Thus, fires in Auxiliary Power Substation and Rectifying Power Substations located at the passenger stations, due to the great potential risk it offers to the floating public of the subway system, also present a high risk for CBMDF military firefighters, as there is a natural lack of knowledge of the specificities of the subway electric system, which is further amplified by the absence of a joint standard operating procedure (SOP) to be followed by both CBMDF firefighters and MDF staff in SEE fire situations located in passenger stations. Thus, a bibliographic research on the subject will be made, as well as a visit to the MDF facilities for data collection.

Keywords: Electrical Substations. Rectifying Power Substations. Auxiliary Power Substation. Fire in substations. METRÔ - DF. Standard operating procedure.

## REFERÊNCIAS

ANP, nº 36/2008. **Especificações dos Óleos Minerais Isolantes Tipo A e Tipo B**. Brasil, 2008.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 62271: Equipamentos de alta-tensão Parte 102: Seccionadores e chaves de aterramento**. Rio de Janeiro, p. 85. 2006.

BANDEIRA, Daniel Amarante Torres. **Um estudo exploratório de causas e consequências de incêndios em transformadores de subestações**. 2007. Dissertação submetida à UFPE para obtenção de grau de mestre.

BRASIL. Lei nº 8255. **Lei de Organização Básica do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal**. Brasília, DF, Câmara dos Deputados, 1991.

CBMDF. **Manual Básico de Combate a Incêndio. Módulo 1: Comportamento do Fogo**. 2ª edição. Brasília, DF. 2009.

Direct Industry. **Transformador de medição encapsulado**. Disponível em: <http://www.directindustry.com/pt/prod/artechegroup/product-20841-679291.html>. Acesso em 02 de dezembro de 2018.

G1. **Brasil não tem lei nacional com regras de proteção contra incêndio**. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/01/brasil-nao-tem-lei-nacional-com-regras-de-protecao-contra-incendio.html>. Acesso em 12 de setembro de 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. Editora Atlas, 2002.

GONÇALVES, Renato Masago. **Guia de projeto para subestações de alta tensão**. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2012.

Hoy Digital. **Se produce incendio en transformador de subestación Matadero**. Disponível em: <https://hoy.com.do/video-se-produce-incendio-en-transformador-de-subestacion-matadero/>. Acesso em 28 de outubro de 2019.

IEC - 479-1. **Effects of Current on human beings and livestock**. Part 1: General Aspects, Publication 479-1. International Electrotechnical Commission, 1994.

IEEE Std 979TM - 2012, IEEE. **IEEE Guide for Substation Fire Protection**. 2012.

MCDONALD, John D. **Electric Power Substations Engineering**. CRC Press, Taylor & Francis Group. Third Edition. 2012.

METRÔ – DF. **Estrutura, sistema de alimentação**. Disponível em: [http://www.metro.df.gov.br/?page\\_id=4850](http://www.metro.df.gov.br/?page_id=4850). Acesso em 10 de abril de 2019.

Mobilize. **Rede de METRÔ de Brasília, DF**. Disponível em:  
<http://www.mobilize.org.br/mapas/9/mapa-da-rede-de-metro-de-brasilia-df.html>. Acesso em 10 de dezembro de 2018.

MUZY, Gustavo Luiz Castro de Oliveira. **Subestações elétricas**. 2012. Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção de grau de Engenheiro Eletricista.

MILLÉO, Ida Agner de Faria. **Subestações de Energia** – Desempenho acústico e segurança contra incêndio. 2013. Espaço Energia, Issue 19, p. 23.

NBR 8674. **Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio, com água nebulizada para transformadores e reatores de potência**. ABNT/CB-024 Segurança Contra Incêndio. Brasil, 2005.

NBR 13231. **Proteção contra incêndio em subestações elétricas**. ABNT/CB-024 Segurança Contra Incêndio. Brasil, 2014.

NFPA 30. **Flammable and Combustible Liquids Code**. Fifth Edition, US. 2015.

REASON, J. **Managing the risks of organizational accidents**. Ashgate, Surrey, 1997.

SADIKU, Matthew N. O. **Elementos de eletromagnetismo**. Editora Bookman. 5ª Edição. 2012.

Segurança em Máquinas e Instalações Industriais. **Transformador**. Disponível em:  
<http://www.segurancaemmaqs.com.br/transformador/>. Acesso em 07 de outubro de 2019.

Qualidade Online. **O combate a incêndios em transformadores**. Disponível em:  
<https://qualidadeonline.wordpress.com/2014/07/22/o-combate-a-incendio-emtransformadores>. Acesso em 10 de dezembro de 2018.

UOL. **Usuários quebram janelas após pane que parou METRÔ do Distrito Federal**. Disponível em: <https://noticias.bol.uol.com.br/ultimas-noticias/brasil/2013/03/08/usuarios-quebram-janelas-apos-pane-que-parou-metro-do-distrito-federal.htm>. Acesso em 12 de agosto de 2018.