



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

BRUNO CLÁUDIO DUARTE CORRÊA

**MODELO ELETROGEOMÉTRICO EM SISTEMAS DE
PROTEÇÃO CONTRA DESGARGAS ATMOSFÉRICAS - SPDA**

Campina Grande, Paraíba
Janeiro de 2013

BRUNO CLÁUDIO DUARTE CORRÊA

MODELO ELETROGEOMÉTRICO EM SISTEMAS DE
PROTEÇÃO CONTRA DESGARGAS ATMOSFÉRICAS – SPDA

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: SPDA

Orientador:

Professor George Rossany Soares de Lira

Campina Grande, Paraíba
Janeiro de 2013

BRUNO CLÁUDIO DUARTE CORRÊA

MODELO ELETROGEOMÉTRICO EM SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESGARGAS ATMOSFÉRICAS – SPDA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: SPDA

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor George Rossany Soares de Lira
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha falecida mãe, na tentativa de lhe fazer uma homenagem em agradecimento a tudo que ela fez por mim, sempre.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me trazido a vida e ter me dado uma segunda chance após o acidente que sofri em agosto de 2008.

A meus pais e meus irmãos, por sempre estarem ao meu lado em minhas decisões, me oferecerem as melhores condições de estudo e sempre me motivarem nas horas mais difíceis.

Aos meus amigos, com quem convivi nesses anos, estudando nas horas de estudar, e me divertindo nas horas de me divertir.

À INTEREST Engenharia e aos seus colaboradores, por terem me dado uma oportunidade de estágio, assim como compartilhando parte do conhecimento na área de projetos de subestações.

Ao professor orientador George Lira, por ter me guiado nesses últimos passos, sempre prestativo e atencioso.

À minha noiva, Maria Lúcia, minha amiga e companheira, por me acompanhar nos bons e nos maus momentos.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que, com apenas um sorriso ou de alguma outra forma, contribuíram para que hoje eu possa dizer: - “Eu sou feliz”.

*“Tomara que chova logo
Tomara meu deus tomara
Só deixo o meu cariri
No último pau-de-arara.”*

Luiz Gonzaga.

RESUMO

A descarga elétrica atmosférica (raio) é um fenômeno da natureza absolutamente imprevisível e aleatório, tanto em relação às suas características elétricas como em relação aos efeitos destruidores decorrentes de sua incidência sobre as edificações. Mediante a isso, o sistema de proteção contra descargas atmosféricas se torna imprescindível, pois além de minimizar danos estruturais e danos a rede elétrica, o mesmo, quando corretamente dimensionado, guarda vidas.

Um SPDA não impede a ocorrência das descargas atmosféricas. Um SPDA projetado e instalado conforme norma não pode assegurar a proteção absoluta de uma estrutura, pessoas ou objetos, entretanto, reduz os riscos de danos;

O tipo e o posicionamento do SPDA devem ser estudados no projeto da edificação para máximo aproveitamento dos elementos condutores da estrutura.

O modelo eletrogeométrico em SPDA é considerado o mais completo método para proteção de estruturas, pois é baseado em métodos científicos de observação e medição dos parâmetros dos raios, e ensaios de laboratórios de alta tensão.

O Sistema de Proteção contra Descargas Atmosférica da SE Arapiraca III será constituído por hastes para-raios e cabos guardas.

No setor 230kV, o SPDA será constituído de cabos para-raios bitola 176,9MCM, código Dotterel, e de hastes para-raios instaladas nas estruturas do pátio a 22,0m do solo.

No setor 69kV, o SPDA será constituído de cabos para-raios bitola 176,9MCM, código Dotterel, e de hastes para-raios instaladas nas estruturas do pátio a 15,5m do solo.

Palavras-chave: Descarga, Modelo Eletrogeométrico, NBR5419, Proteção, Raio, SPDA.

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Sumário	viii
1 Introdução.....	1
1.1 Definições	1
2 Fundamentação teórica.....	3
3 Dimensionamento do SPDA.....	9
3.1 Avaliação do nível de exposição.....	9
3.2 Determinação do Volume Protegido.....	10
3.2.1 Volume de proteção de um captor vertical com $h \leq R$	11
3.2.2 Volume de proteção de um captor vertical com $h > R$	12
4 Proteção da SE Arapiraca 230/69 kV	13
4.1 Avaliação do Nível de Exposição	13
4.2 Aplicação do Modelo Eletrogeométrico	14
4.2.1 Setor 230kV	14
4.2.2 Setor 69kV.....	17
4.2.3 Torre de Telecomunicações	18
4.2.4 Casa de comando, Casa do GMG e Guarita	19
5 Análise dos resultados	23
6 Conclusão	24
7 Bibliografia.....	25
8 Anexos.....	26
Anexo 1 – Mapa de curvas isocerânicas - Brasil	26
Anexo 2 – Fatores de correção de avaliação de risco	27
Anexo 3 – Classificação de estruturas	29
Anexo 4 – Distância R e $Imáx$ em função do nível de proteção	30
Anexo 5 - Arranjo Físico – Planta de Situação e Localização , Planta 230kV e Planta de 69kV	31

1 INTRODUÇÃO

Uma descarga atmosférica é um fenômeno natural que desde o início da civilização causa temor e danos. A ação de uma descarga atmosférica é fulminante, pois, num curtíssimo espaço de tempo, injeta correntes da ordem de centenas de kA numa instalação e que, quando não controladas, provocam uma série de prejuízos e acidentes, tais como:

- Mortes em seres humanos causados tanto pela incidência direta como indireta das descargas atmosféricas.
- Incêndios em florestas, campos e prédios.
- Destruição de estruturas, tanques e árvores.
- Interferências em sistemas de telecomunicações e de dados.
- Acidentes em aviões, embarcações, plataformas de petróleo e antenas de telecomunicações.
- Interrupções de fornecimento de energia elétrica.

É importante ressaltar que a despeito do grande número de pesquisas e estudos realizados no decorrer dos anos, muito ainda precisa ser esclarecido e nada ainda se conseguiu, no sentido de impedir a ocorrência das descargas atmosféricas. Portanto, até o momento atual tem restado apenas estudar sistemas de proteção que impeçam ou ao menos reduzam as possibilidades de prejuízos, acidentes e danos. Os SPDA (Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas), vêm evoluindo anualmente. No entanto, deve ser destacado que ainda não se conseguiu uma proteção completa ou totalmente efetiva para as descargas atmosféricas.

1.1 DEFINIÇÕES

As definições a seguir são transcritas na íntegra do texto da NBR-5419, e poderão ser usadas neste projeto.

Descarga atmosférica – Descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, consistindo em um ou mais impulsos de vários quiloamperes.

Raio – Um dos impulsos elétricos de uma descarga atmosférica.

Ponto de impacto – Ponto onde uma descarga atmosférica atinge a terra uma estrutura ou o sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

Volume a proteger – Volume de uma estrutura ou de uma região que requer proteção contra descargas atmosféricas.

Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) – Sistema completo destinado a proteger uma estrutura contra os efeitos das descargas atmosféricas. É composto de um sistema externo e de um sistema interno de proteção.

Captor – Parte do SPDA externo destinadas a interceptar as descargas atmosféricas.

Eletrodo de aterramento – Elemento ou conjunto de elementos do sistema de aterramento que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de descarga atmosférica na terra.

Nível de proteção – Termo de classificação de um SPDA que denota sua eficiência. Este termo expressa a probabilidade com o qual o SPDA protege um volume contra os efeitos de descargas atmosféricas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As descargas atmosféricas estão intimamente ligadas com as atividades de trovoadas que, por sua vez, estão associadas com nuvens cumulonimbus; diferente das outras nuvens, por ter maior extensão vertical (sua base está situada a 2 km de altura do solo, enquanto o topo fica 18 km acima) que geram chuvas fortes, trovões, raios e, ocasionalmente, granizos. Isto acontece quando o ar quente e úmido se eleva, dando início a uma trovoadas. Essas descargas possuem intensa luminosidade e podem atingir temperaturas de aproximadamente 30.000°C. Este aquecimento súbito faz com que ocorra uma expansão do ar ao redor do canal ionizado produzindo o trovão.

Os relâmpagos ocorridos devido a nuvens de tempestade são mais comuns, mas também podem ocorrer relâmpagos em tempestade de areia e neve, e em erupções vulcânicas. Os relâmpagos que ocorrem em nuvens de tempestade são classificados em seis tipos: relâmpagos nuvem-solo (NS) (mais estudados); relâmpagos solo-nuvem (SN); relâmpagos intranuvem (IN) (são os mais comuns); relâmpagos entre nuvens (EN); relâmpagos entre nuvem e ar (NA); e os relâmpagos que ocorrem da nuvem para cima.

Uma nuvem de tempestade possui uma grande extensão vertical, e sua largura pode atingir algumas dezenas de quilômetros. A estrutura elétrica mais aceita é a dipolar, onde são considerados dois principais centros de carga, sendo um positivo no topo da nuvem e um negativo na parte inferior da mesma. A estrutura tripolar considera três centros de carga, sendo dois positivos, um no topo e o outro na base. Acredita-se que os centros de cargas positivas sejam da mesma magnitude, e um centro de cargas negativas entre os centros positivos. Marshall e Rust (1991) observaram até 10 centros de cargas dentro de uma nuvem de tempestade em estudos realizados através de balão.

A Terra tem excesso de cargas negativas. As correntes de ar ascendentes carregam grande quantidade de umidade. Esta umidade, encontrando nas regiões mais altas uma temperatura baixa, se condensa formando várias gotículas de água, que ficam suspensas no ar. Estas gotículas aglomeram-se formando gotas maiores e, pela influência da gravidade, começam a cair. Ao caírem, encontram outras gotículas, aumentando seu tamanho. Assim, cargas positivas são induzidas na parte inferior gota de água, e cargas negativas na parte superior, como mostram as Figuras 2.1a e 2.1b.

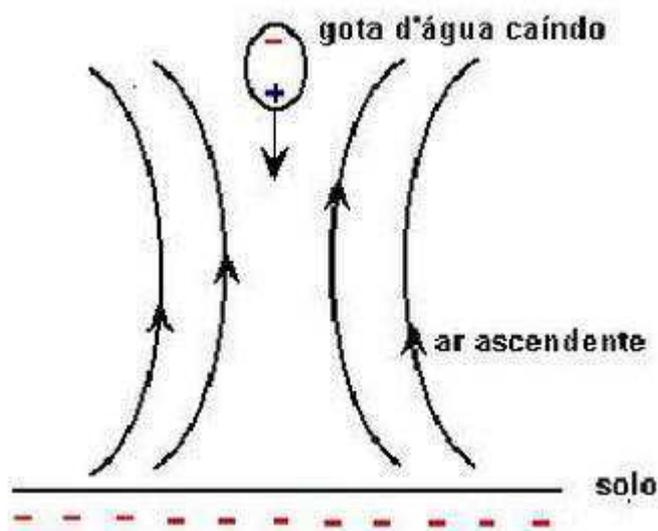


Figura 2.1a: Indução de cargas em gotas d'água das nuvens

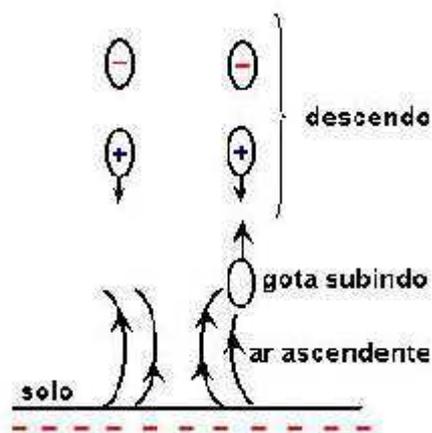


Figura 2.1b: Fragmentação das gotas nas nuvens

A gota aumenta de tamanho até ficar com um diâmetro de aproximadamente 5mm, tornando-se instável e fragmentando-se em várias gotículas menores. No momento da fragmentação há formação de íons positivos na parte inferior e negativos na superior.

Os íons positivos encontram grande quantidade de gotículas d'água arrastadas pelo ar ascendente. A gota ascendente (neutra), durante o choque, entrega elétrons aos íons positivos descendentes. Desta maneira, a gota ascendente se torna positiva (eletrificação por contato) e o íon fica neutralizado. A figura 2.2 mostra os estágios de formação das cargas na gotas de água.



Figura 2.2: Estágios de formação das cargas nas gotas d' água das nuvens

Como estas gotas ascendentes (agora positivas) estão dotadas de grande energia cinética, conseguem subir até a parte superior da nuvem. Os íons negativos resultantes da fragmentação de uma grande gota descem até parar, subindo em seguida, também arrastados pelo ar ascendente. Como estes íons negativos têm menor energia cinética que as gotículas positivas, elas aglomeram-se na parte inferior da nuvem, ficando esta carregada positivamente na parte superior e negativamente na inferior.

A nuvem carregada induz no solo cargas positivas, que ocupam uma área correspondente ao tamanho da nuvem. Como a nuvem é arrastada pelo vento, a região de cargas positivas no solo acompanha o deslocamento da mesma, formando praticamente uma sombra de cargas positivas que segue a nuvem. A figura 2.3 mostra a representação do fenômeno citado.

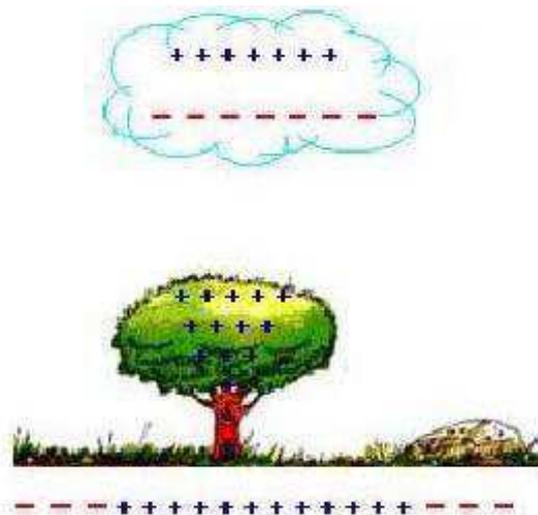


Figura 2.3: Indução de cargas nuvem-solo

Neste deslocamento, as cargas positivas induzidas vão escalonando árvores, pessoas, pontes, edifícios, pára-raios, e morros, ou seja, o solo sob a nuvem fica com carga positiva. Entre a nuvem e a Terra formam-se diferenças de potenciais que variam de 10.000 a 1.000.000kV, sendo que a nuvem se encontra entre 300m e 5km de altura. Nota-se que, para que a descarga se inicie, não é necessário que o gradiente de tensão (campo elétrico) seja superior a rigidez dielétrica de toda a camada de ar entre a nuvem e o solo, bastando, para isto um campo elétrico bem menor. Isto é explicado pelo fato do ar entre a nuvem e a Terra não ser homogêneo, pois contém grande quantidade de impurezas, umidade e ar ionizado, que estão em constante agitação. Com isto, o ar entre a nuvem e a Terra fica muito “enfraquecido”, e um campo elétrico menor já é o suficiente para que o raio consiga perfurar o ar e descarregar na Terra.

A incidência da descarga, mostrada na Figura 2.4, se dá devido ao fato da camada de ar, durante uma tempestade, estar “enfraquecida”. Primeiramente, pequenos túneis de ar ionizados ficam, pelo poder das pontas, com alta concentração de cargas, que vão, aos poucos, furando a camada de ar a procura dos caminhos de menor resistência. Isto é, os túneis ionizados, tentando se aproximar das cargas positivas do solo.

São descritos, na NBR5419, três modelos de dimensionamento das proteções de ambientes e estruturas contra descargas atmosféricas, que são utilizados e ainda estudados para que o efeito das descargas atmosféricas seja reduzido:

Método de Franklin: Método que usa captos pontiagudos colocados em mastros verticais para se aproveitar os efeitos das pontas, quanto maior a altura maior o volume protegido, volume este que tem a forma de um cone formado pelo triângulo retângulo girado em torno do mastro. Limitado a altura e nível de proteção.

Gaiola de Faraday: Sistema de captos formado por condutores horizontais interligados em forma de malha, quanto menor for a distância entre os condutores da malha melhor será a proteção obtida.

Eletrogeométrico, Esfera fictícia ou Esfera rolante: Consiste em fazer uma esfera fictícia de raio determinado pelo nível de proteção, rolar por toda edificação. Os locais onde ela tocar a edificação. O raio também pode tocar, devendo estes serem protegidos por elementos metálicos interligados a malha de aterramento.

O modelo eletrogeométrico será utilizado para o estudo que se segue.

3 DIMENSIONAMENTO DO SPDA

O projeto descrito neste trabalho tem como finalidade a instalação de um SPDA, em cumprimento a NBR-5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, para a SE Arapiraca III 230/69kV.

Para a determinação da necessidade ou não, de um SPDA, são feitas algumas considerações, de acordo com a NBR 5419.

Estruturas especiais com riscos inerentes de explosão, tais como aquelas contendo gases ou líquidos inflamáveis, requerem geralmente o mais alto nível de proteção contra descargas atmosféricas.

Para os demais tipos de estruturas, deve ser inicialmente determinado se um SPDA é, ou não, exigido. Em muitos casos, a necessidade de proteção é evidente, por exemplo:

- Locais de grande afluência de público.
- Locais que prestam serviços públicos essenciais.
- Áreas com alta densidade de descargas atmosféricas.
- Estruturas isoladas, ou com altura superior a 25m.
- Estruturas de valor histórico ou cultural.

Para outros casos, deve-se fazer uma avaliação do risco de exposição.

3.1 AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EXPOSIÇÃO

A avaliação do risco de exposição é um método quantitativo para se determinar a necessidade ou não de um SPDA. Leva-se em conta fatores como a dimensão do ambiente e o índice cerâmico.

Inicialmente, calcula-se a densidade de descargas atmosféricas que atingem a terra (N_g), dada por:

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25} \text{ (raios por km}^2\text{/ano)} \quad (1)$$

onde:

T_d : número de dias de trovoadas por ano, obtido através do mapa de curvas isoceráunicas (Anexo 1).

Em seguida, é calculada a área de exposição equivalente, que segundo a NBR 5419/2005, é “a área, em metros quadrados, do plano da estrutura prolongada em todas as direções, de modo a levar em conta sua altura”. Para uma estrutura retangular, tem-se:

$$A_e = LW + 2LH + 2WH + \pi H^2 \text{ (m}^2\text{)} \quad (2)$$

onde:

L : Largura do ambiente.

W: Comprimento do ambiente.

H: Altura do ambiente.

A frequência média anual previsível de descargas atmosféricas sobre uma estrutura é dada por:

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} \text{ (por ano)} \quad (3)$$

Depois de calculado o número provável de raios que atingem a estrutura (N_d), aplicam-se os fatores de ponderação (Tabelas B1 a B5 da NBR 5419, Anexo 2), de modo que:

$$N_{dc} = N_d \times A \times B \times C \times D \times E \quad (4)$$

Em seguida, compara-se N_{dc} com a frequência admissível de danos N_c , conforme o seguinte critério:

Se $N_{dc} \geq 10^{-3}$, a estrutura requer um SPDA.

Se $10^{-3} \geq N_{dc} \geq 10^{-5}$, a conveniência de um SPDA deve ser tecnicamente justificada e decidida por acordo entre projetista e usuário.

Se $N_{dc} \leq 10^{-5}$, a estrutura dispensa um SPDA.

3.2 DETERMINAÇÃO DO VOLUME PROTEGIDO

Para o cálculo do volume a ser protegido pelas hastes para-raios, foi considerado o método eletrogeométrico, previsto na NBR 5419.

O método eletrogeométrico, também conhecido como método da esfera rolante, se baseia na delimitação do volume de proteção dos captadores de um SPDA, podendo ser utilizadas hastes, cabos ou mesmo uma combinação de ambos. Fundamenta-se na

premissa de uma esfera de raio R com centro localizado na extremidade da descarga líder antes do seu último salto. Os pontos da superfície da referida esfera são o lugar geométrico que devem ser atingidos por uma descarga atmosférica.

O valor de R pode ser determinado a partir da tabela C1 do anexo C da NBR 5419, e depende do nível de proteção.

Determinado o raio da esfera rolante, tem-se os casos para determinação do volume protegido, mostrados a seguir.

3.2.1 VOLUME DE PROTEÇÃO DE UM CAPTOR VERTICAL COM $h \leq R$

Traça-se uma linha horizontal à altura R do solo e um arco de circunferência de raio R com centro no topo do captor.

Em seguida, com centro no ponto de interseção P e raio R , traça-se um arco de circunferência que atinge o topo do captor. O volume de proteção é delimitado pela rotação da área A em torno do captor. A Figura 3.1 mostra o volume de proteção de um captor quando $h < R$.

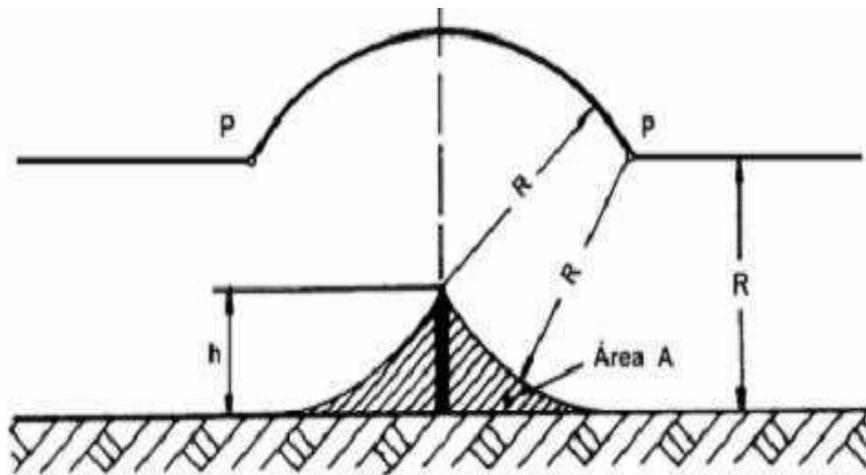


Figura 3.1: Volume de proteção quando $h < R$.

3.2.2 VOLUME DE PROTEÇÃO DE UM CAPTOR VERTICAL COM $h > R$

Semelhante ao procedimento anterior, porém verifica-se que a altura eficaz do captor é R , pois sobre a altura excedente podem ocorrer descargas laterais. A Figura 3.2 mostra o volume de proteção quando $h > R$.

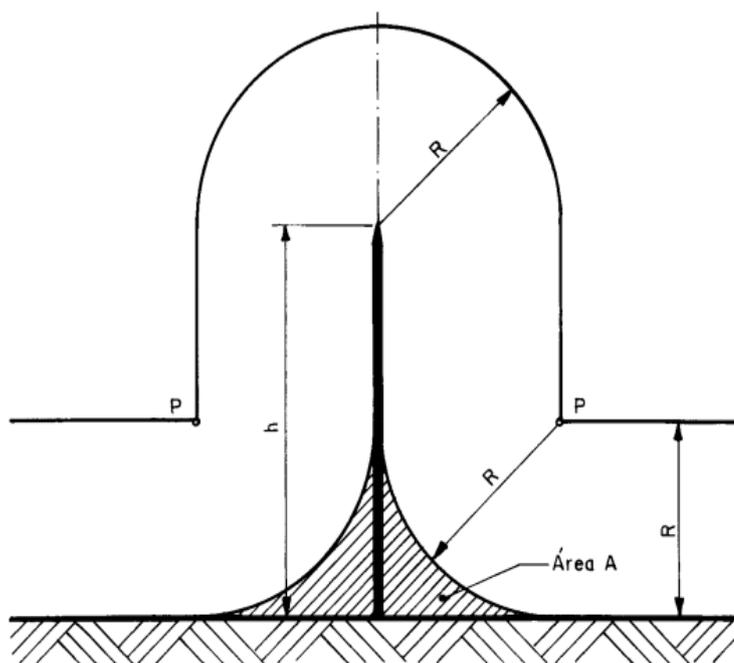


Figura 3.2. Volume de proteção quando $h > R$.

4 PROTEÇÃO DA SE ARAPIRACA 230/69 kV

A título de aplicação prática do modelo eletrogeométrico descrito no capítulo anterior, este capítulo trata de fazer o devido dimensionamento do SPDA da Subestação escolhida para estudo. A subestação escolhida está localizada na cidade de Arapiraca, interior do estado de Alagoas.

Os dados da Subestação, referentes a dimensões, tipos de cabos para-raios utilizados, altitude da instalação dos cabos para-raios, assim como todas as características do local de instalação e tipo construção da subestação, para aplicação dos fatores de ponderação, foram cedidos pela empresa INTEREST Engenharia LTDA e constam no Anexo 5.

Para determinação do volume protegido por cada haste ou cabo para-raio, foi utilizado o Software AUTO CAD LT 2011. O modelo eletrogeométrico, dentro das normatizações descritas na NBR5419 da ABNT, foi devidamente aplicado na construção dos desenhos de proteção, expostos neste relatório.

4.1 AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EXPOSIÇÃO

Verificando o mapa isoceráunico, para a região de Arapiraca temos que $T_d = 20$, logo:

$$N_g = 0,04 \times 20^{1,25} = 1,69 \quad (5)$$

As dimensões da SE Arapiraca III são de 81m de largura, 195m de comprimento e 22m de altura (altura referente ao captor mais elevado da subestação), logo:

$$A_e = 81 \times 195 + 2 \times 81 \times 22 + 2 \times 195 \times 22 + \pi \times 22^2 = 29459,53\text{m}^2 \quad (6)$$

A frequência média anual previsível de descargas atmosféricas é:

$$N_d = 1,69 \times 29459,53 \times 10^{-6} = 0,0498 \quad (7)$$

Aplicando os fatores de ponderação (Anexo 2), tem-se:

- Fator A : Tipo de ocupação da estrutura:
- ✓ Fábricas, oficinas e laboratórios 1,0
- Fator B : Tipo de construção da estrutura:

- ✓ Estrutura de concreto armado, com cobertura não-metálica 0,4
- Fator C : Conteúdo da estrutura:
- ✓ Subestações de energia elétrica 1,0
- Fator D : Localização da estrutura:
- ✓ Estrutura localizada em área contendo poucas estruturas ou árvores de altura similar..... 1,0
- Fator E : Topografia da região:
- ✓ Planície 0,3

$$N_{dc}=0,0498 \times 1,0 \times 0,4 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,3 = 5,97.10^{-3} \text{ descargas/ano} \quad (8)$$

Como $N_{dc} \geq 10^{-3}$, a estrutura requer um SPDA.

4.2 APLICAÇÃO DO MODELO ELETROGEOMÉTRICO

Classificando a subestação como estrutura com risco confinado, de acordo com a Tabela 6 da NBR 5419 (Anexo 3), tem-se o nível de proteção I, logo, tem-se $R = 20\text{m}$.

Para determinar as áreas de proteção em cada setor da subestação, será aplicado o modelo eletrogeométrico, conforme segue.

4.2.1 SETOR 230KV

Para delimitar o volume de proteção dos cabos para-raios utiliza-se o método onde $h < R$ uma vez que todos os cabos para-raios estão instalados a uma altura de 19m. No caso em que os captosres são constituídos por hastes utiliza-se o método onde $h > R$ uma vez que todas as hastes estão instaladas a uma altura de 22m.

As Figuras 1, 2 e 3 mostram a área protegida por cabos (Figura 1 e Figura 3) e hastes para-raio (Figura 2) no setor de 230kV as SE Arapiraca III.

Analisando as plantas de setores da subestação (desenhos no Anexo 5), conclui-se que a área mais susceptível à descargas atmosféricas é referente ao capacitor próximo ao eixo M, portanto foi traçada uma reta perpendicular ao cabo para-raio e encontrada a distância mínima entre o cabo e o capacitor de aproximadamente 7,5m. Ao ser aplicado o método da esfera rolante, encontrou-se que a área protegida pelo cabo, considerando a

altura do banco de 3,7m, é de 8,42m de distância do centro do pórtico, logo se conclui que o banco de capacitores está protegido, conforme mostrado na Figura 4.1.

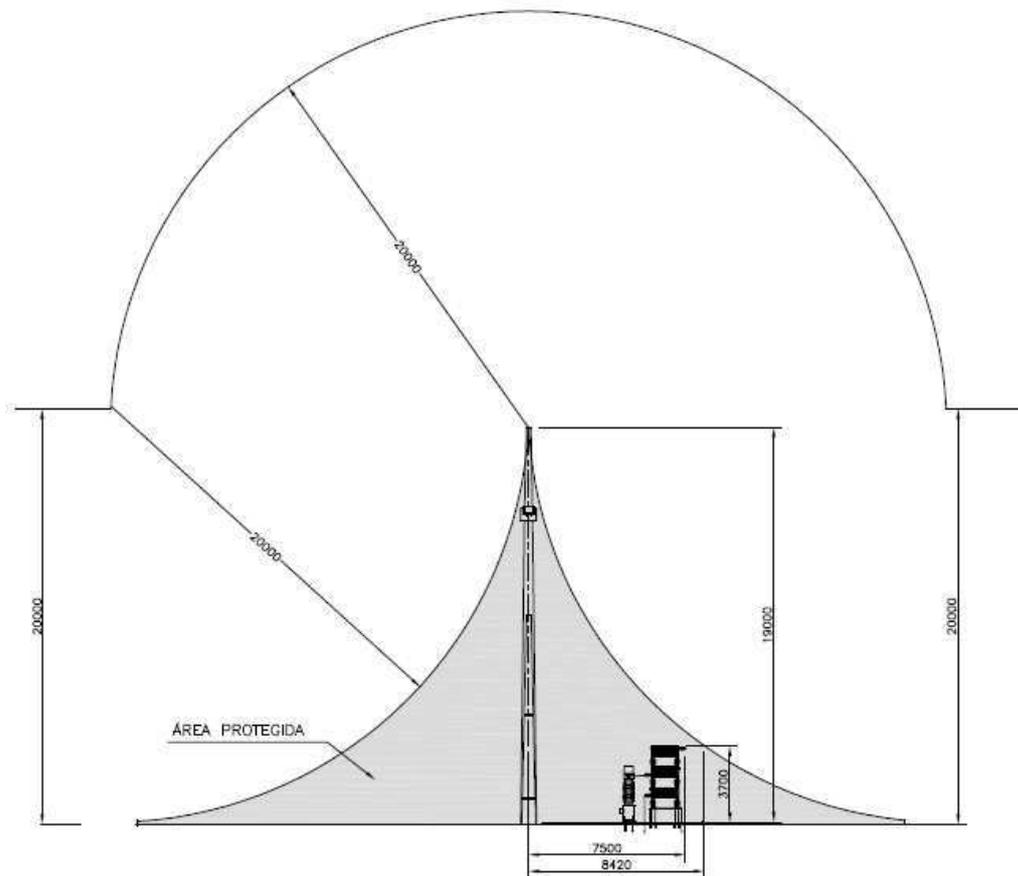


Figura 4.1 – Proteção dos cabos para-raios do banco de capacitores – Setor 230kV.

A Figura 4.2 mostra a proteção das hastes para-raios no setor dos barramentos de 230kV. As hastes para-raios ficam a uma altura de 22 metros em relação ao solo, por isso usa-se o método com o $h > R$ para determinação do volume de proteção.

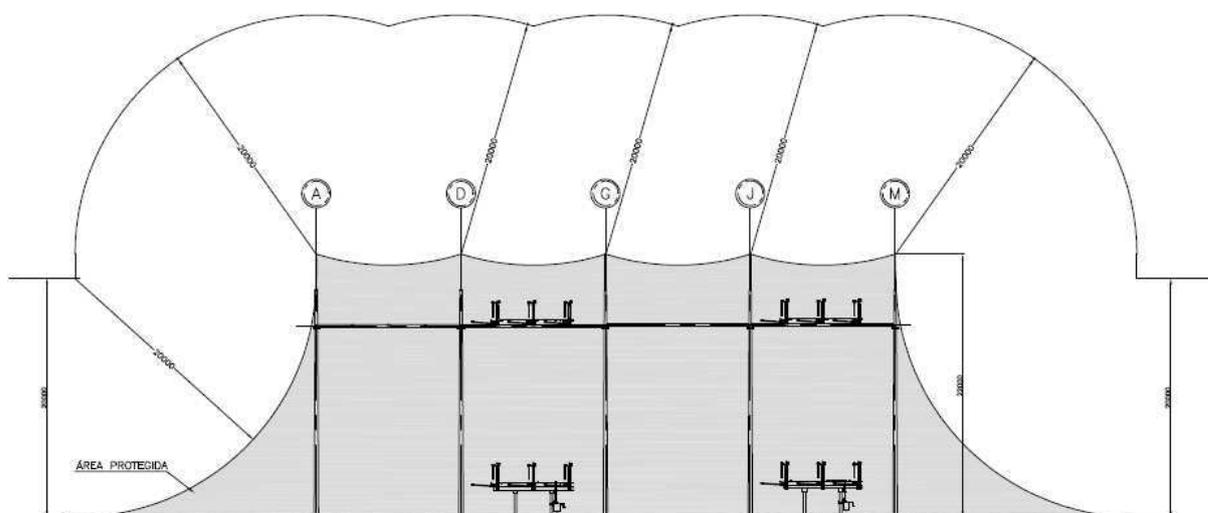


Figura 4.2 – Proteção das hastes PR – Setor 230kV.

A Figura 4.3 mostra a proteção dos cabos para-raios no setor dos barramentos de 230kV. Os cabos para-raios ficam a uma altura de 19 metros em relação ao solo, por isso usa-se o método com o $h < R$ para determinação do volume de proteção.

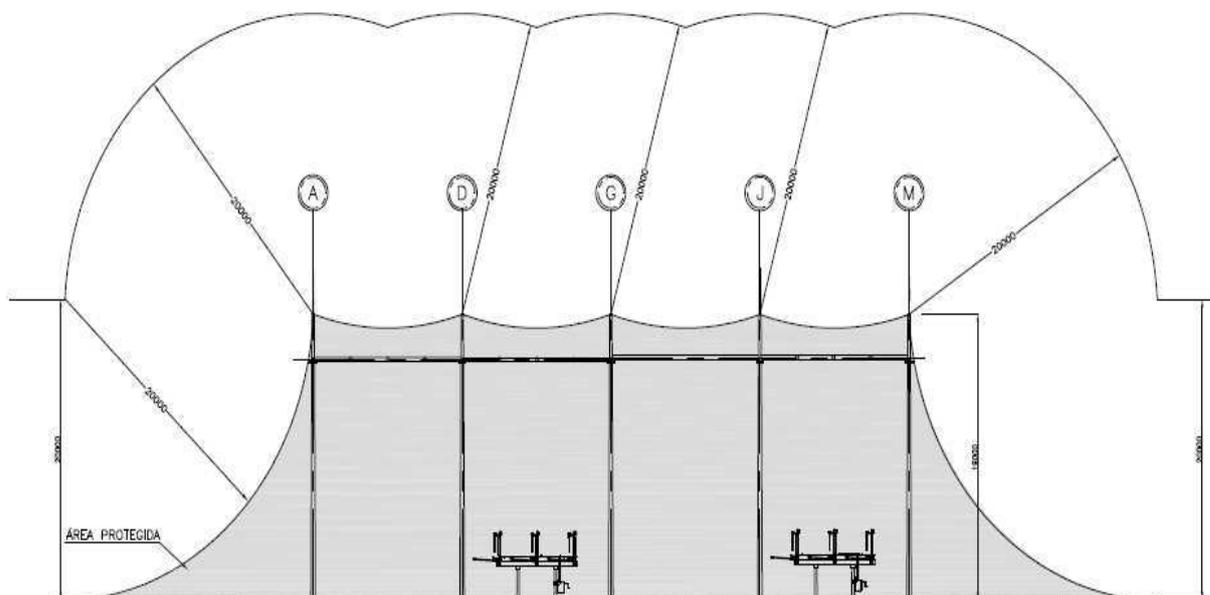


Figura 4.3 – Proteção dos cabos para-raios – Setor 230kV.

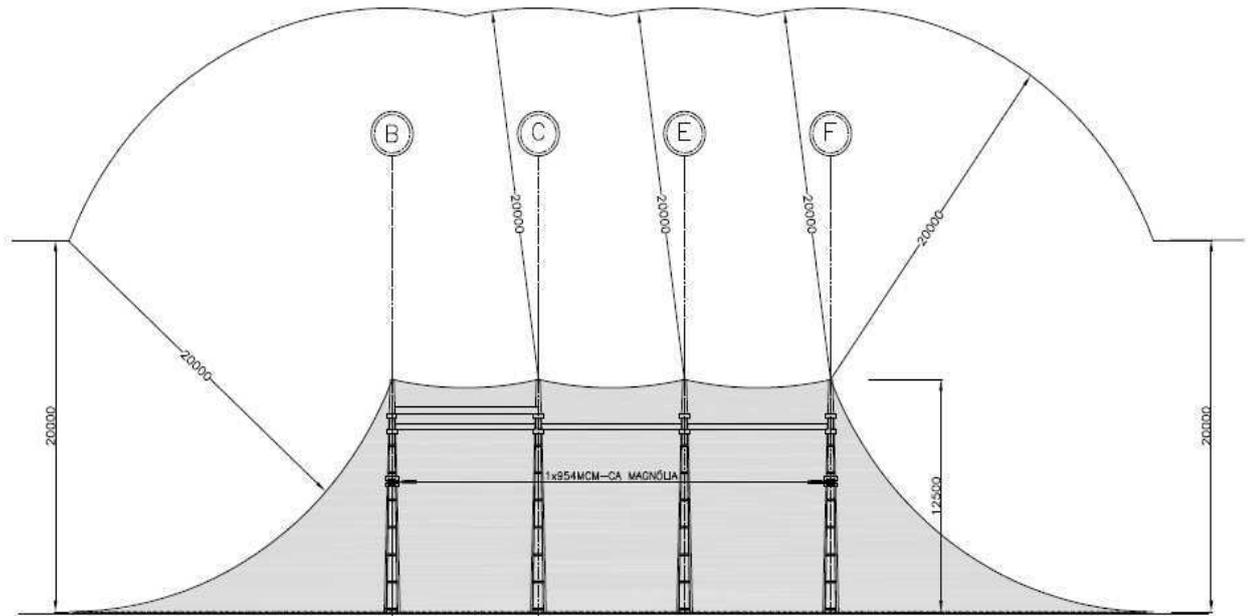


Figura 4.5 – Proteção dos cabos para-raios – Setor 69kV.

4.2.3 TORRE DE TELECOMUNICAÇÕES

Para a proteção a torre de telecomunicações foram utilizados captores tipo haste PR. Para delimitar o volume de proteção da haste utiliza-se o método onde $h < R$ uma vez que, a haste está instalada a uma altura de 49m. A figura 4.6 mostra um esboço da área protegida pela haste da torre de telecomunicações.

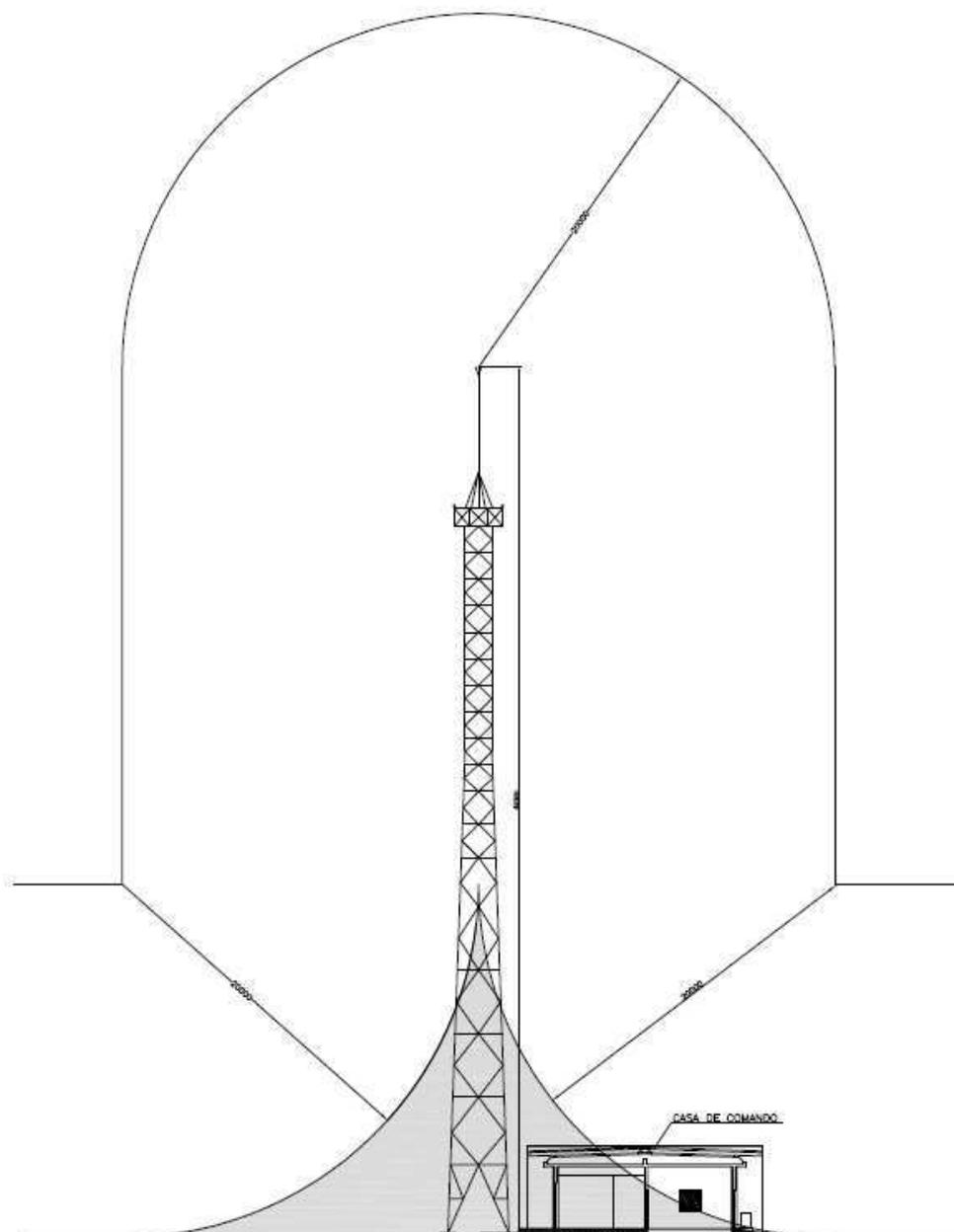


Figura 4.6 – Proteção das hastes para-raios – vista frontal – Torre de Telecomunicações.

Ao ser aplicado o método da esfera rolante, se conclui que a haste para-raios da torre de telecomunicações não está protegendo totalmente a casa de comando, portanto deverá ser feito um SPDA para proteção da mesma.

4.2.4 CASA DE COMANDO, CASA DO GMG E GUARITA

A Figura 4.7 mostra a proteção da casa de comando, casa do GMG e guarita. Foram utilizadas hastes para-raios na estrutura. Para delimitar o volume de proteção das

hastes utiliza-se o método onde $h < R$ uma vez que todas as hastes estão instaladas a uma altura menor que 20m.

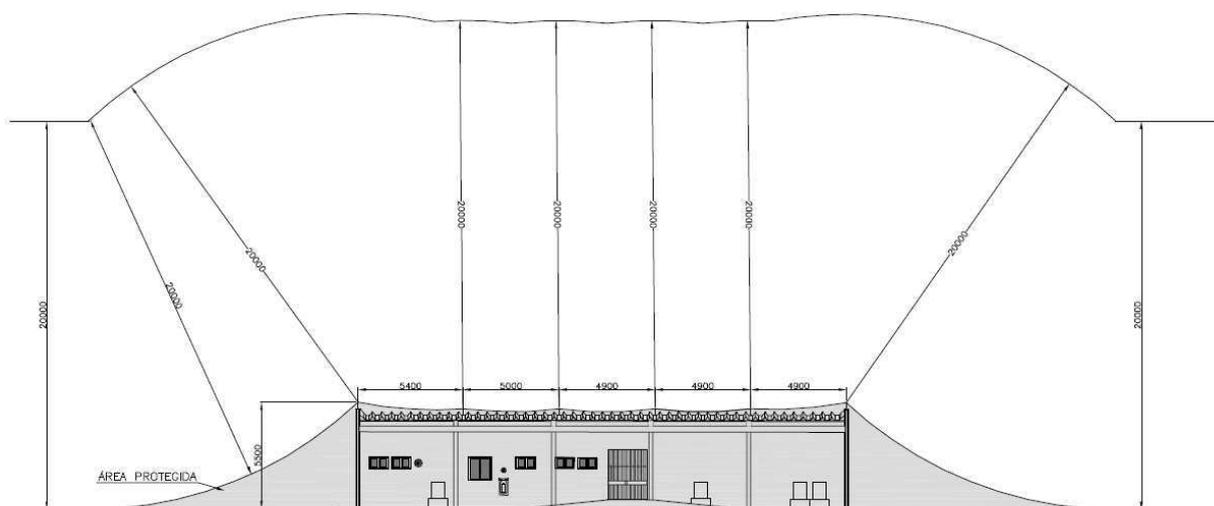


Figura 4.7 – Proteção das hastes para-raios – vista frontal – Casa de Comando.

A figura 4.8 mostra a vista lateral da proteção das hastes para-raios da casa de comando:

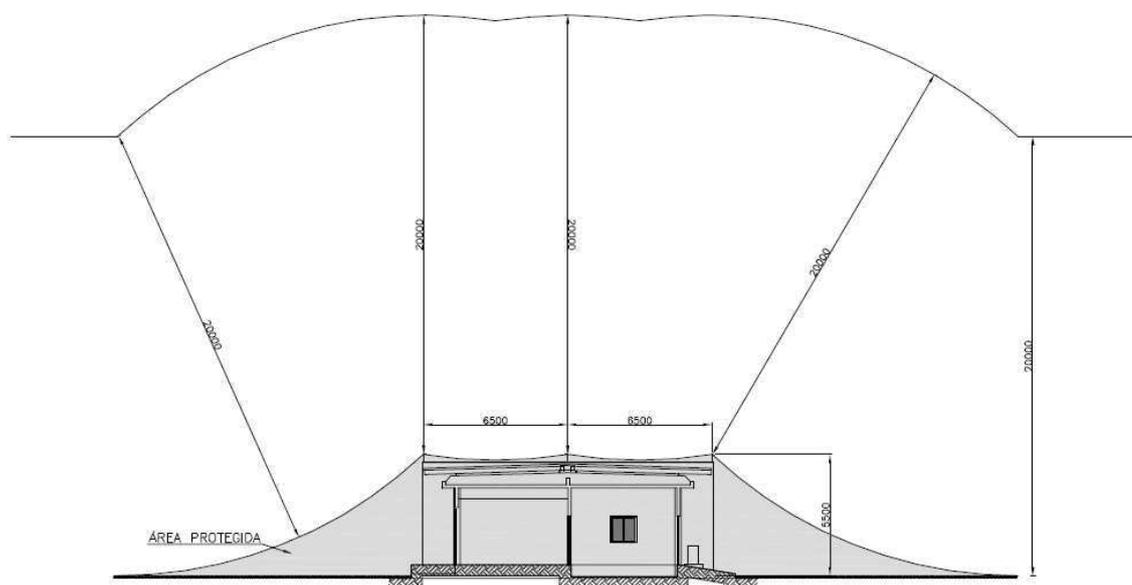


Figura 4.8 – Proteção das hastes para-raios – vista lateral – Casa de Comando.

As Figuras 4.9 e 4.10 mostram a área protegida pelas hastes na casa do GMG da SE Arapiraca III.

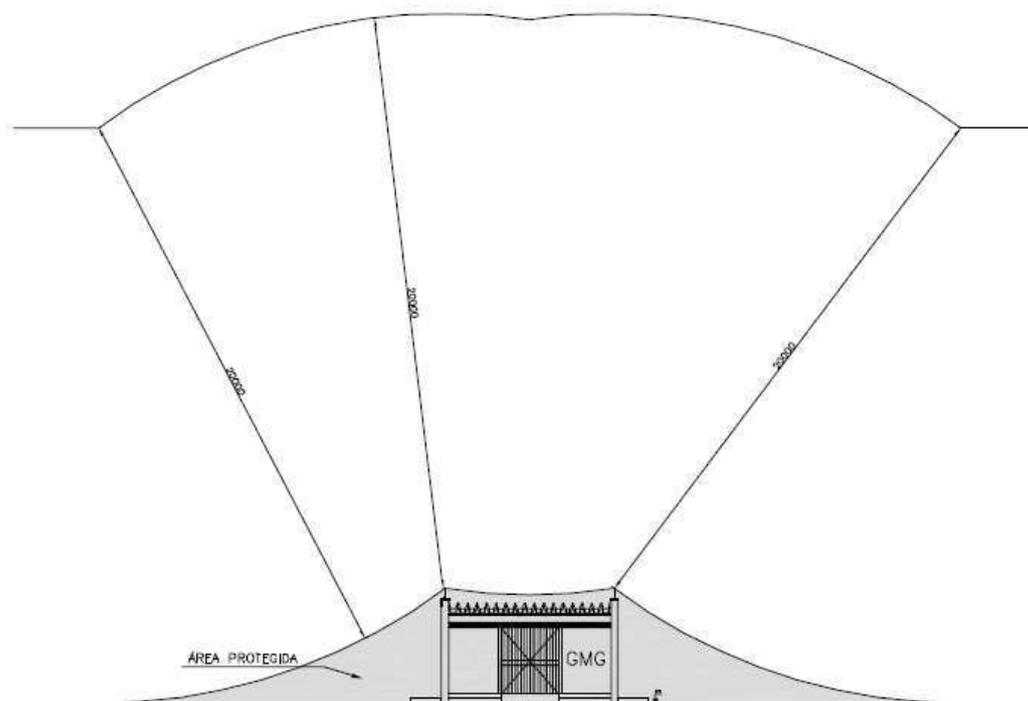


Figura 4.9 – Proteção das hastas para-raios – vista frontal – Casa do GMG.

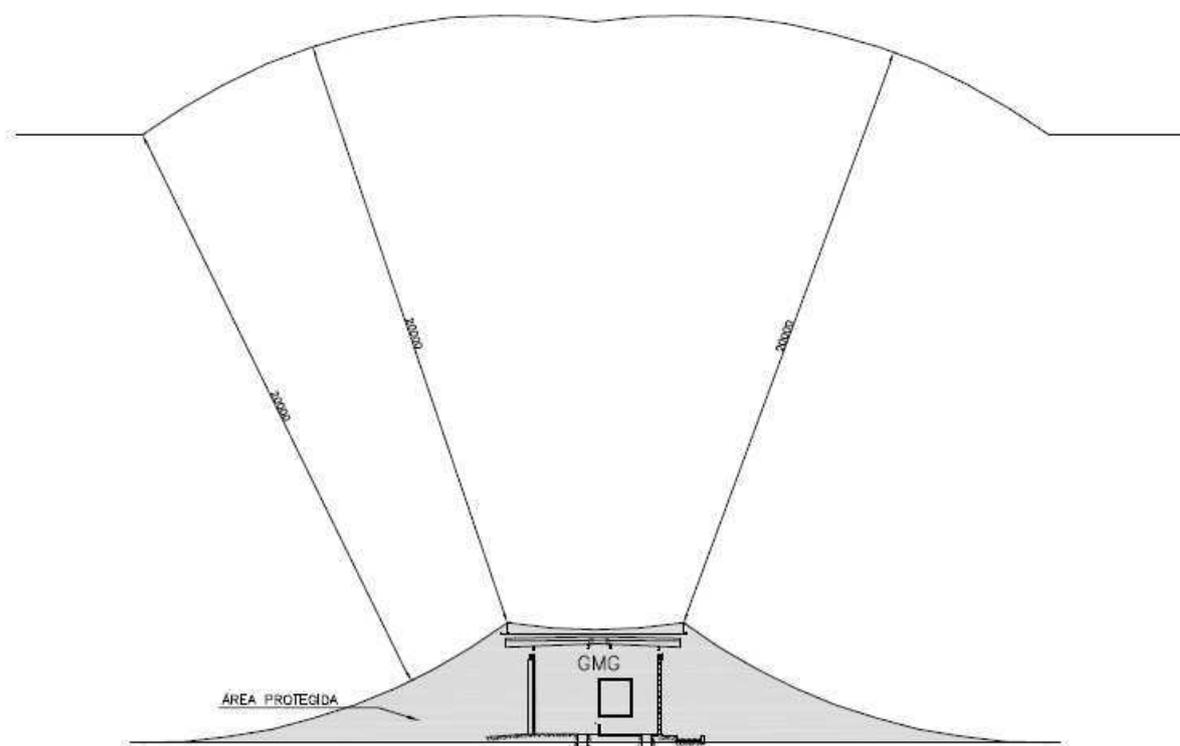


Figura 4.10 – Proteção das hastas para-raios – vista lateral – Casa do GMG.

As Figuras 4.11 e 4.12 mostram a área protegida pelas hastas na guarita da SE Arapiraca III. Os detalhes da instalação da proteção na Guarita da Subestação, estão expostos no Anexo 05.

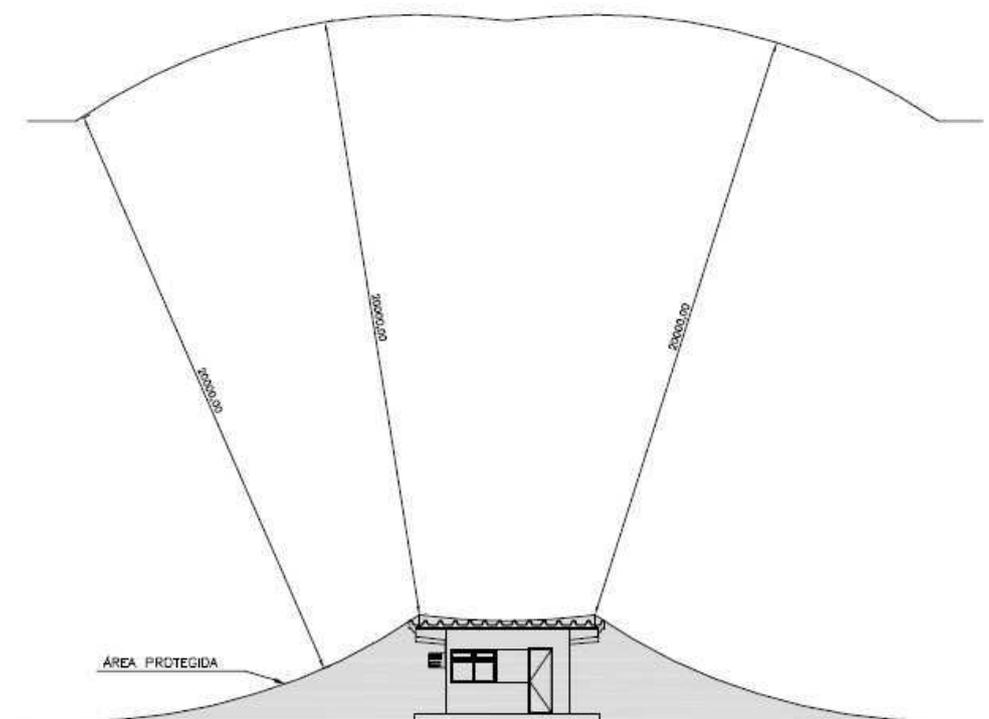


Figura 4.11 – Proteção das hastes para-raios – vista frontal – Guarita.

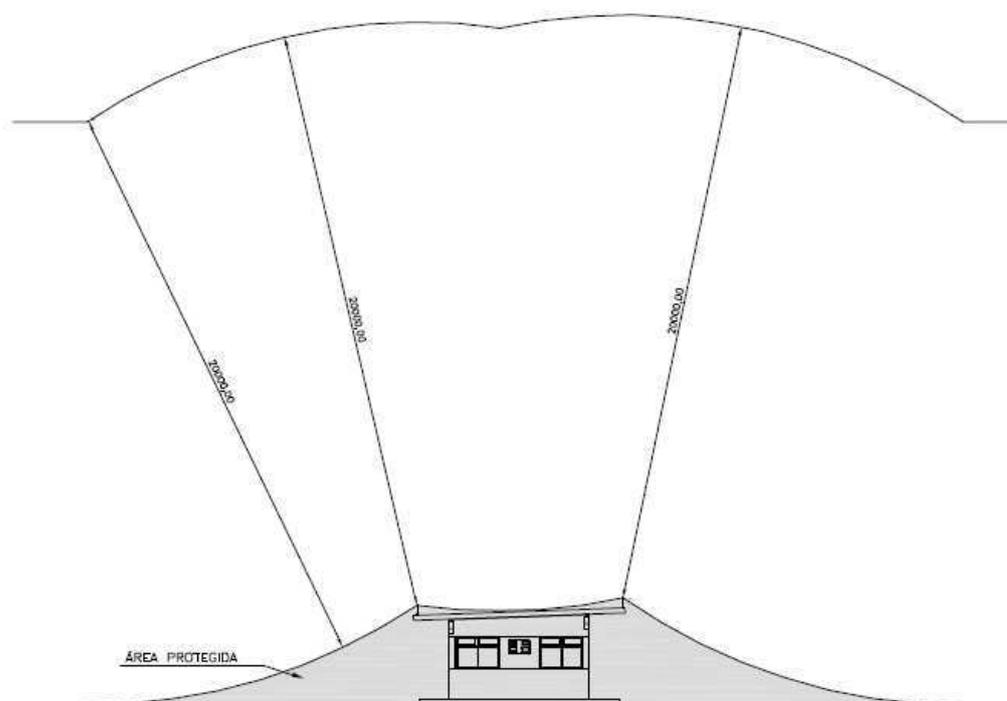


Figura 4.12 – Proteção das hastes para-raios – vista lateral – Guarita.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A representação da área protegida nos setores da subestação está definida no Anexo 5. Para o cálculo do raio médio de proteção de cada captor e de cada cabo para-raios, considerou-se uma altura mínima de proteção de 3 metros nos setores de 230kV e 69kV, de 3,70 metros no banco de capacitores e de 2 metros na casa de comando, no casa do GMG e na guarita.

Calculada a área de proteção dos captores nos setores 230kV e 69kV, na torre de telecomunicações, na casa de comando, na casa do GMG e na guarita, a proteção dos captores e dos cabos para-raios abrange toda a área do pátio da subestação, garantido a integridade e minimizando os riscos de danos causados pelas descargas atmosféricas.

Os desenhos dos tópicos 3.2.1 à 3.2.4 foram retirados dos desenhos 18.050/085, 18.050/086 e 18.050/087, Anexo 05. Neles, são mostrados os detalhes de instalação, a lista de material, e a proteção dos cabos e captores. Em cada desenho, é mostrada a área protegida, demonstrando que todas as áreas foram devidamente protegidas, ao se utilizar o modelo eletrogeométrico.

6 CONCLUSÃO

As descargas atmosféricas são um dos maiores causadores de acidentes em sistemas elétricos, causando prejuízos tanto materiais quanto para a segurança pessoal.

Com o crescente aumento dessas descargas, motivadas principalmente pela interferência do homem na natureza, torna-se necessário a avaliação do risco de exposição a que estão submetidos as instalações e o sistema de transmissão de energia. Principalmente no Brasil, por ser o país de maior incidência de descargas atmosféricas no mundo.

As técnicas de proteção contra os efeitos nocivos das descargas atmosféricas devem ser cada vez mais estudadas e melhoradas. Os sistemas de proteção devem ser projetados para atender os critérios de segurança, levando em consideração a incidência das descargas na região, os quais devem possuir um aterramento eficaz. Deve-se também levar em consideração a viabilização do projeto, objetivando o ponto ótimo no que diz respeito à configuração do sistema e ao resultado desejado.

A utilização modelo eletrogeométrico em Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, desde que devidamente projetado, traz uma proteção eficaz, mas não completa, para o sistema de distribuição estudado, uma vez que nenhum sistema está completamente protegido contra descargas atmosféricas.

7 BIBLIOGRAFIA

ABNT. **NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, Rio de Janeiro: 2001.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2002. p. 7.

CREDER, H. Instalações elétricas. Editora: Livros Técnicos e Científicos (LTC). 6ª edição: 2004..

LIMA FILHO, D. L. Projetos de instalações elétricas prediais. Editora: Érica. 10ª edição. São Paulo: 1997.

ABNT. **NBR 6034 - Informação e documentação - Índice - Apresentação.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2005. p. 4.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Nº. 2 -Artigo sobre proteção de estruturas contradescargas atmosféricas, de acordo com a norma NBR5419/93.(autor: Eng. NormandoAlves), Ed. Sertec, São Paulo, 1999
INMETRO. Unidades Legais de Medida. **Inmetro**, 2010. Disponível em:
<<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/unidLegaisMed.asp?iacao=imprimir>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

LEITE, D.M. & LEITE, C.M. Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Oficina de Mydia Ed. Ltda. São Paulo, 1997.294p

8 ANEXOS

Anexo 1 – Mapa de curvas isoceráunicas - Brasil



NOTA Número médio de dias de trovoadas por ano.

Anexo 2 – Fatores de correção de avaliação de risco

Tabela B.1 — Fator A: Tipo de ocupação da estrutura

Tipo de ocupação	Fator A
Casas e outras estruturas de porte equivalente	0,3
Casas e outras estruturas de porte equivalente com antena externa ¹⁾	0,7
Fábricas, oficinas e laboratórios	1,0
Edifícios de escritórios, hotéis e apartamentos, e outros edifícios residenciais não incluídos abaixo	1,2
Locais de afluência de público (por exemplo: igrejas, pavilhões, teatros, museus, exposições, lojas de departamento, correios, estações e aeroportos, estádios de esportes)	1,3
Escolas, hospitais, creches e outras instituições, estruturas de múltiplas atividades	1,7
¹⁾ Para requisitos para instalação de antenas, ver anexo A.	

Tabela B.2 — Fator B: Tipo de construção da estrutura

Tipo de construção	Fator B
Estrutura de aço revestida, com cobertura não-metálica ¹⁾	0,2
Estrutura de concreto armado, com cobertura não-metálica	0,4
Estrutura de aço revestida, ou de concreto armado, com cobertura metálica	0,8
Estrutura de alvenaria ou concreto simples, com qualquer cobertura, exceto metálica ou de palha	1,0
Estrutura de madeira, ou revestida de madeira, com qualquer cobertura, exceto metálica ou de palha	1,4
Estrutura de madeira, alvenaria ou concreto simples, com cobertura metálica	1,7
Qualquer estrutura com teto de palha	2,0
¹⁾ Estruturas de metal aparente que sejam contínuas até o nível do solo estão excluídas desta tabela, porque requerem apenas um subsistema de aterramento.	

Tabela B.3 — Fator C: Conteúdo da estrutura e efeitos indiretos das descargas atmosféricas

Conteúdo da estrutura ou efeitos indiretos	Fator C
Residências comuns, edifícios de escritórios, fábricas e oficinas que não contenham objetos de valor ou particularmente suscetíveis a danos	0,3
Estruturas industriais e agrícolas contendo objetos particularmente suscetíveis a danos ¹⁾	0,8
Subestações de energia elétrica, usinas de gás, centrais telefônicas, estações de rádio	1,0
Indústrias estratégicas, monumentos antigos e prédios históricos, museus, galerias de arte e outras estruturas com objetos de valor especial	1,3
Escolas, hospitais, creches e outras instituições, locais de afluência de público	1,7
¹⁾ Instalação de alto valor ou materiais vulneráveis a incêndios e às suas conseqüências.	

Tabela B.4 — Fator D: Localização da estrutura

Localização	Fator D
Estrutura localizada em uma grande área contendo estruturas ou árvores da mesma altura ou mais altas (por exemplo: em grandes cidades ou em florestas)	0,4
Estrutura localizada em uma área contendo poucas estruturas ou árvores de altura similar	1,0
Estrutura completamente isolada, ou que ultrapassa, no mínimo, duas vezes a altura de estruturas ou árvores próximas	2,0

Tabela B.5 — Fator E: Topografia da região

Topografia	Fator E
Planície	0,3
Elevações moderadas, colinas	1,0
Montanhas entre 300 m e 900 m	1,3
Montanhas acima de 900 m	1,7

Anexo 3 – Classificação de estruturas

Tabela B.6 — Exemplos de classificação de estruturas

Classificação da estrutura	Tipo da estrutura	Efeitos das descargas atmosféricas	Nível de proteção
Estruturas comuns ¹⁾	Residências	Perfuração da isolação de instalações elétricas, incêndio, e danos materiais Danos normalmente limitados a objetos no ponto de impacto ou no caminho do raio	III
	Fazendas, estabelecimentos agropecuários	Risco direto de incêndio e tensões de passo perigosas Risco indireto devido à interrupção de energia e risco de vida para animais devido à perda de controles eletrônicos, ventilação, suprimento de alimentação e outros	III ou IV ²⁾
	Teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas e igrejas	Danos às instalações elétricas (por exemplo: iluminação) e possibilidade de pânico Falha do sistema de alarme contra incêndio, causando atraso no socorro	II
	Bancos, companhias de seguro, companhias comerciais, e outros	Como acima, além de efeitos indiretos com a perda de comunicações; falhas dos computadores e perda de dados	II
	Hospitais, casa de repouso e prisões	Como para escolas, além de efeitos indiretos para pessoas em tratamento intensivo e dificuldade de resgate de pessoas imobilizadas	II
	Indústrias	Efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos a prejuízos inaceitáveis e perda de produção	III
	Museus, locais arqueológicos	Perda de patrimônio cultural insubstituível	II
Estruturas com risco confinado	Estações de telecomunicação usinas elétricas Indústrias	Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo Risco indireto para as imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndio	I
Estruturas com risco para os arredores	Refinarias, postos de combustível, fábricas de fogos, fábricas de munição	Risco de incêndio e explosão para a instalação e seus arredores	I
Estruturas com risco para o meio ambiente	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos	Risco de incêndio e falhas de operação, com conseqüências perigosas para o local e para o meio ambiente	I
¹⁾ ETI (equipamentos de tecnologia da informação) podem ser instalados em todos os tipos de estruturas, inclusive estruturas comuns. É impraticável a proteção total contra danos causados pelos raios dentro destas estruturas; não obstante, devem ser tomadas medidas (conforme a ABNT NBR 5410) de modo a limitar os prejuízos a níveis aceitáveis.			
²⁾ Estruturas de madeira: nível III; estruturas nível IV. Estruturas contendo produtos agrícolas potencialmente combustíveis (pós de grãos) sujeitos a explosão são considerados com risco para arredores.			

Anexo 4 – Distância R e $I_{\text{máx}}$ em função do nível de proteção

Nível de proteção	Distância R m	Valor de crista de $I_{\text{máx}}$ kA
I	20	3
II	30	5
III	45	10
IV	60	15

Anexo 5 - Arranjo Físico – Planta de Situação e Localização , Planta 230kV e Planta de 69kV

18.050/011 - Planta de Situação e Localização:

18.050/012 – Arranjo Físico – 230kV:

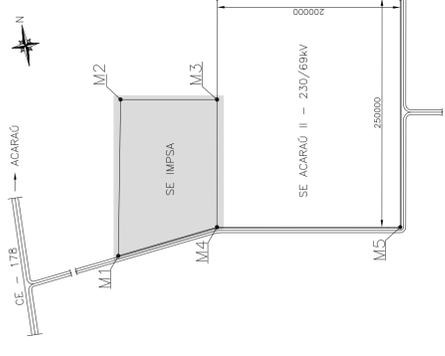
18.050/013 – Arranjo Físico – 69kV:

18.050/085 – Casa de Comando:

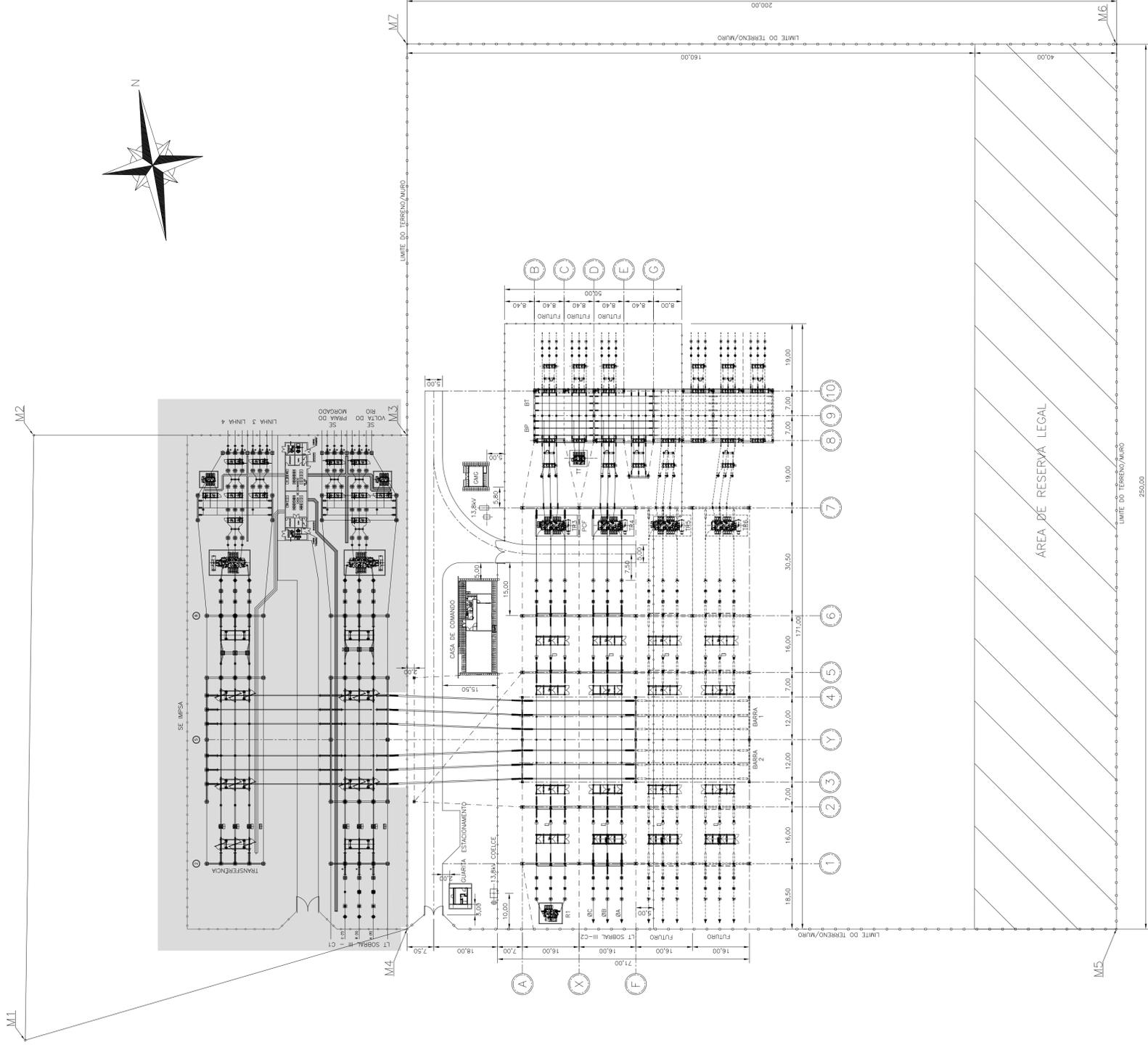
18.050/086 – Guarita:

18.050/087 – Casa do GMG:

18.050/083 – Planta de Situação – Área Protegida.



PLANTA DE LOCALIZAÇÃO
ESC. 1/4000



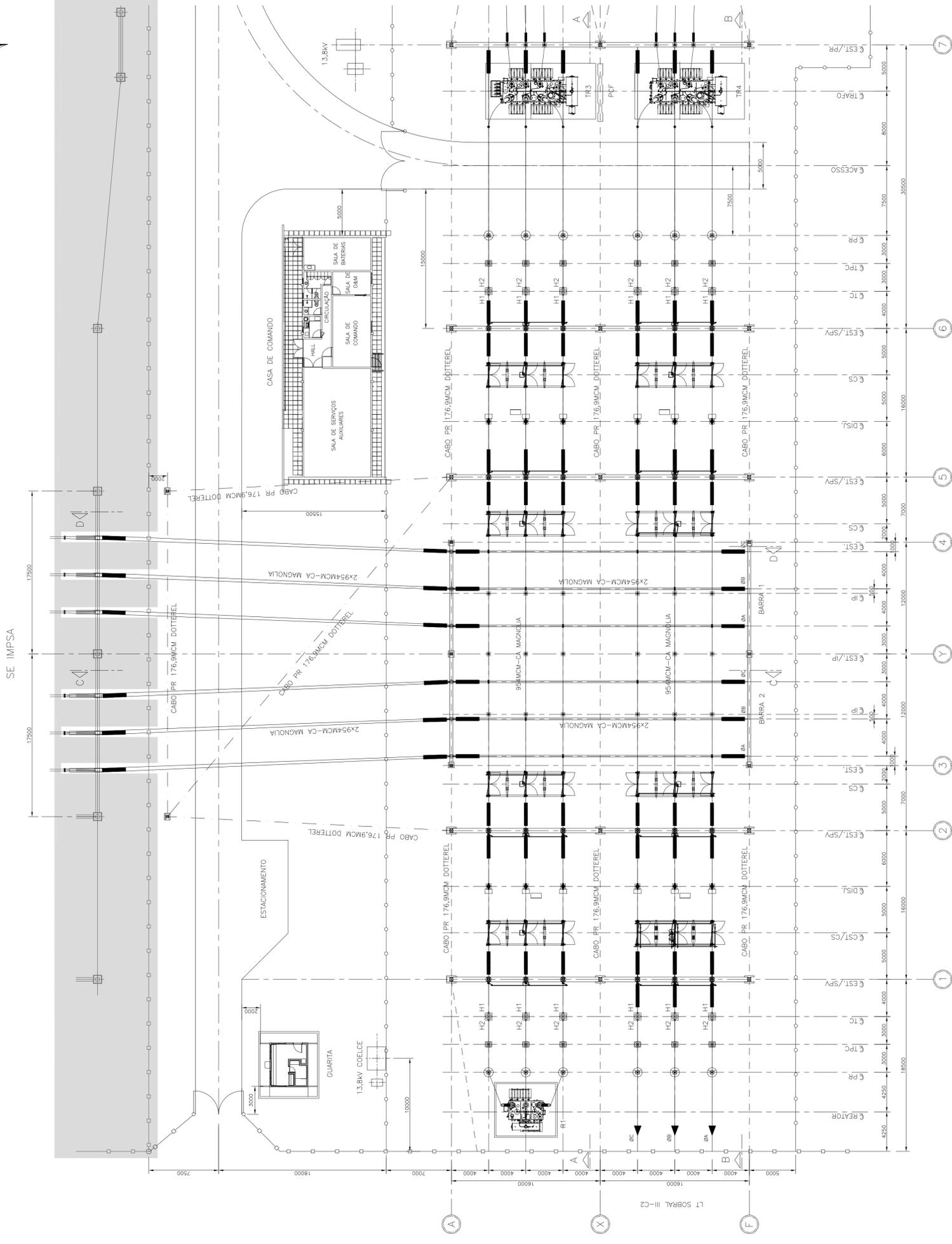
PLANTA DE SITUAÇÃO
ESC. 1/750

TABELA DE PONTOS

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE	NORTE (FUSO_24)	LESTE (FUSO_24)
M1	-2°55'42.10"	-47°06'56.27"	9676263.75	376011.28
M2	-2°55'37.25"	-47°06'52.03"	9676412.70	376142.05
M3	-2°55'36.60"	-47°06'55.39"	9676432.45	376038.51
M4	-2°55'41.60"	-47°06'52.68"	9676279.14	376122.38
M5	-2°55'42.55"	-47°06'46.27"	9676250.00	376320.25
M6	-2°55'34.50"	-47°06'45.08"	9676497.33	376356.67
M7	-2°55'33.55"	-47°06'51.49"	9676526.47	376158.81

LEGENDA

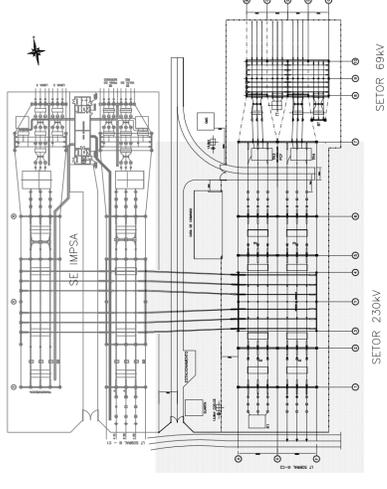
- ② - EIXO DE REFERÊNCIA
- - CABO PARA-RAMOS
- - MURO
- - ALAMBRAÇO
- - INSTALAÇÃO FUTURA
- - INSTALAÇÃO IMPESA
- - INSTALAÇÃO CHESF



SETOR 69KW
DES. 18.054/013

- LEGENDA**
- EIXO DE REFERENCIA
 - CABO PARA-RAIOS
 - ALAMBRAO
 - MURO
 - INSTALAO IMPSA
 - INSTALAO CHEF

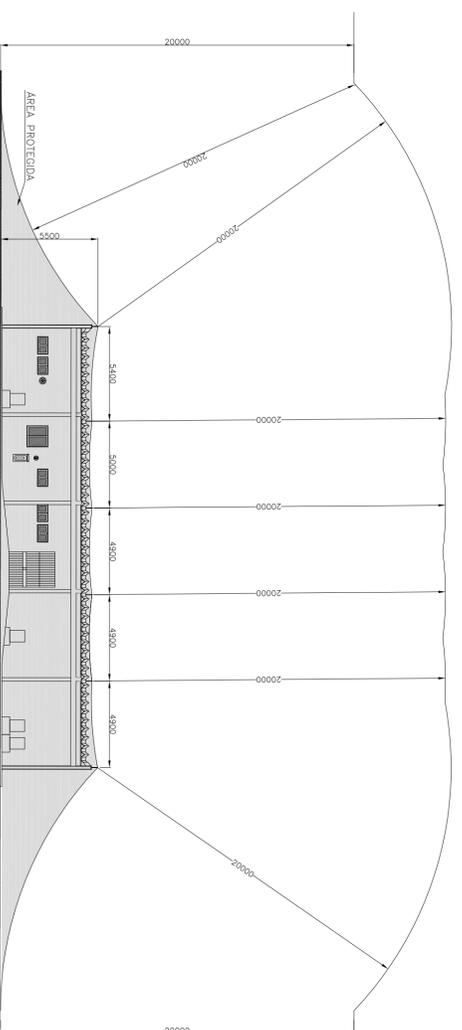
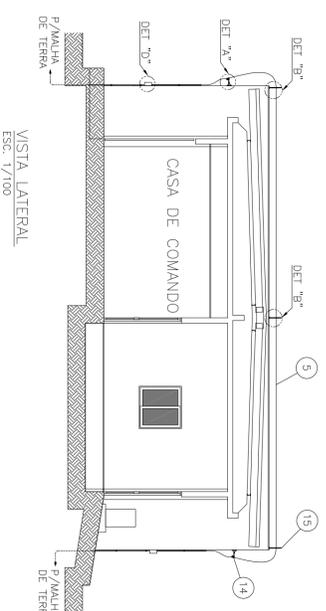
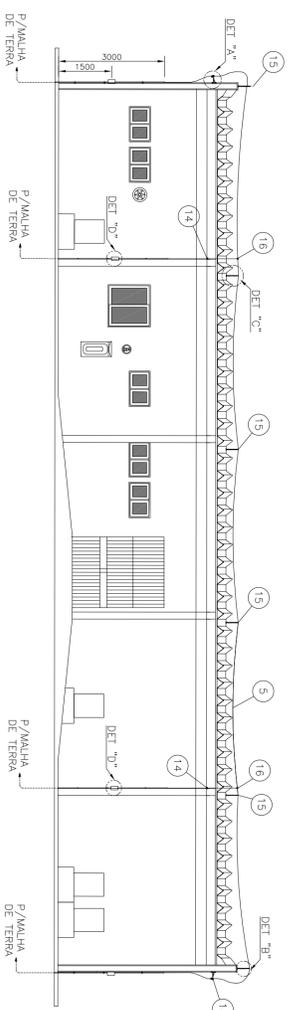
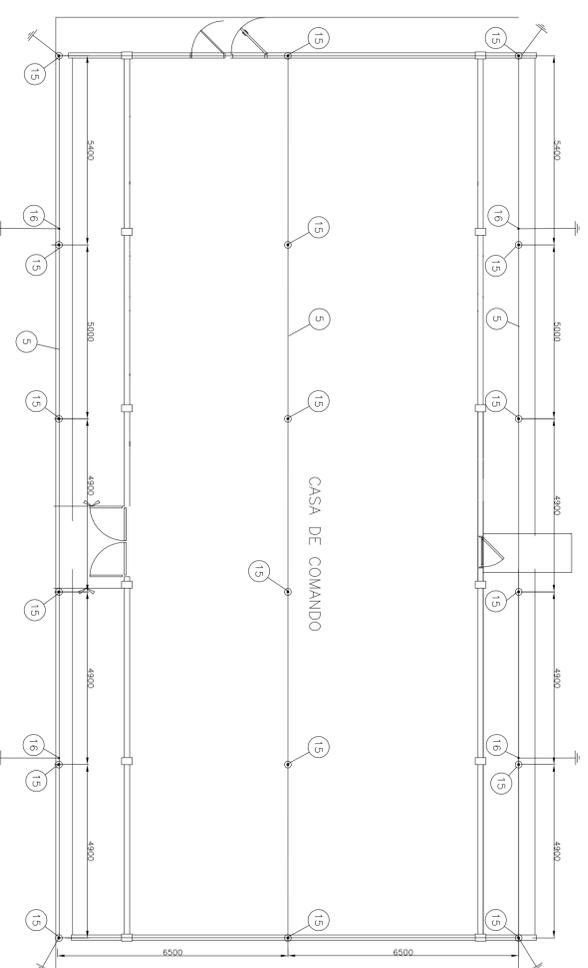
PLANTA CHAVE



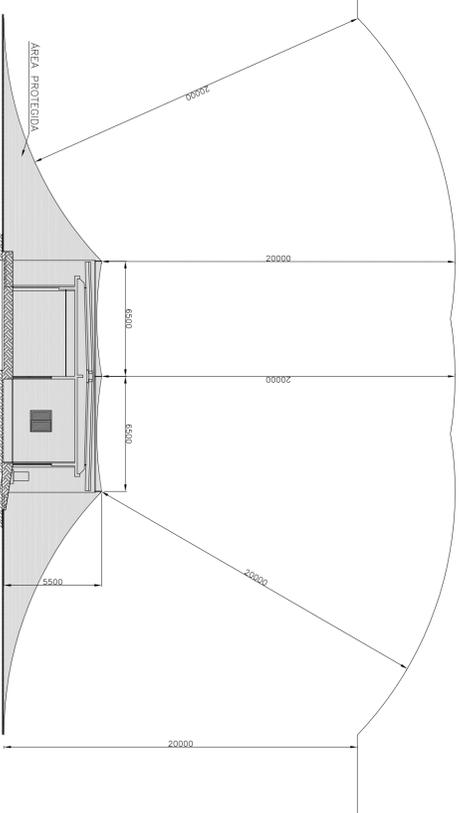
PLANTA
ESC. 1/250

LISTA DE MATERIAL

ITEM	QT	UNID.	DESCRIÇÃO
1	76	pc	ARRUELA LISA EM AÇO GALVANIZADO Ø1/4" REF: DP 619 DISPAN OU SIMILAR.
2	24	pc	ARRUELA DE VEDAÇÃO EM NEOPRENE Ø1/4" REF: TEL 5307 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
3	32	pc	BRANQUEIRA TIPO "D" COM CUNHA PARA ELETRODUTO Ø1" REF: DP 630-3 DISPAN OU SIMILAR.
4	92	pc	BUGHA DE NTCION 5-10. REF: 624 DISPAN OU SIMILAR.
5	150	m	CAPO DE COBRE NU 35mm ² . REF: FIOCA OU SIMILAR.
6	18	pc	CAVA DE INSPEÇÃO SUSPENSÃO, EM POLIAMIDA 150X110X70mm PARA ELETRODUTO Ø1"
7	18	pc	CONECTOR DE PRESSÃO EM NYLON COM PARAFUSO ROSCA MECÂNICA Ø3/32" PARA CABO DE COBRE NU 35mm ² . REF: TEL 581 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
8	8	pc	CONECTOR DE MEDIÇÃO EM BRONZE COM 4 PARAFUSOS. REF: TEL 580 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
9	8	pc	ELETRODUTO DE PVC RÍGIDO. ROSQUEADO. Ø1", COM LUVAS EM VAREAS DE 3m.
10	3	pc	FITA CHATA PERFORADA 38X3000mm. REF: DP 516 DISPAN OU SIMILAR.
11	28	pc	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA ROSCA SOBEREBA Ø1/4"x50mm. REF: DP 617 DISPAN OU SIMILAR.
12	64	pc	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA Ø1/4"x2.1/2" C/ BORÇA. REF: DP614 DISPAN OU SIMILAR.
13	48	pc	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA Ø1/4"x2.1/2" C/ BORÇA. REF: DP614 DISPAN OU SIMILAR.
14	8	pc	SUPORTE GUIA SIMPLES. ATUÍDA H=200mm x Ø9/16". COM BASE PARA 2 TUBOS. REF: TEL 280 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
15	18	pc	TERMINAL AÉRIO EM AÇO GALVANIZADO A FOGO. H=350mm x Ø5/16" COM FIXAÇÃO HORIZONTAL E BANDEIRA A 200mm. REF: TEL 042 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
16	8	pc	CONECTOR DERIVAÇÃO "T" EM BRONZE ESTANHADO, PARA CABO DE COBRE NU 35mm ² PASSANTE E NA DERIVAÇÃO. REF.: TU-100 DELTA STAR OU SIMILAR.



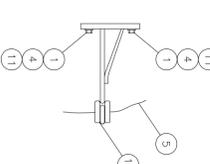
VISTA FRONTAL
PROTEÇÃO DAS HASTES PR (CASA DE COMANDO)
VISTA FRONTAL
ESC. 1/200



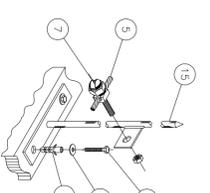
VISTA LATERAL
PROTEÇÃO DAS HASTES PR (CASA DE COMANDO)
VISTA LATERAL
ESC. 1/200

LEGENDA

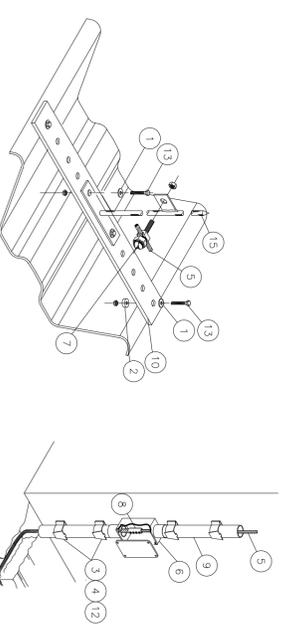
- - TERMINAL AÉRIO H=350mm X Ø5/16" COM BANDEIRA NA HORIZONTAL TIPO A.
- - CABO DE COBRE NU MEO DURO DE 35mm².
- ① - ITEM DA LISTA



DETALHE "A"
SEM ESCALA



DETALHE "B"
FIXAÇÃO EM ALVENARIA SEM ESCALA

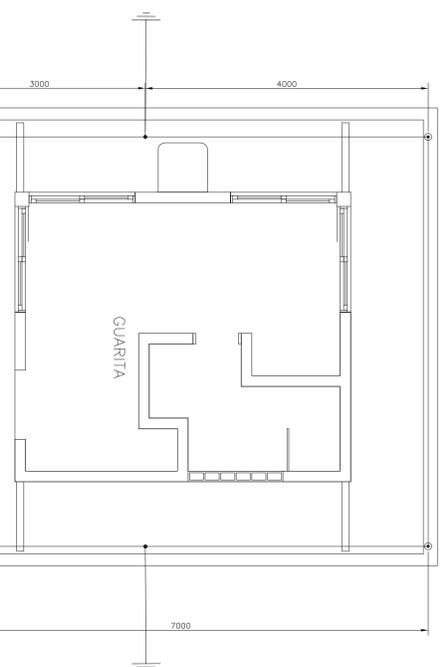


DETALHE "C"
FIXAÇÃO NA TELHA SEM ESCALA

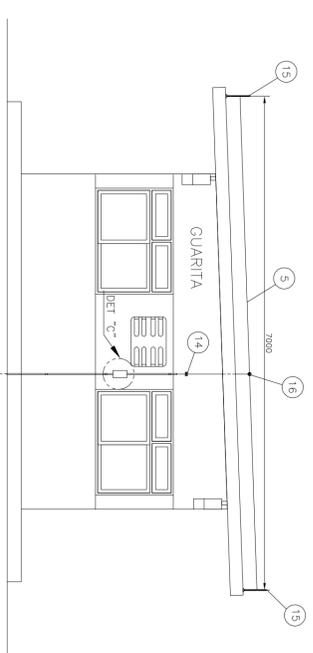
DETALHE "D"
FIXAÇÃO EM ALVENARIA SEM ESCALA

LISTA DE MATERIAL

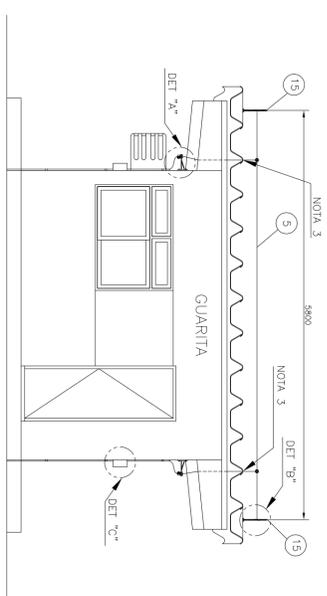
ITEM	QT	UNID.	DESCRIÇÃO
1	20	pc	ARRUELA LISA EM AÇO GALVANIZADO Ø1/4" REF: DP 619 DISPAN OU SIMILAR.
2	8	pc	ARRUELA DE VEDAÇÃO EM NEOPRENE Ø1/4" REF: TEL 5307 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
3	8	pc	BRACADEIRA TIPO "D" COM CUNHA PARA ELETRODUTO Ø1". REF: DP 630-3 DISPAN OU SIMILAR.
4	20	pc	BUCHA DE NTCION S-10. REF: 624 DISPAN OU SIMILAR.
5	35	m	CABO DE COBRE NU 35mm ² . REF: FIOA OU SIMILAR.
6	4	pc	CAIXA DE INSPEÇÃO SUSPENS. EM POLIAMIDA 150x110x70mm PARA ELETRODUTO Ø1".
7	4	pc	CONECTOR EM LARGO COM PARAFUSO ROSCA MECÂNICA Ø3/16" PARA CABO CONECTOR DE MEDIÇÃO EM BRONZE COM 4 PARAFUSOS. REF: TEL 560 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
8	2	pc	ELETRODUTO DE PVC RÍGIDO. ROSQUEADO. Ø1". COM LUVAS EM VÁRIAS DE 3m.
9	2	pc	REF: TIGRE OU SIMILAR.
10	1	pc	FITA CHATA PERFORADA 38x3000m.
11	4	pc	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA ROSCA SOBEREBA Ø1/4"x50mm. REF: DP 617 DISPAN OU SIMILAR.
12	16	pc	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA Ø1/4"x2.1/2" C/ BOBÇA. REF: DP614 DISPAN OU SIMILAR.
13	16	pc	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA Ø1/4"x2.1/2" C/ BOBÇA. REF: DP614 DISPAN OU SIMILAR.
14	2	pc	SUPORTE GUIA SIMPLIST. ALTURA H=200mm x Ø9/16". COM BASE PARA 2 TUBOS. REF: TEL 280 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
15	4	pc	TERMINAL AÉREO EM AÇO GALVANIZADO A FIO. H=350mm x Ø5/16" COM FIAÇÃO HORIZONTAL E BANDEIRA A 200mm. REF: TEL 042 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
16	2	pc	CONECTOR DERIVAÇÃO "T" EM BRONZE ESTANHADO, PARA CABO DE COBRE NU 35mm ² PASSANTE E NA DERIVAÇÃO. REF.: TU-100 DELTA STAR OU SIMILAR.



PLANTA BAIXA
ESC. 1/50



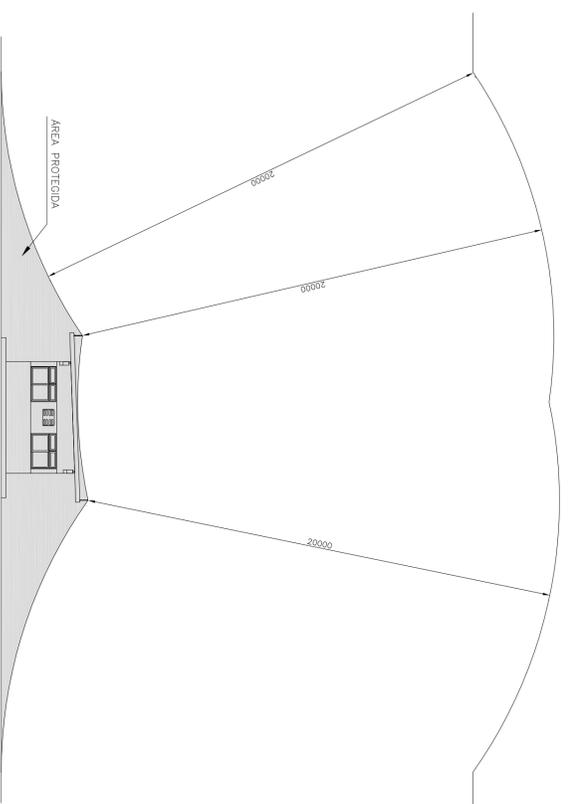
VISTA LATERAL
ESC. 1/50



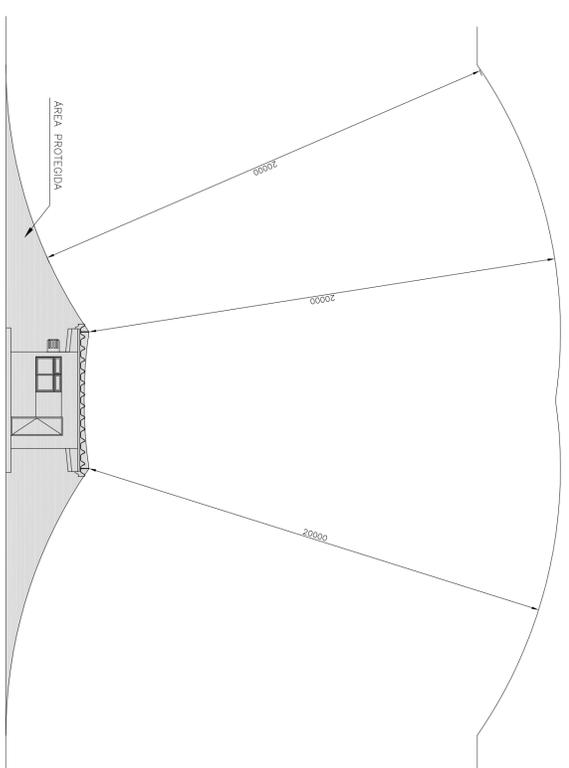
FACHADA FRONTAL
ESC. 1/50

LEGENDA

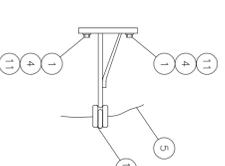
- ⊙ - TERMINAL AÉREO H=350mm X Ø5/16" COM BANDEIRA NA HORIZONTAL TIPO A.
- - CABO DE COBRE NU MEO DURO DE 35mm².
- ① - ITEM DA LISTA



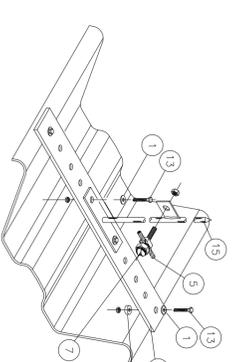
VISTA LATERAL
ESC. 1/150



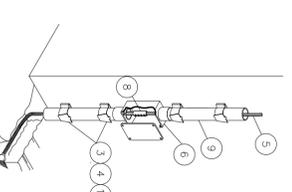
VISTA FRONTAL
ESC. 1/150



DETALHE "A"
SEM ESCALA



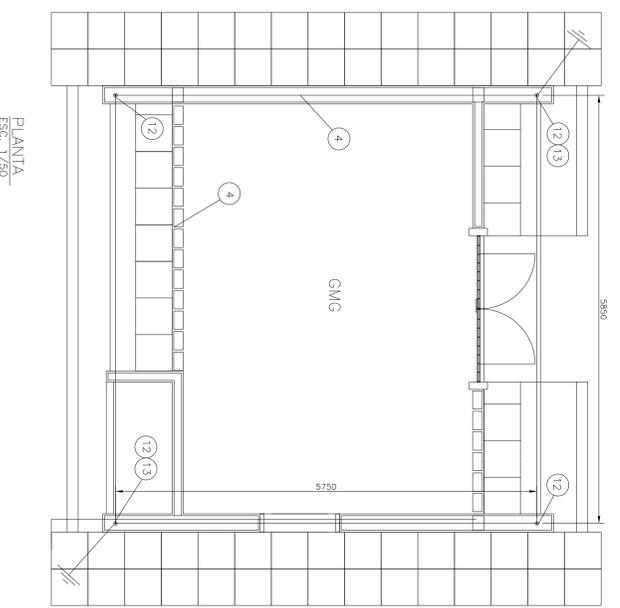
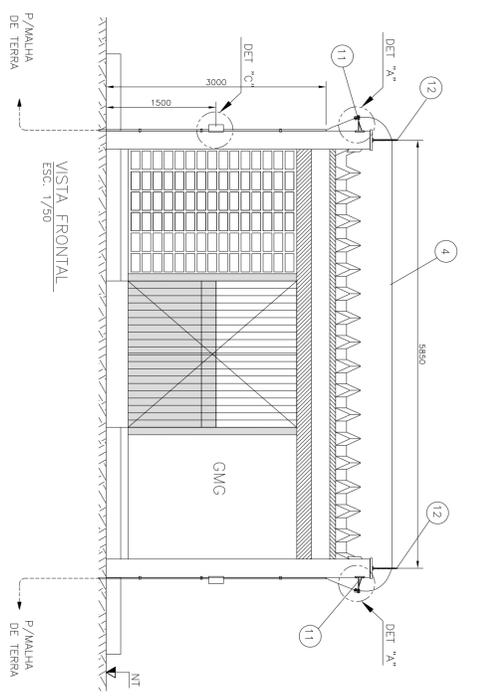
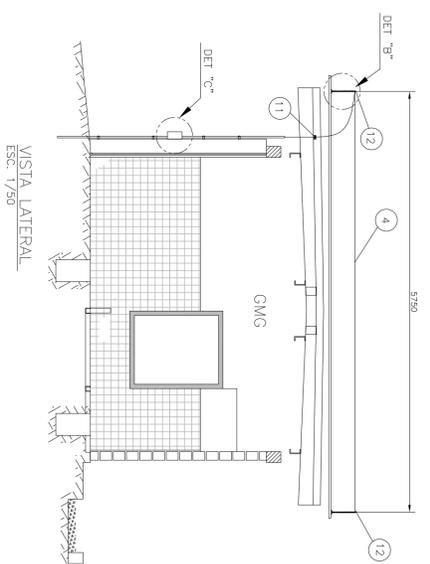
DETALHE "B"
SEM ESCALA



DETALHE "C"
SEM ESCALA

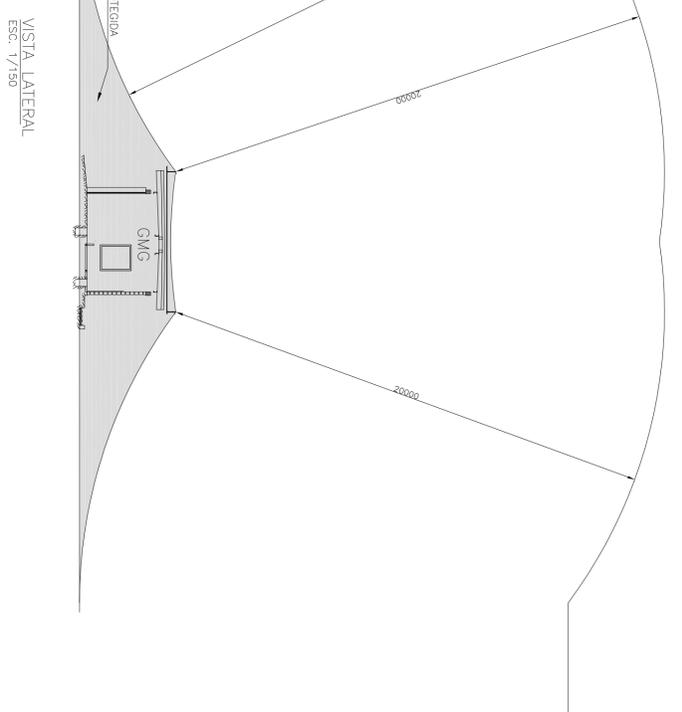
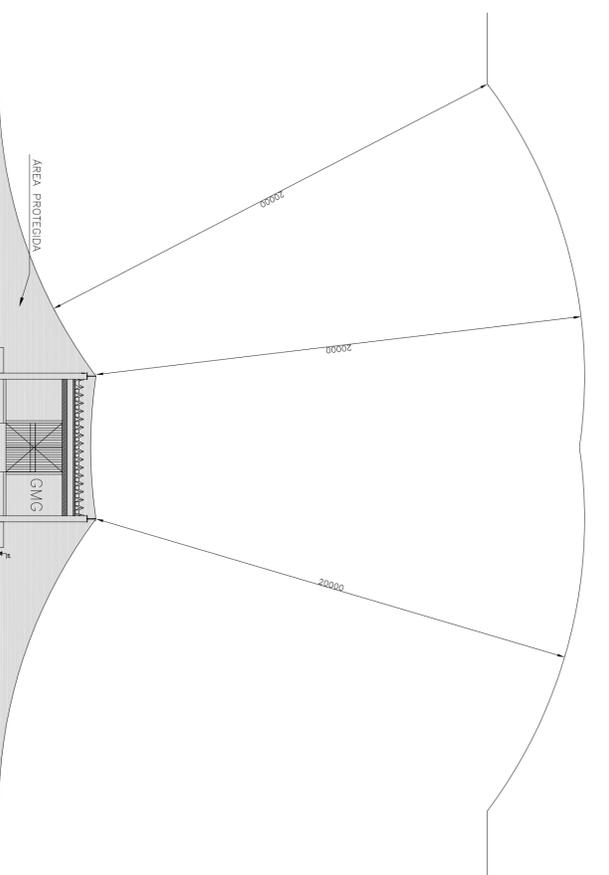
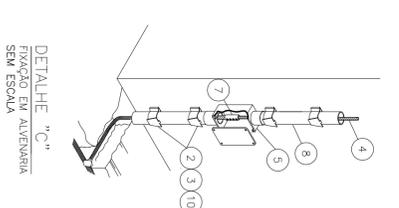
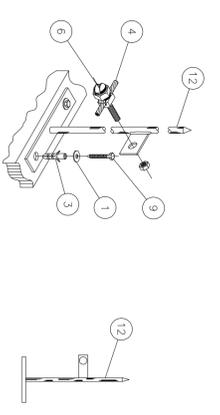
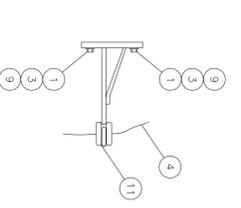
LISTA DE MATERIAL

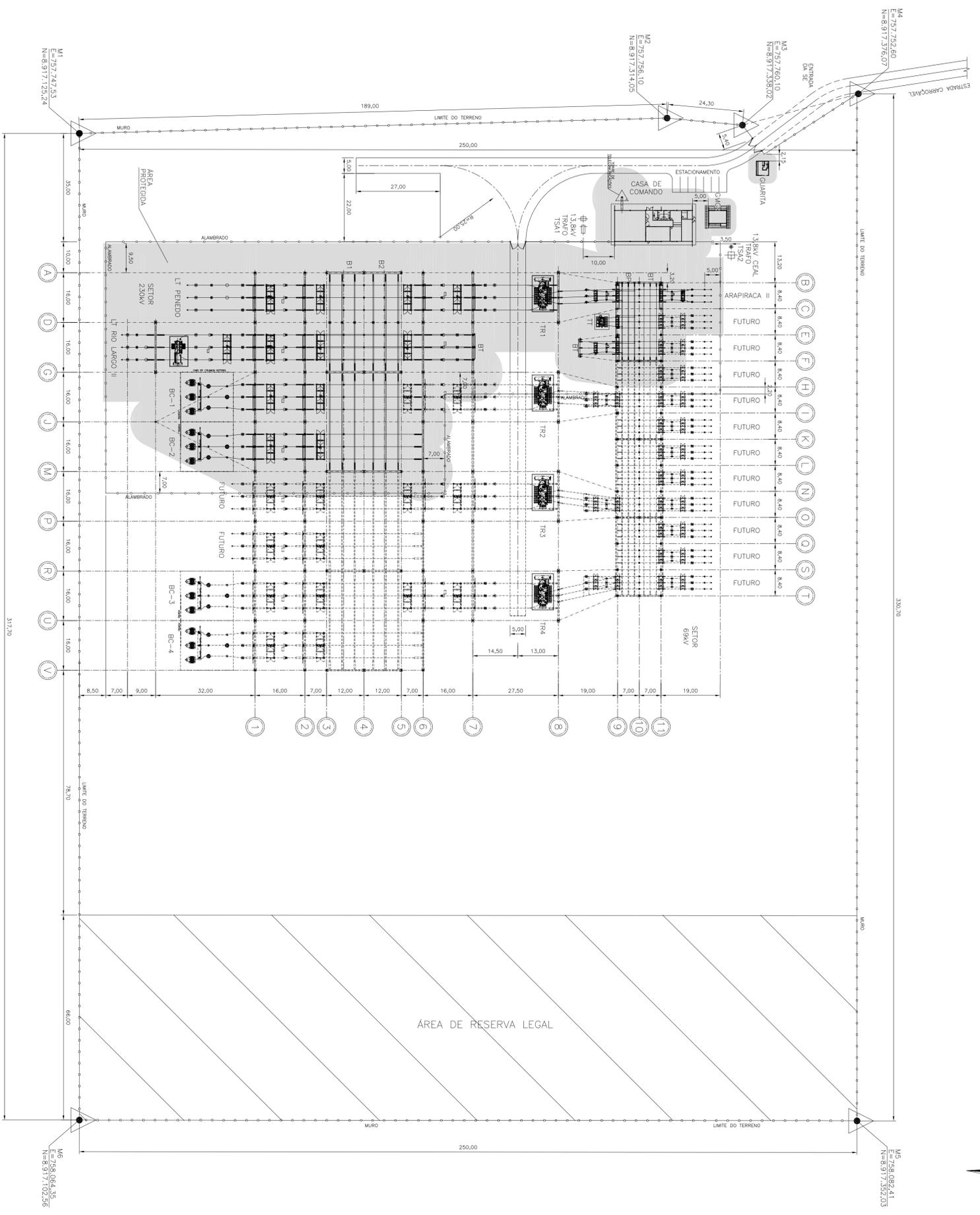
ITEM	QT	UNID.	DESCRIÇÃO
1	12	pc	ARRUELA LISA EM AÇO GALVANIZADO Ø17/4". REF: DP 619 DISPAN OU SIMILAR.
2	8	pc	BRACADEIRA TIPO "D" COM CUNHA PARA ELTRODUTO Ø1". REF: DP 630-3 DISPAN OU SIMILAR.
3	20	pc	BUCHA DE NYLON S-10. REF: 624 DISPAN OU SIMILAR.
4	40	m	CABO DE COBRE NU 35mm ² . REF: FICAP OU SIMILAR.
5	2	pc	CAIXA DE INSPEÇÃO SUSPENSÃO, EM POLIAMIDA 150x110x70mm PARA ELTRODUTO Ø1". REF: TEL 541 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
6	4	pc	CONECTOR DE PRESSEAO EM LATA COM RABECHO, ROSCA MECANICA Ø3/8" PARA CABO DE AÇO GALVANIZADO Ø1". REF: TEL 580 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
7	2	pc	CONECTOR DE MEDIÇÃO EM BRONZE COM 4 PARAFUSOS. REF: TEL 580 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
8	2	pc	ELTRODUTO DE PVC RIGIDO, ROSQUELADO, Ø1". COM LUZAS EM VARS DE 5m. REF: TIGRE OU SIMILAR.
9	12	pc	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA ROSCA SOBERBA Ø17/4"x50mm. REF: DP 617 DISPAN OU SIMILAR.
10	16	pc	PARAFUSO CABEÇA REDONDA COM FENDA, ROSCA SOBERBA Ø17/4"x50mm. REF: DP 617 DISPAN OU SIMILAR.
11	2	pc	SUPORTE GUIA SIMPLES, ALTURA H=200mm x Ø5/16". COM BASE PARA 2 FURQS. REF: TEL 280 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
12	4	pc	TERMINAL AEREO EM AÇO GALVANIZADO, A FOGO, H=350mm x Ø5/16" COM FIXAÇÃO HORIZONTAL E BANDEIRA A 200mm. REF: TEL 042 TERMOTÉCNICA OU SIMILAR.
13	2	pc	CONECTOR DERIVAÇÃO "T" EM BRONZE ESTANHADO, PARA CABO DE COBRE NU 35mm ² . REF: TEL 100 BELTA 5MR OU SIMILAR.



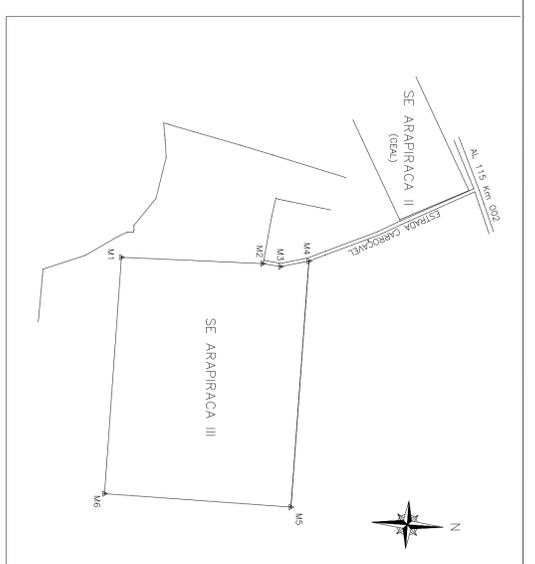
LEGENDA

- ⊗ - TERMINAL AEREO H=350mm X Ø5/16" COM BANDEIRA NA HORIZONTAL TIPO A.
- - CABO DE COBRE NU MEIO DURO DE 35mm².
- ① - ITEM DA LISTA





PLANTA
Esc. 1:750



PLANTA DE LOCALIZAÇÃO
SEM ESCALA

- LEGENDA
- ② - EIXO DE REFERÊNCIA
 - - - - - CABO PARA-RAIOS
 - - - - - MURO
 - - - - - ALAMBRAÇO
 - - - - - INSTALAÇÃO FUTURA
 - ▭ - ÁREA DE PROTEÇÃO DE BLINDAGEM ATMOSFÉRICA

