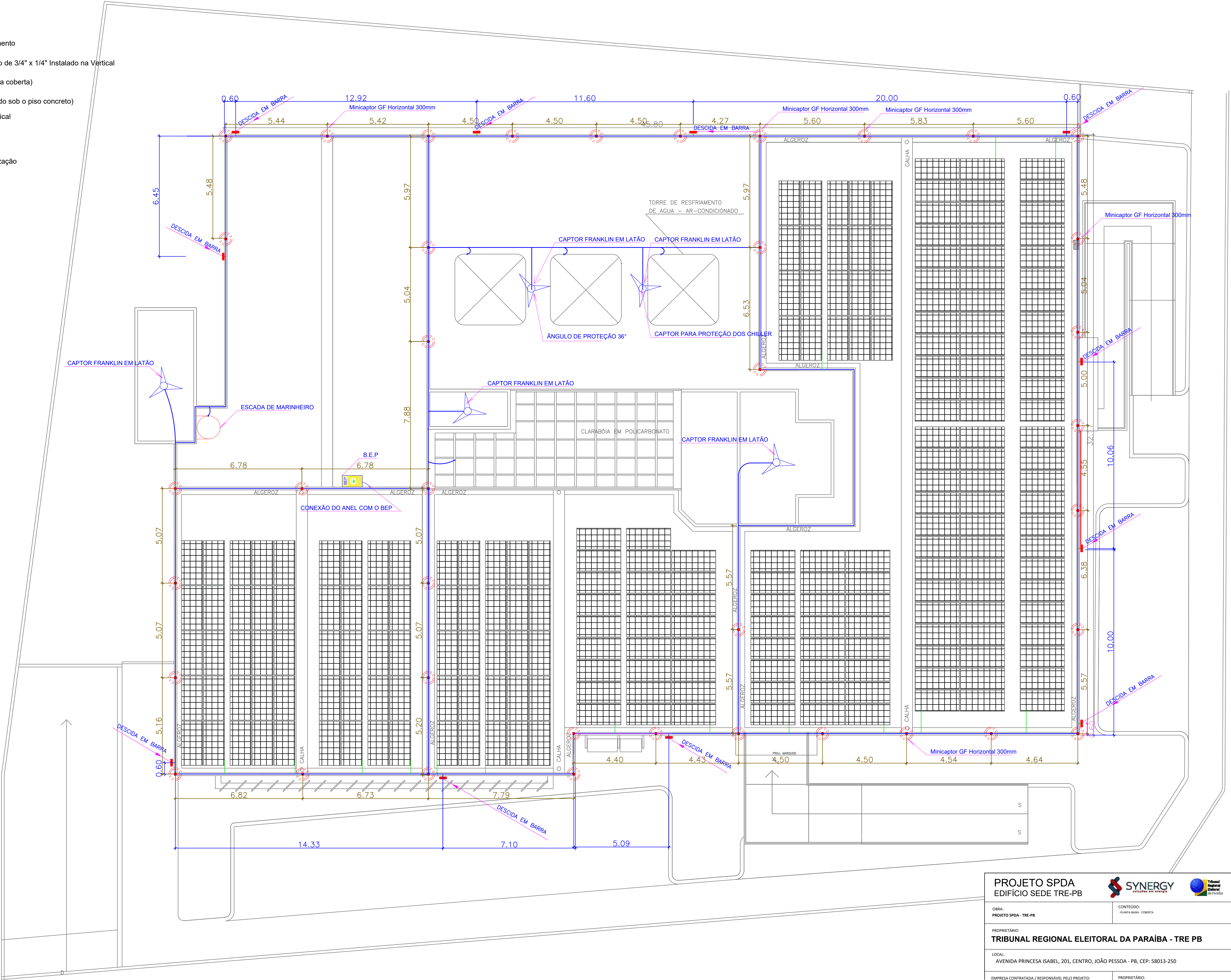


CONVENÇÕES

- Terminais Aéreos mini captor
- CX. P/ Inspeção e Haste de Aterramento
- Descida em Barra Chata de Alumínio de 3/4" x 1/4" Instalado na Vertical
- Cabo de Cobre nu Ø 35mm² (Sobre a cobertura)
- Cabo de Cobre nu Ø 50mm² (Aterrado sob o piso concreto)
- Cabo de Cobre nu Instalado na Vertical
- Caixa de inspeção
- BEP - Barramento de Equipotencialização

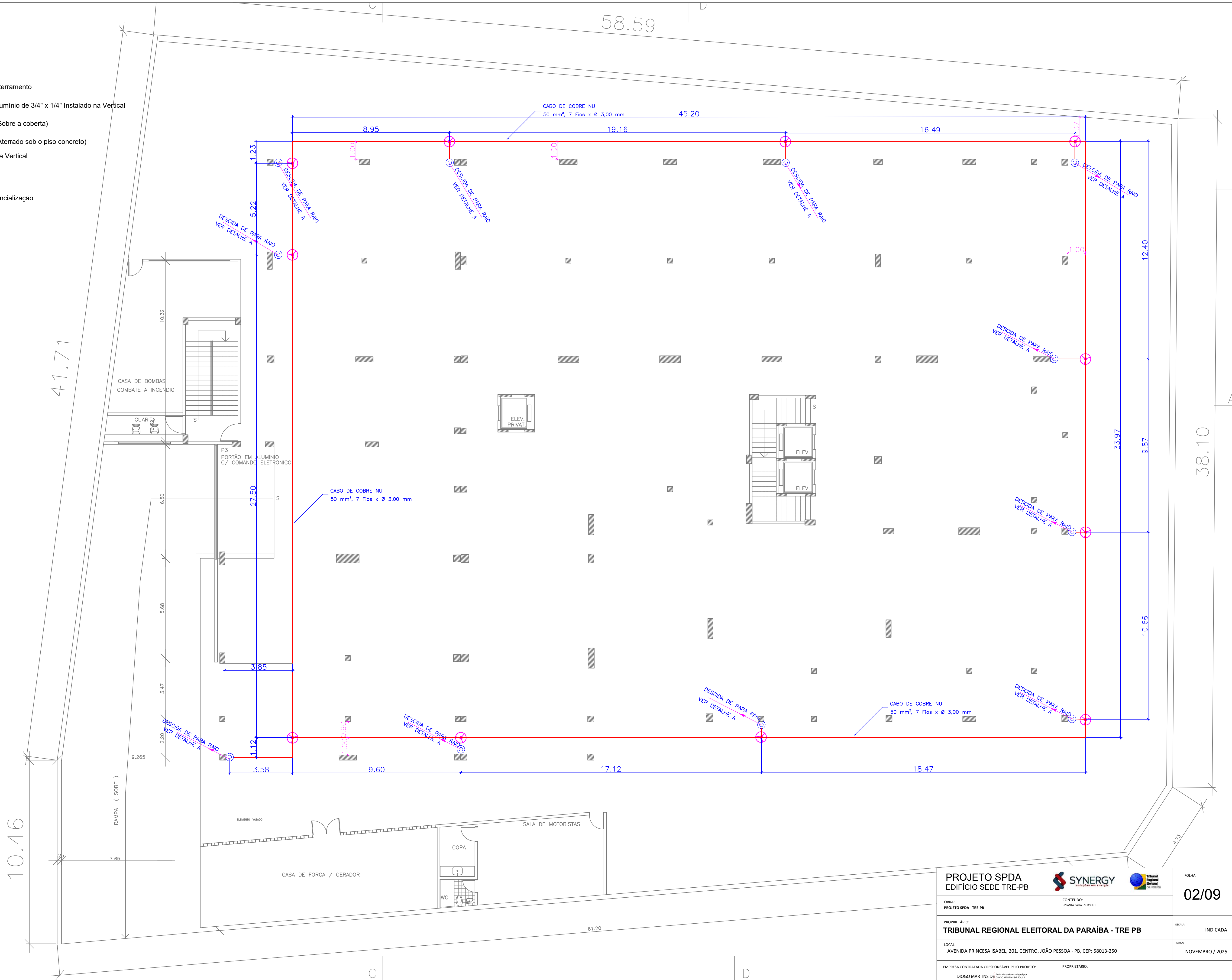


PLANTA DE COBERTA
ESCALA 1:100

PROJETO SPDA EDIFÍCIO SEDE TRE-PB		 SYNERGY <small>SOLUÇÕES EM ENERGIA</small>	 Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba	FOLHA
OBRA: PROJETO SPDA - TRE-PB		CONTEÚDO: - PLANTA BARRA - COBERTA		01/09
PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB				ESCALA: INDICADA
LOCAL: AVENIDA PRINCESA ISABEL, 201, CENTRO, JOÃO PESSOA - PB, CEP: 58013-250				DATA: NOVEMBRO / 2025
EMPRESA CONTRATADA / RESPONSÁVEL PELO PROJETO: DIOGO MARTINS DE SOUSA CAMPOS CPF: 32.257.800/0001-12 SYNERGY SOLUÇÕES EM ENERGIA Diogo Martins de Sousa Campos RNP: 1617943401		PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB CPF: 06.037.796/0003-60		

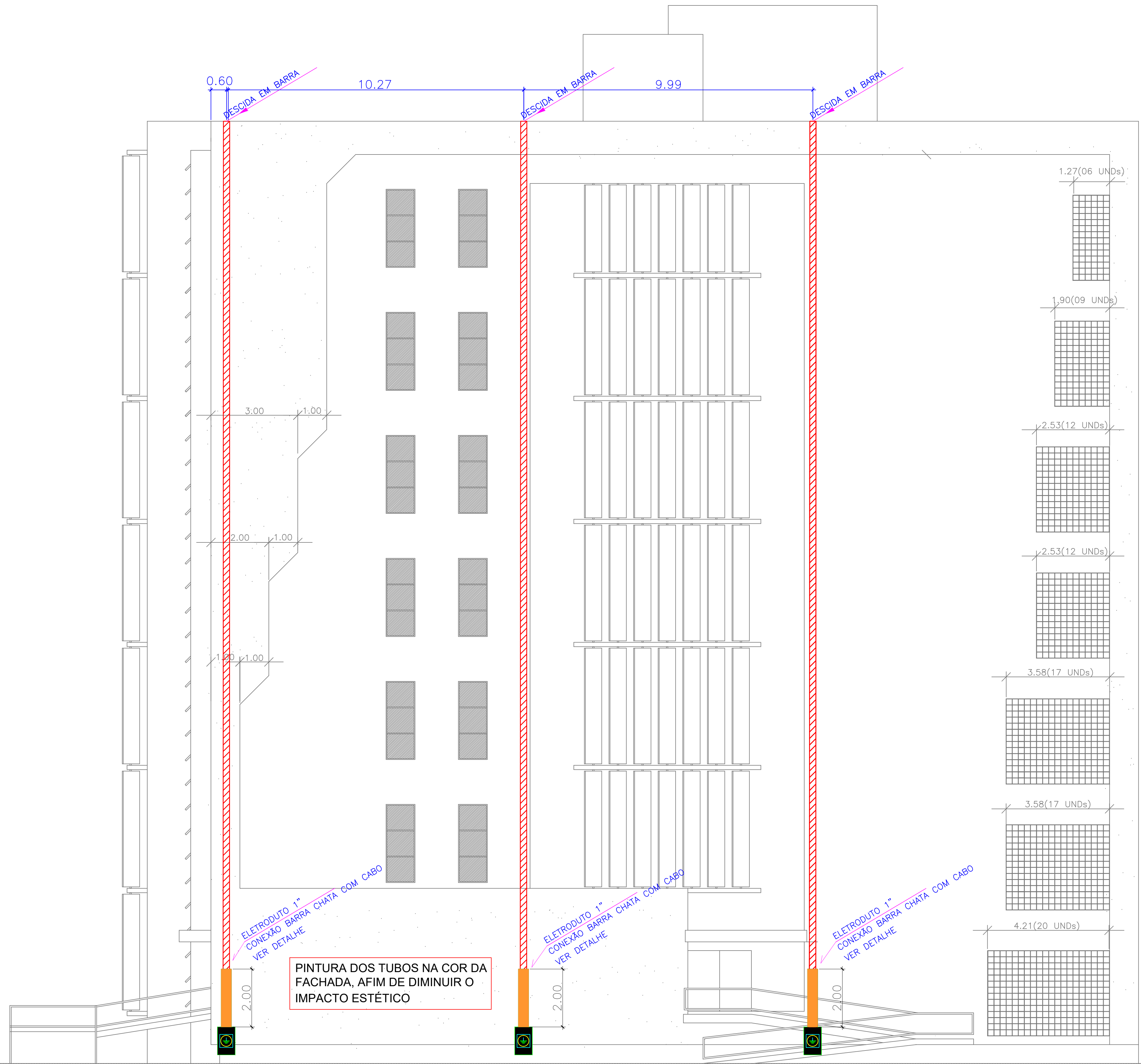
CONVENÇÕES

- Terminais Aéreos mini captor
- CX. P/ Inspeção e Haste de Aterramento
- Descida em Barra Chata de Alumínio de 3/4" x 1/4" Instalado na Vertical
- Cabo de Cobre nu Ø 35mm² (Sobre a cobertura)
- Cabo de Cobre nu Ø 50mm² (Aterrado sob o piso concreto)
- Cabo de Cobre nu Instalado na Vertical
- Caixa de inspeção
- BEP - Barramento de Equipotencialização



PLANTA BAIXA - SUBSOLO
ESCALA 1:100

PROJETO SPDA EDIFÍCIO SEDE TRE-PB				FOLHA 02/09
OBRA: PROJETO SPDA - TRE-PB	CONTEÚDO: - PLANTA BAIXA - SUBSOLO		ESCALA: INDICADA	
PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB				
LOCAL: AVENIDA PRINCESA ISABEL, 201, CENTRO, JOÃO PESSOA - PB, CEP: 58013-250				
EMPRESA CONTRATADA / RESPONSÁVEL PELO PROJETO: DIOGO MARTINS DE SOUSA CAMPOS CNPJ: 32.251.800/0001-12 SYNERGY SOLUÇÕES EM ENERGIA Diogo Martins de Sousa Campos RNP: 1617943401			PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB CNPJ: 06.037.796/0001-60	

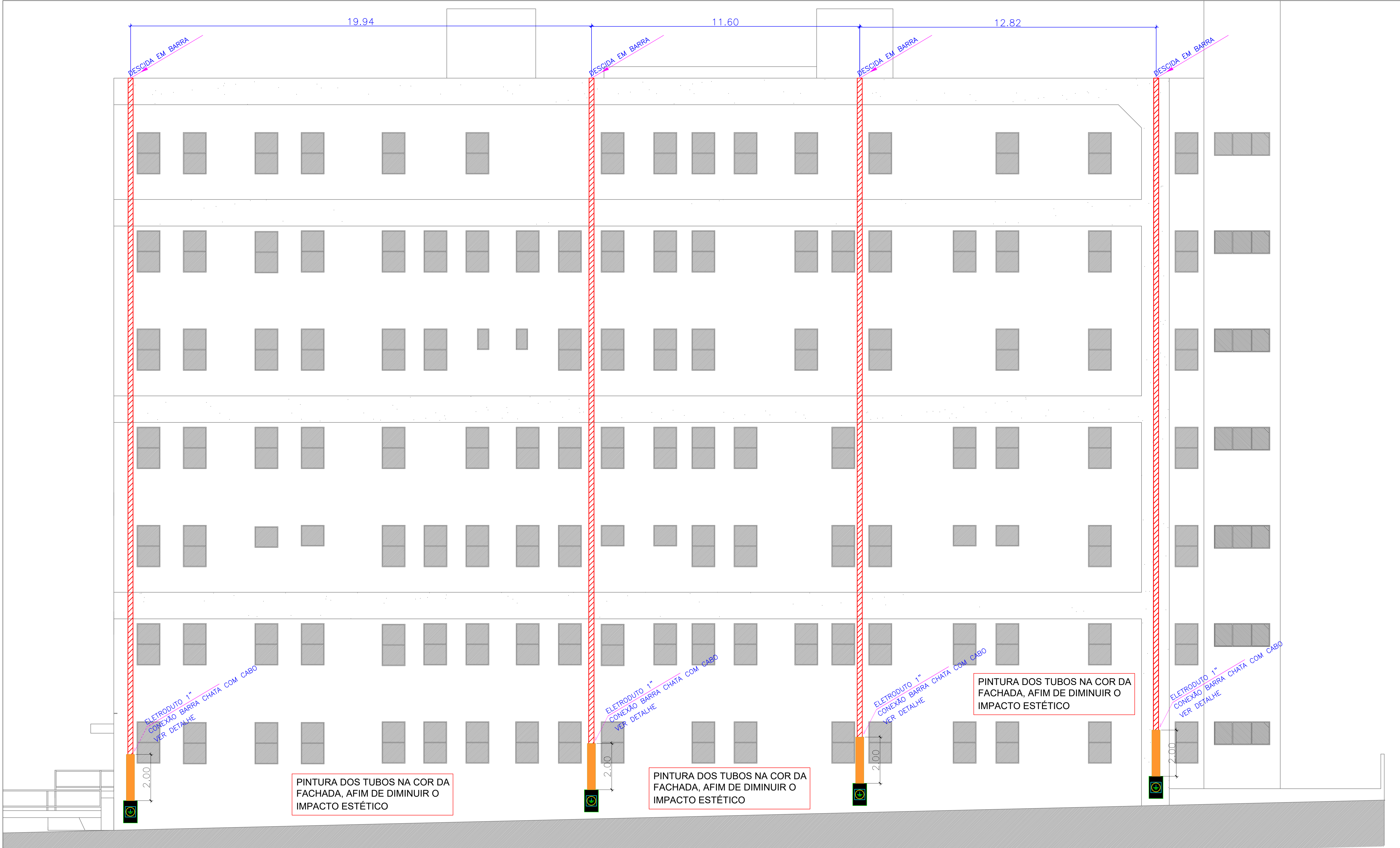


CONVENÇÕES

- Terminais Aéreos mini captor
- CX. P/ Inspeção e Haste de Aterramento
- Descida em Barra Chata de Alumínio de 3/4" x 1/4" Instalado na Vertical
- Cabo de Cobre nu Ø 35mm² (Sobre a cobertura)
- Cabo de Cobre nu Ø 50mm² (Aterrado sob o piso concreto)
- Cabo de Cobre nu Instalado na Vertical
- Caixa de inspeção
- BEP - Barramento de Equipotencialização

FACHADA SUDOESTE
ESCALA 1:75

OBRA: PROJETO SPDA - TRE-PB		CONTEÚDO: - FACHADA SUDOESTE	FOLHA 03/09
PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB		ESCALA: INDICADA	DATA: NOVEMBRO / 2025
LOCAL: AVENIDA PRINCESA ISABEL, 201, CENTRO, JOÃO PESSOA - PB, CEP: 58013-250		EMPRESA CONTRATADA / RESPONSÁVEL PELO PROJETO: DIOGO MARTINS DE SOUSA CAMPOS Assinado de forma digital por DIOGO MARTINS DE SOUSA CAMPOS Data: 2025.11.19 15:09:49 -03'00' SYNERGY SOLUÇÕES EM ENERGIA Diogo Martins de Sousa Campos RNP: 1617943401	
PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB CPF: 06.017.796/0001-60			



FACHADA SUDESTE
ESCALA 1:75


CONVENÇÕES

- Terminais Aéreos mini captor
- CX. P/ Inspeção e Haste de Aterramento
- Descida em Barra Chata de Alumínio de 3/4" x 1/4" Instalado na Vertical
- Cabo de Cobre nu Ø 35mm² (Sobre a cobertura)
- Cabo de Cobre nu Ø 50mm² (Aterrado sob o piso concreto)
- Cabo de Cobre nu Instalado na Vertical
- Caixa de inspeção
- BEP - Barramento de Equipotencialização

PROJETO SPDA EDIFÍCIO SEDE TRE-PB		 SYNERGY soluções em energia	 Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba	FOLHA 04/09
OBRA: PROJETO SPDA - TRE-PB		CONTEÚDO: FACHADA SUDESTE		
PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB		ESCALA: INDICADA		
LOCAL: AVENIDA PRINCESA ISABEL, 201, CENTRO, JOÃO PESSOA - PB, CEP: 58013-250		DATA: NOVEMBRO / 2025		
EMPRESA CONTRATADA / RESPONSÁVEL PELO PROJETO: DIOGO MARTINS DE SOUSA CAMPOS CPF: 32.257.800/0001-12 SYNERGY SOLUÇÕES EM ENERGIA Diogo Martins de Sousa Campos RNP: 1617943401		PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB CPF: 06.037.796/0003-60		



- ### CONVENÇÕES
- Terminais Aéreos mini captor
 - CX. P/ Inspeção e Haste de Aterramento
 - Descida em Barra Chata de Alumínio de 3/4" x 1/4" Instalado na Vertical
 - Cabo de Cobre nu Ø 35mm² (Sobre a coberta)
 - Cabo de Cobre nu Ø 50mm² (Aterrado sob o piso concreto)
 - Cabo de Cobre nu Instalado na Vertical
 - Caixa de inspeção
 - BEP - Barramento de Equipotencialização



PROJETO SPDA EDIFÍCIO SEDE TRE-PB		 	FOLHA
OBRA: PROJETO SPDA - TRE-PB		CONTEÚDO: - FACHADA NORDESTE	05/09
PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB			ESCALA: INDICADA
LOCAL: AVENIDA PRINCESA ISABEL, 201, CENTRO, JOÃO PESSOA - PB, CEP: 58013-250			DATA: NOVEMBRO / 2025
EMPRESA CONTRATADA / RESPONSÁVEL PELO PROJETO: DIOGO MARTINS DE SOUSA CAMPOS SYNERGY SOLUÇÕES EM ENERGIA CPF: 32.257.800/0001-12 Diogo Martins de Sousa Campos RNP: 1617943401		PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB CPF: 06.037.796/0003-60	

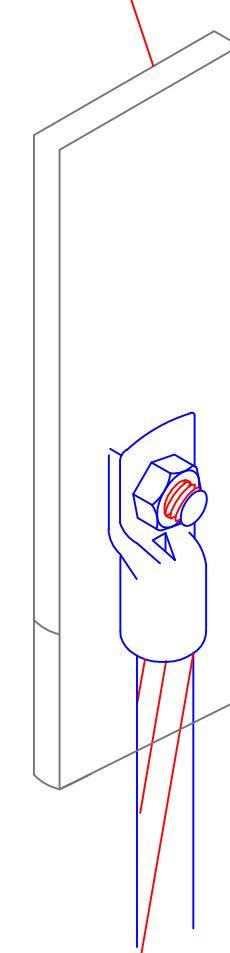
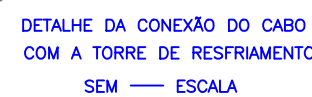
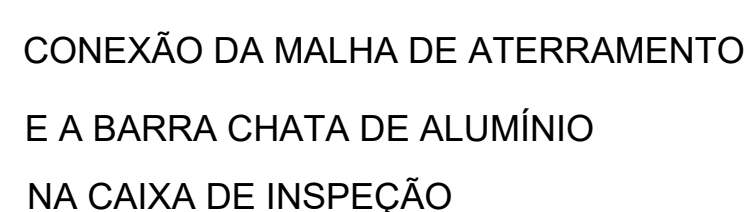
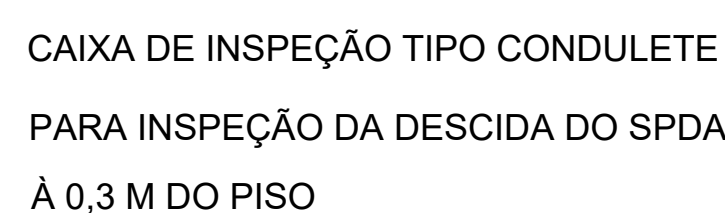
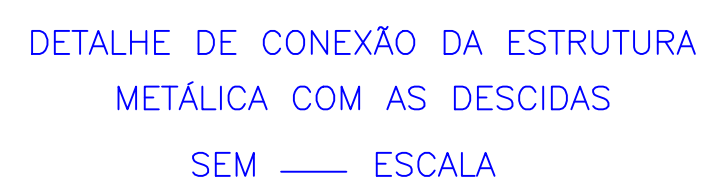
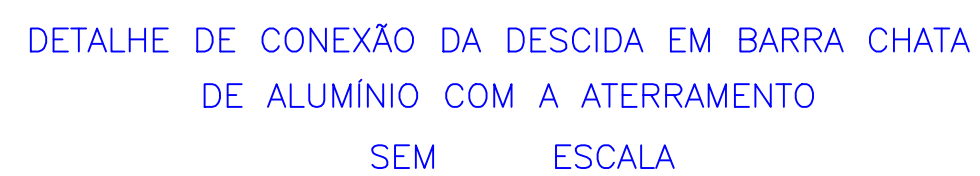
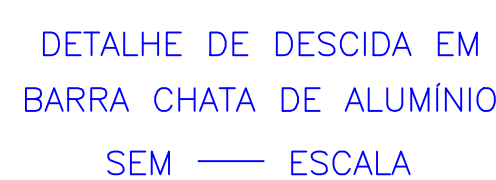
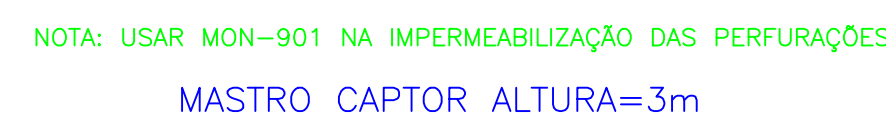
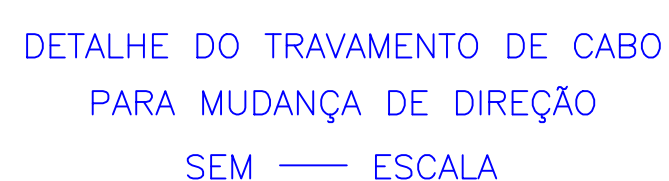
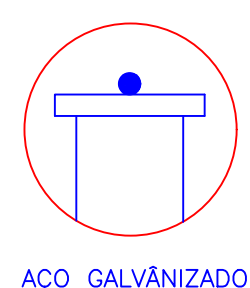


FACHADA NOROESTE
ESCALA 1:75

CONVENÇÕES

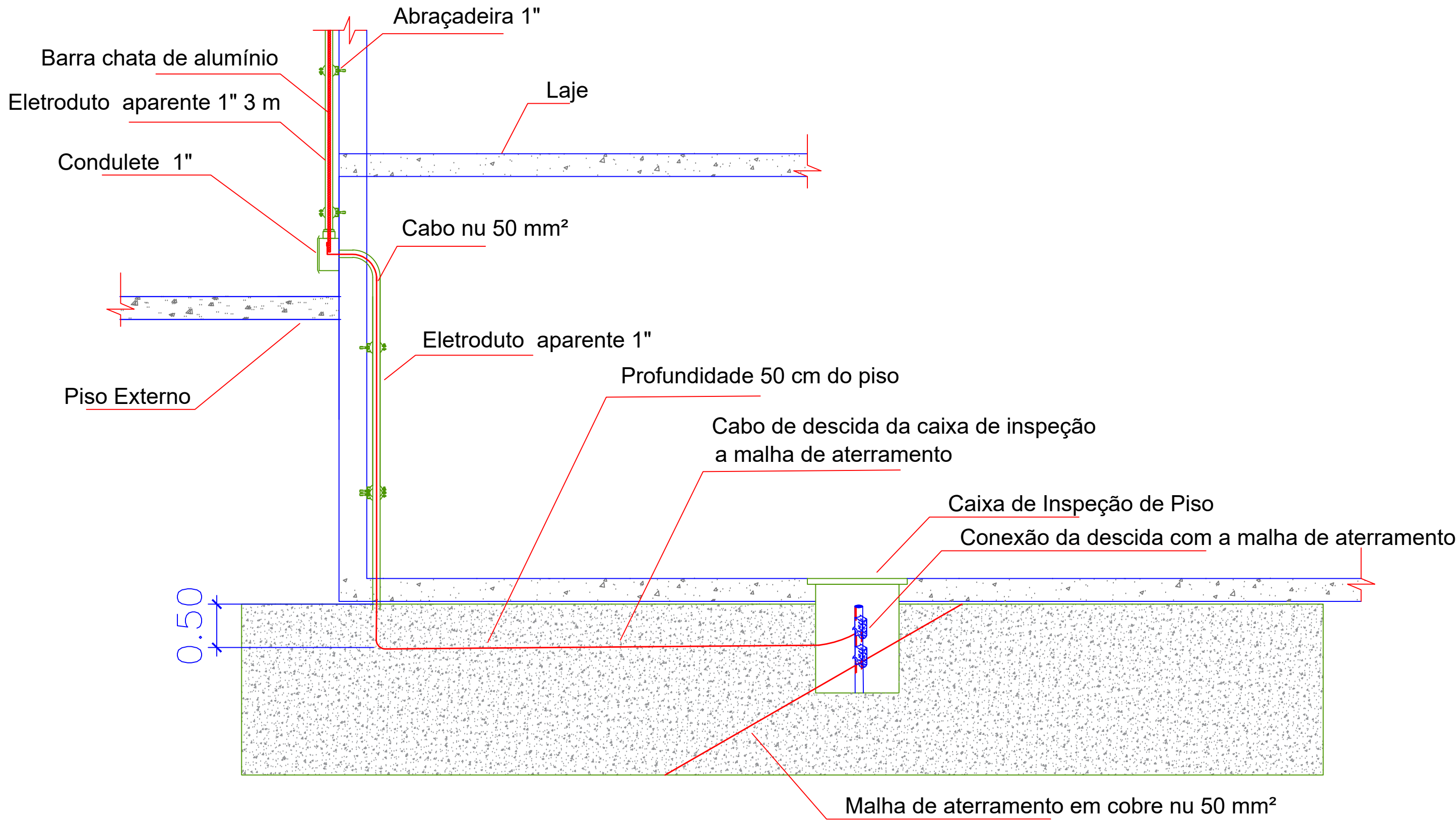
- Terminais Aéreos mini captor
- CX. P/ Inspeção e Haste de Aterramento
- Descida em Barra Chata de Alumínio de 3/4" x 1/4" Instalado na Vertical
- Cabo de Cobre nu Ø 35mm² (Sobre a cobertura)
- Cabo de Cobre nu Ø 50mm² (Aterrado sob o piso concreto)
- Cabo de Cobre nu Instalado na Vertical
- Caixa de inspeção
- BEP - Barramento de Equipotencialização

PROJETO SPDA EDIFÍCIO SEDE TRE-PB		 SYNERGY soluções em energia		FOLHA 06/09
OBRA: PROJETO SPDA - TRE-PB	CONTEÚDO: - FACHADA NOROESTE			
PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB				ESCALA: INDICADA
LOCAL: AVENIDA PRINCESA ISABEL, 201, CENTRO, JOÃO PESSOA - PB, CEP: 58013-250				DATA: NOVEMBRO / 2025
EMPRESA CONTRATADA / RESPONSÁVEL PELO PROJETO: DIOGO MARTINS DE SOUSA CAMPOS <small>Assinado de forma digital por DIOGO MARTINS DE SOUSA CAMPOS Data: 2025.11.19 13:11:15 -0300</small> SYNERGY SOLUÇÕES EM ENERGIA CNPJ: 32.257.860/0001-12 Diogo Martins de Sousa Campos RNP: 1617943401		PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB CNPJ: 06.037.796/0001-60		

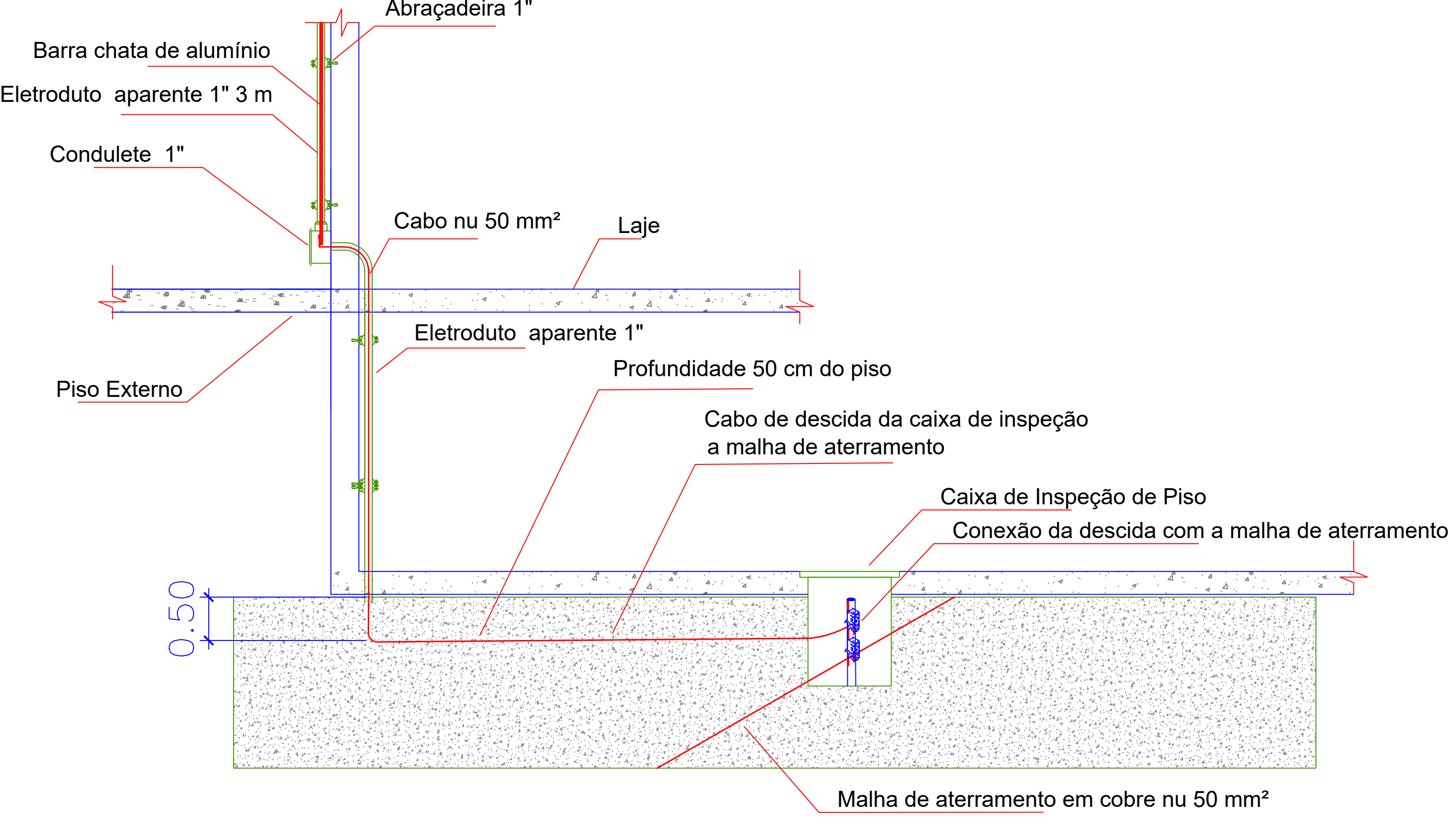


PROJETO SPDA EDIFÍCIO SEDE TRE- PB		 SYNERGY SOLUÇÕES EM ENERGIA	 Tribunal Regional Eleitoral DO PARÁIBA	FOLHA 07/09
OBRA: PROJETO SPDA - TRE- PB		CONTEÚDO: - DETALHES TÉCNICOS		
PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB				ESCALA: INDICADA
LOCAL: AVENIDA PRINCESA ISABEL, 201, CENTRO, JOÃO PESSOA - PB, CEP: 58013-250				DATA: NOVEMBRO / 2025
EMPRESA CONTRATADA / RESPONSÁVEL PELO PROJETO: DIOGO MARTINS DE SOUSA CAMPOS SYNERGY SOLUÇÕES EM ENERGIA CNPJ: 32.257.803/0001-32 Diogo Martins de Sousa Campos RNP: 162.798.602		PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB CNPJ: 06.017.798/0001-60		

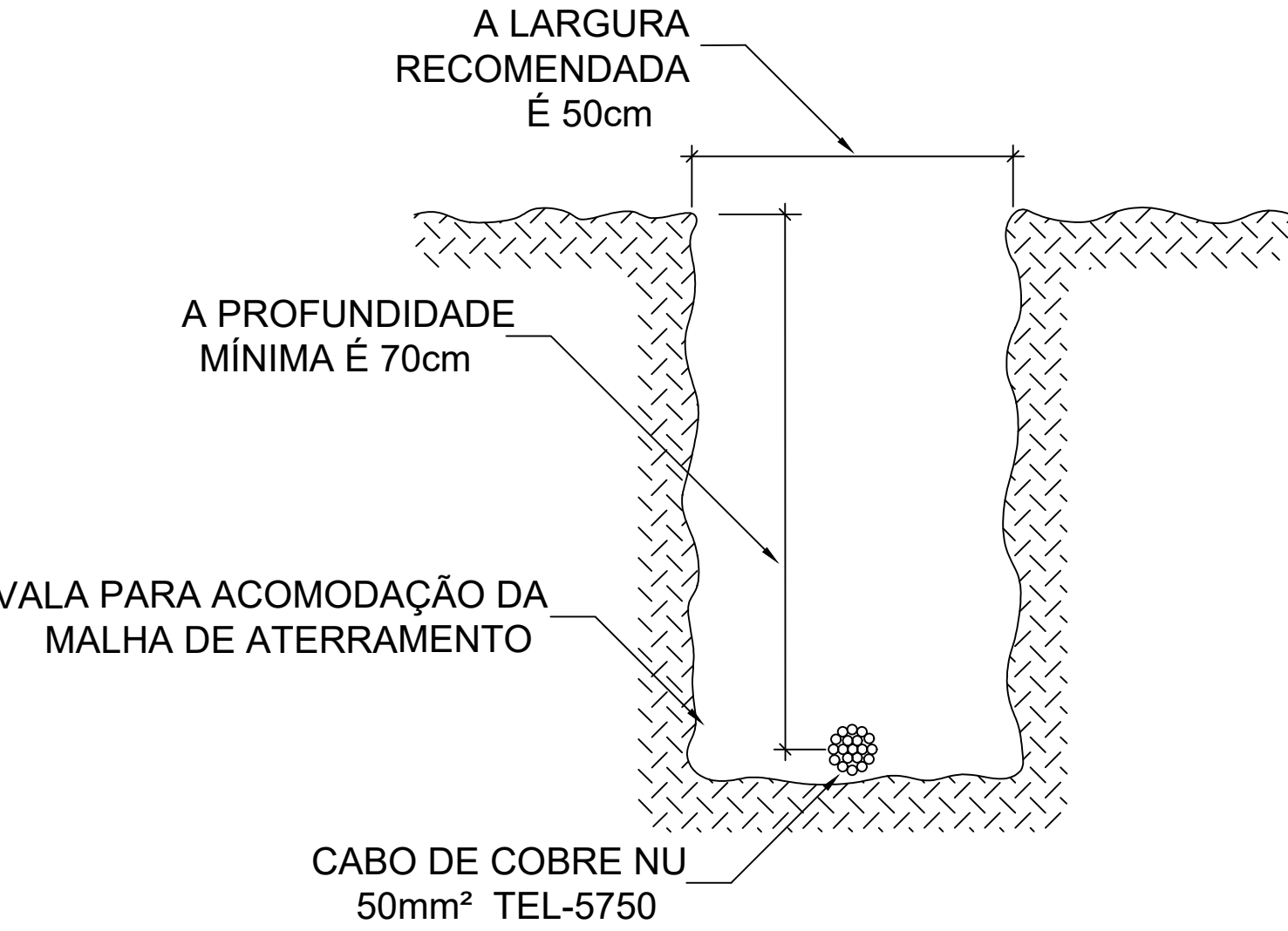
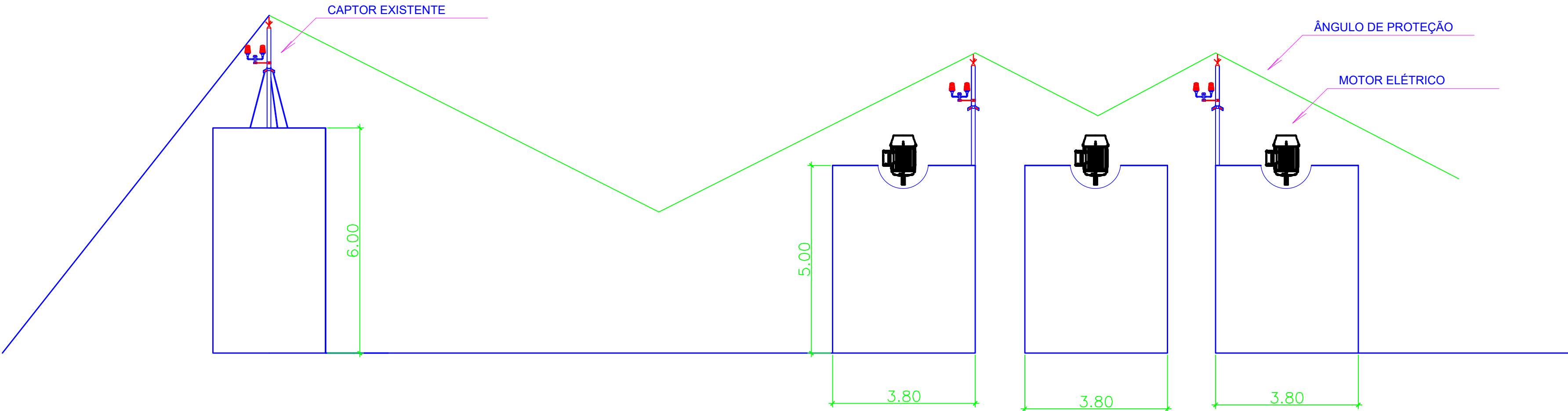
DETALHE FURO TIPO 1




DETALHE FURO TIPO 2

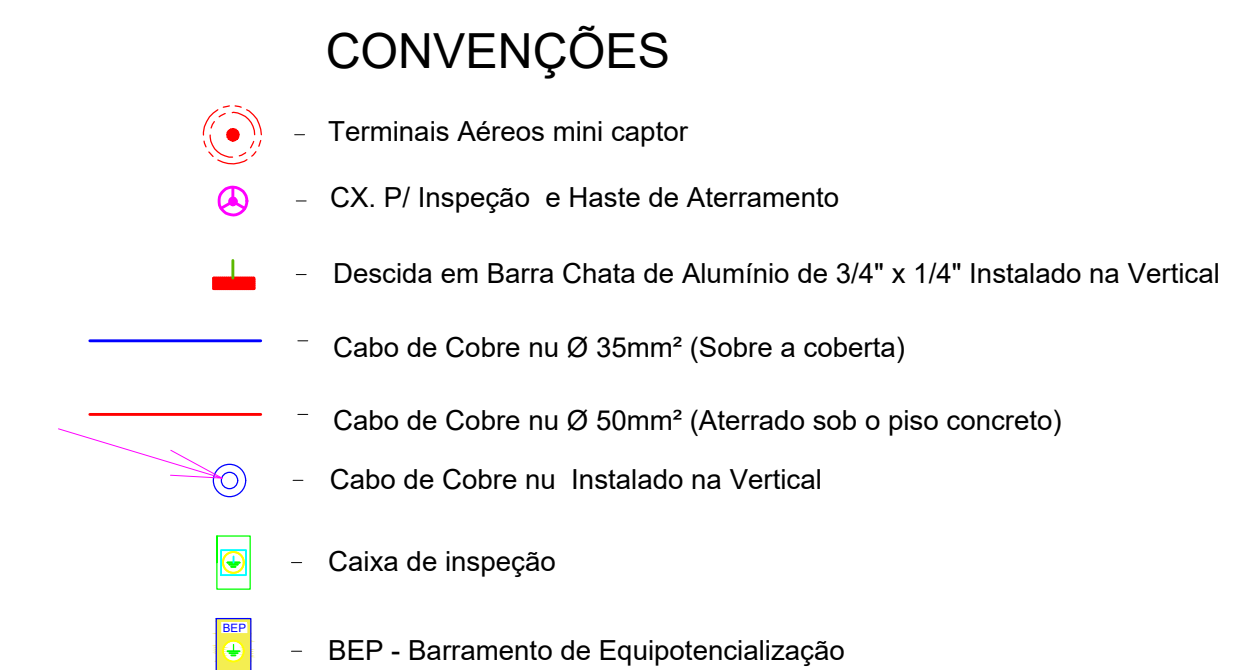




SPDA NÍVEL IV



DETALHE DA VALA PARA A MALHA DE ATERRAMENTO

PROJETO SPDA EDIFÍCIO SEDE TRE-PB		 		FOLHA
OBRA: PROJETO SPDA - TRE-PB		CONTEÚDO: DETALHES TÉCNICOS		08/09
PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB		ESCALA:		INDICADA
LOCAL: AVENIDA PRINCESA ISABEL, 201, CENTRO, JOÃO PESSOA - PB, CEP: 58013-250		DATA:		NOVEMBRO / 2025
EMPRESA CONTRATADA / RESPONSÁVEL PELO PROJETO: DIOGO MARTINS DE SOUSA CAMPOS Assinatura de Responsável Técnico Inscrição Profissional de DSCA Cadastro Profissional 2015.19.18.12.120-0199 CPF: 32.257.803/0001-12 SYNERGY SOLUÇÕES EM ENERGIA Diogo Martins de Sousa Campos RNP: 1617943401		PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAIBA - TRE PB CPF: 06.037.796/0003-60		



 		FOLHA
PROJETO SPDA EDIFÍCIO SEDE TRE-PB		09/09
OSBA: PROJETO SPDA - TRE-PB	CONTEÚDO: - PLANTA BAIXA - DECISÃO EM BARBA CHATA DE ALUNADO	
PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB		ESCALA: INDICADA
LOCAL: AVENIDA PRINCESA ISABEL, 201, CENTRO, JOÃO PESSOA - PB, CEP: 58013-250		DATA: NOVEMBRO / 2025
EMPRESA CONTRATADA / RESPONSÁVEL PELO PROJETO: DIOGO MARTINS DE SOUSA CAMPOS <small>Assinado de forma digital por DIOGO MARTINS DE SOUSA CAMPOS em 09/09/2025 às 11:10:12 (GMT-03:00)</small> SYNERGY SOLUTIONS EM ENERGIA <small>CNPJ: 32.257.803/0001-12</small> Diogo Martins de Sousa Campos <small>RUE - 161.786.54011</small>	PROPRIETÁRIO: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA - TRE PB <small>CNPJ: 06.017.796/0001-60</small>	



PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

MEMORIAL DESCRITIVO – SPDA

TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA (TER-PB)

João Pessoa/PB

Novembro/2025



synergysolucoes@gmail.com



Av. Piauí, 892
Bairro dos Estados
João Pessoa - Paraíba



(83) 99163-7543
(83) 99992-1095



PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

MEMORIAL DESCRITIVO – SPDA

Memorial descritivo de SPDA, elaborado para o TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA para adequação do sistema de proteção contra descargas atmosféricas visando a implantação de sistema de energia solar fotovoltaica.

Synergy Soluções em Energia
CNPJ: 32.257.803/0001-12
Contratada

TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA
Contratante





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

RESUMO

O presente memorial descreve o projeto do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) do Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba – TRE/PB, elaborado com base nas diretrizes técnicas das normas ABNT NBR 5419:2015, NBR 5410, NBR 15749, NR 10, NR 35 e demais recomendações de engenharia elétrica aplicáveis ao tema.

A edificação, localizada na Av. Princesa Isabel, 201 – João Pessoa/PB, encontra-se em área urbana consolidada. Após a avaliação de risco, definiu-se a adoção do Nível de Proteção IV, adequado ao tipo de edificação, características arquitetônicas e à futura implantação do sistema de energia solar fotovoltaico.

O projeto contempla a reconfiguração completa do SPDA, abrangendo os três subsistemas:

- Captação: instalação de captadores Franklin, malha superior em cobre e mini captadores para proteção adicional em áreas sensíveis.
- Descidas: redistribuição das descidas em barra de alumínio, com espaçamento uniforme e caixas de inspeção acessíveis.
- Aterramento: execução de malha em anel em cobre nu 50 mm², com 11 eletrodos verticais em hastes e equipotencialização completa da estrutura.

O memorial apresenta também o memorial de cálculo, incluindo área de exposição, dimensionamento das descidas, cálculo do perímetro, número de eletrodos necessários e determinação do raio médio equivalente, confirmando a eficiência do arranjo adotado e a dispensabilidade de eletrodos complementares.

O SPDA projetado assegura proteção eficaz contra descargas atmosféricas diretas e indiretas, reduzindo riscos estruturais, elétricos e





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

humanos, e garante condições adequadas para integração com o sistema fotovoltaico previsto. O documento traz ainda orientações detalhadas sobre métodos de instalação, materiais, inspeções, testes e verificações necessários para a certificação final do sistema.





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Sumário

<u>RESUMO EXECUTIVO</u>	3
<u>1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO</u>	7
<u>2. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA ELABORAÇÃO DO PROJETO</u>	7
<u>3. APRESENTAÇÃO</u>	8
<u>4. OBJETIVO</u>	9
<u>5. NORMAS APLICADAS</u>	10
<u>8. MÉTODO DE SELEÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO</u>	14
<u>9. MEMORIAL DE CÁLCULO</u>	15
<u>10. SPDA – SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS VIA MÉTODO DO ÂNGULO DE PROTEÇÃO (FRANKLIN)</u>	22
<u>10.1. CÁLCULO DO NÚMERO DE DESCIDAS</u>	23
<u>10.2. AFASTAMENTO ENTRE CONDUTORES DE DESCIDA</u>	25
<u>10.3. SEÇÃO DOS CONDUTORES DE CAPTAÇÃO E DE DESCIDA</u>	25
<u>10.4. NÚMERO DE ELETRODOS DE ATERRAMENTO</u>	26
<u>10.5. SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO</u>	26
<u>10.5.1 Cálculo da Área do Perímetro</u>	28
<u>10.5.2. Cálculo do Raio Médio Re</u>	28





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

<u>11.</u>	<u>PARÂMETROS DE PROJETO</u>	29
<u>11.1.</u>	<u>SUBSISTEMA CAPTOR</u>	29
<u>11.2.</u>	<u>SUBSISTEMA DE DESCIDA</u>	31
<u>11.3.</u>	<u>SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO</u>	32
<u>11.4.</u>	<u>CAIXA DE EQUALIZAÇÃO (BEP)</u>	33
<u>12.</u>	<u>DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS PARA IMPLANTAÇÃO DO SPDA</u>	33
<u>13.</u>	<u>TESTES E VERIFICAÇÕES</u>	35
<u>14.</u>	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	36





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Nome: Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba

CNPJ: 06.017.798/0001-60

Atividade: Serviço público

Ano de Construção: 1994

Cidade/Estado: João Pessoa / PB

Endereço: Av. Princesa Isabel, 201.

2. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA ELABORAÇÃO DO PROJETO

Nome: Synergy Soluções em Energia

CNPJ: 32.257.803/0001-12

Responsável técnico: Diogo Martins de Sousa Campos

Registro: 1091867/2018

Atividade: Empresa de Engenharia

Cidade/Estado: João Pessoa / PB

Endereço: Av. Piauí, 892 - Estados, João Pessoa - PB, 58030-331.

Email: engenharia.synergysolucoes@gmail.com





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

3. APRESENTAÇÃO

As descargas atmosféricas causam sérias perturbações nas redes aéreas de transmissão e distribuição de energia elétrica, além de provocarem danos materiais nas construções atingidas por elas, sem contar os riscos de morte a que as pessoas e os animais ficam submetidos.

Quando as descargas elétricas entram em contato direto com quaisquer tipos de construção, tais como edificações, são registrados grandes danos materiais que poderiam ser evitados caso essas construções estivessem protegidas adequadamente por Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA). (MAMEDE, 2007)

Segundo Creder (2016), para uma edificação provida de sistema de proteção contra raios adequadamente dimensionado, pode-se esperar as seguintes reduções na sua vulnerabilidade às descargas diretas:

- Drástica redução da ocorrência de danos por quedas diretas;
- Danos de menor magnitude – quando ocorrerem –, em razão de as falhas de blindagem estarem associadas a raios de baixa intensidade de corrente.





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

4. OBJETIVO

Este memorial descritivo visa esclarecer o projeto de SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) de acordo com a norma ABNT NBR 5419/15 Partes 1,2,3 e 4, fixando as condições exigíveis ao projeto, instalação e manutenção do SPDA de estruturas, bem como de pessoas e instalações no seu aspecto físico dentro dos volumes protegidos para o prédio do Tribunal Regional da Paraíba.

A edificação está localizada na Avenida Princesa Isabel, nº 201 – João Pessoa/PB. Trata-se de uma área urbana consolidada, com predominância de edificações comerciais e residenciais de médio porte com uma distância de 6 km da orla marítima.

Conforme gerenciamento de risco, foi adotado nível IV. Este projeto contempla o aterramento, bem como todos os dispositivos necessários para a implantação do projeto de SPDA.





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

5. NORMAS APLICADAS

- **NBR 5419:2015 – Partes 1, 2, 3 e 4** – Proteção contra descargas atmosféricas:
 - Parte 1 – Princípios gerais
 - Parte 2 – Gerenciamento de risco
 - Parte 3 – Danos físicos a estruturas e perigos à vida
 - Parte 4 – Sistemas elétricos e eletrônicos internos
- **NBR 5410:2004** – Instalações elétricas de baixa tensão
- **NBR 15749:2009** – Instalações de sistemas de aterramento
- **NR 10** – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
- **NR 35** – Trabalho em Altura (aplicável a inspeções e manutenção em telhados e mastros de captação)
- **NR 06** – Equipamentos de Proteção Individual (EPI)
- **NORMA TÉCNICA Nº 23/2024 (Corpo de Bombeiros)** – Diretrizes para Inspeção Visual em Instalações Elétricas de Baixa Tensão
- **Manual de Segurança e Saúde em Instalações Elétricas (CREA / CONFEA)**
 - Boas práticas de engenharia elétrica





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

6. DEFINIÇÕES

- **Descarga Atmosférica** – Descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, constituindo em um ou mais impulsos de vários quilo ampères;
- **Raio** – Um dos impulsos elétricos de uma descarga;
- **Ponto de impacto** – Ponto onde uma descarga atmosférica atinge a terra, uma estrutura ou o sistema de proteção captor;
- **Eletrodo de aterramento** – Elemento ou conjunto ou conjunto de elementos do subsistema de aterramento que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de descarga atmosférica a terra;
- **Eletrodo de aterramento em anel ou malha de aterramento** – Eletrodo de aterramento formando um anel fechado em volta da edificação ou estrutura;
- **Descida** – Parte do SPDA destinada a conduzir a corrente de descarga atmosférica desde o sistema captor até a malha de aterramento;
- **Captor** – Componente pontiagudo instalado no topo da edificação, destinado a interceptar as descargas atmosféricas;
- **BEP** – Barramento equipotencial de potência
- **DPS** – Dispositivo de proteção de surto destinado a limitar as sobretensões transitórias;





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

7. SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AD Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas a uma estrutura isolada

ADJ Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas a uma estrutura adjacente

Al Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto de uma linha

AL Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas em uma linha

AM Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto de uma estrutura

B Edificação

CD Fator de localização

D1 Ferimentos a seres vivos por choque elétrico

D2 Danos físicos

D3 Falhas de sistemas eletroeletrônicos

H Altura da estrutura

L Comprimento da estrutura

LA Perda relacionada aos ferimentos a seres vivos por choque elétrico (descargas atmosféricas à estrutura)

LB Perda em uma estrutura relacionada a danos físicos (descargas atmosféricas à estrutura)





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

LL Comprimento de uma seção da linha

LC Perda relacionada à falha dos sistemas internos (descargas atmosféricas à estrutura)

L1 Perda de vida humana

L2 Perda de serviço ao público

L3 Perda de patrimônio cultural

L4 Perda de valor econômico

ND Número de eventos perigosos devido às descargas atmosféricas em uma estrutura

NG Densidade de descargas atmosféricas para a terra

P Probabilidade de danos

PA Probabilidade de ferimentos de seres vivos por choque elétrico (descargas atmosféricas à estrutura)

PB Probabilidade de danos físicos à estrutura (descargas atmosféricas à estrutura)

PC Probabilidade de falha de sistemas internos (descargas atmosféricas à estrutura)

R1 Risco de perda de vida humana em uma estrutura

R2 Risco de perda de serviço ao público em uma estrutura

R3 Risco de perda de patrimônio cultural em uma estrutura

R4 Risco de perda de valor econômico em uma estrutura

S1 Fonte de dano – descargas atmosféricas na estrutura





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

S2 Fonte de dano – descargas atmosféricas perto da estrutura

S3 Fonte de dano – descargas atmosféricas na linha

S4 Fonte de dano – descargas atmosféricas perto da linha

W Largura da estrutura

8. MÉTODO DE SELEÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO

A definição do Nível de Proteção contra Descargas Atmosféricas (NP) para a edificação do Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba – TRE/PB foi realizada considerando os critérios estabelecidos no processo de Avaliação de Risco, conforme diretrizes da ABNT NBR 5419-2

A análise leva em conta fatores como:

- a localização geográfica e a densidade de descargas atmosféricas da região ND.
- as características construtivas do edifício;
- a ocupação e permanência de pessoas;
- a futura instalação da usina fotovoltaica, que aumenta a necessidade de proteção devido à inserção de estruturas metálicas adicionais e circuitos expostos na cobertura;

Logo as características de um SPDA são determinadas pelas características da estrutura a ser protegida e pelo nível de proteção considerado para descargas atmosféricas.

A partir das condições avaliadas, estabeleceu-se que o sistema deve ser projetado para o Nível de Proteção IV (NP IV), adequado às características da edificação e à sua finalidade institucional, garantindo um equilíbrio entre segurança, viabilidade técnica e custo de implantação.





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

O NP IV fornece uma proteção compatível para edificações de porte semelhante, com ocupação institucional e sem presença de riscos especiais, ao mesmo tempo em que atende às necessidades de proteção estrutural, elétrica e de segurança das pessoas.

Importante destacar que, com a implantação do sistema fotovoltaico, a análise de risco foi reavaliada, confirmando que o NP IV permanece adequado e suficiente, desde que sejam aplicadas as melhorias projetadas no sistema de captação, descidas e malha de aterramento.

A adoção do NP IV permite garantir que o SPDA, após executado conforme este memorial descritivo, proporcionará proteção eficaz contra descargas atmosféricas diretas e indiretas, reduzindo a probabilidade de danos estruturais, falhas elétricas e riscos à integridade dos equipamentos e usuários da edificação.

9. MEMORIAL DE CÁLCULO

O memorial de cálculo visa definir o tipo da proteção adotada para a edificação.

9.1. CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA

Abaixo segue as dimensões da edificação a ser analisada.

Dados da Edificação:

W = COMPRIMENTO (m)	L = LARGURA (m)	H = ALTURA (m)
41,71	61,20	39,70





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Tipo de Estudo da Estrutura:

Estudo com formato prismático simples - quadrado ou retângulo

Segundo Rover (2013), a probabilidade de uma estrutura ser atingida por um raio em um ano é o produto da densidade de descargas atmosféricas para a terra pela área de exposição equivalente da estrutura. A densidade de descargas atmosférica para a terra (N_g) é o número de raios para a terra por quilômetro quadrado por ano. O valor de (N_g) para uma dada região e pode ser estimado pela equação:

A área de exposição equivalente (A_d) corresponde à área do plano da estrutura prolongada em todas as direções, de modo a levar em conta sua altura. Os limites da área de exposição equivalente estão afastados do perímetro da estrutura por uma distância correspondente à altura da estrutura no ponto considerado

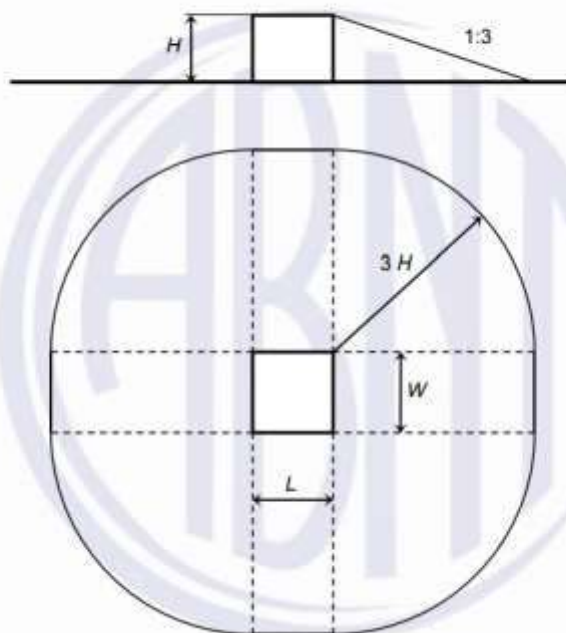
$$AD = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$$

$$Ad = 70.898,13 \text{ m}^2$$



PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

onde L , W e H são expressos em metros (ver Figura A.1).



Área de exposição equivalente AD de uma estrutura isolada

9.2. INFLUÊNCIAS AMBIENTAIS:

a) Localização da estrutura

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais altos

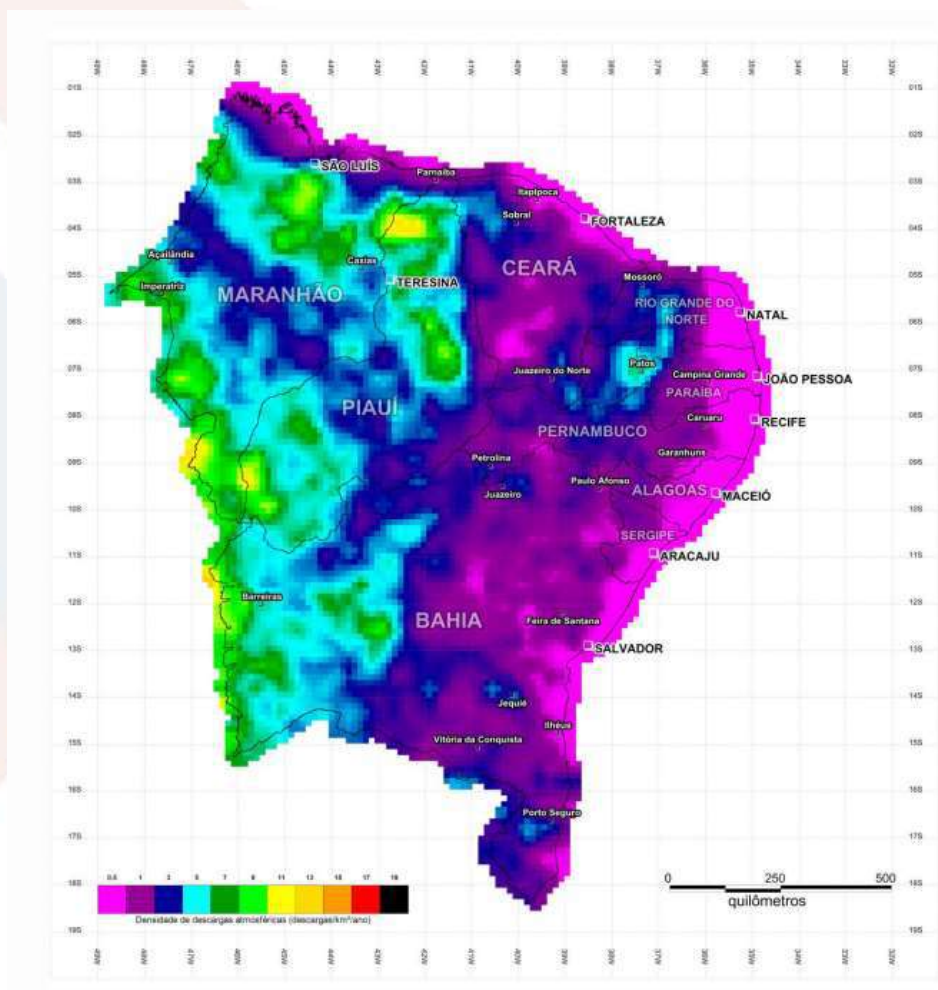
$$CD = 1$$

b) Densidade e descargas atmosféricas para a terra (N_g) ($1/\text{km}^2/\text{ano}$):

$$N_g = 0,50$$



PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS



Densidade de descargas atmosféricas NG – Mapa da região nordeste
(descargas atmosféricas/km²/ano)



Densidade de descargas atmosféricas NG – Mapa da região nordeste
(descargas atmosféricas/km²/ano)





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

9.3. MEDIDAS DE PROTEÇÃO DA ESTRUTURA:

a) Nível de Proteção do SPDA (NP):

Estrutura protegida por SPDA IV

$$Pb = 0,20$$

b) Número de Pessoas em Toda Edificação: 300 Pessoas

9.4. NÚMERO ESPERADO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS NA EDIFICAÇÃO

$$ND = NG \times AD \times CD \times 10^{-6}$$

$$ND = 0,5 \times 70.898,13 \times 1 \times 10^{-6}$$

$$ND = 3,5 \text{ E-}2$$

9.5. ANÁLISE DOS COMPONENTES DE RISCO DEVIDO ÀS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NA ESTRUTURA (S1)

Com base no gerenciamento de riscos elaborado em resumo temos:

- Tipo da Edificação: SERVIÇO PÚBLICO
- Perdas: L1
- Riscos: R1
- Risco Tolerável: $RT = 10^{-5}$





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

- Componentes de Risco: $R1 = RA + RB + RU + RV$

Caso $Risco > RT$, é necessária a proteção

Para analisar a necessidade de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas vamos considerar que a edificação não possui o sistema de proteção.

a) componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico (D1)

$$RA = ND \times PA \times LA$$

$$LA = rt \times LT \times nZ / nt \times tz / 8\,760$$

$$LA = 10E-2 \times 10E-2 \times 300 / 300 \times 2880 / 8\,760$$

$$LA = 0,01 \times 0,01 \times 300 / (300 \times 2880 / 8\,760) = 30,4E-5$$

$$RA = 3,5\,E-2 \times 1 \times 30,4E-5 = 1,06\,E-5$$

b) componente relacionado a danos físicos (D2)

$$RB = ND \times PB \times LB$$

$$LB = LV = rp \times rf \times hz \times LF \times nZ / nt \times tz / 8\,760$$

$$LB = LV = 0,5 \times 10E-3 \times 5 \times 10E-2 \times 300 / 300 \times 2880 / 8\,760$$

$$LB = 7,6E-5$$

$$RB = 3,5\,E-2 \times 1 \times 7,6E-5 = 6,6E-9$$





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Logo, o risco total é:

$$\text{Risco} = \text{RA} + \text{RB} = 1,06 \text{ E-5} + 6,6\text{E-9} = 1,064\text{E-5}$$

Portanto, o Risco > RT, é necessária a proteção

- r_t é um fator de redução da perda de vida humana dependendo do tipo do solo ou piso (ver Tabela C.3) NBR 5419 - 2;
- r_p é um fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo das providências tomadas para reduzir as consequências do incêndio (ver Tabela C.4) NBR 5419 - 2;
- r_f é um fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo do risco de incêndio ou do risco de explosão da estrutura (ver Tabela C.5) NBR 5419 - 2;
- h_z é um fator de aumento da perda devido a danos físicos quando um perigo especial estiver presente (ver Tabela C.6);
- L_T é número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico (D1) devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2) NBR 5419 - 2;
- L_F é número relativo médio típico de vítimas por danos físicos (D2) devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2) NBR 5419 - 2;
- n_z é o número de pessoas na zona;
- n_t é o número total de pessoas na estrutura;
- t_z é o tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona, expresso em horas por ano.

Agora adicionando o nível de proteção IV e refazendo os cálculos para avaliar o nível de proteção, nesse caso o $PA = 0,2$ e $PB = 10\text{E-2}$

a) componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico (D1)

$$\text{RA} = \text{ND} \times \text{PA} \times \text{LA}$$

$$\text{LA} = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8\,760$$





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

$$LA = 10E-2 \times 10E-2 \times 300 / 300 \times 2880 / 8\,760$$

$$LA = 0,01 \times 0,01 \times 300 / (300 \times 2880 / 8\,760) = 30,4E-5$$

$$RA = 3,5 E-2 \times 0,2 \times 30,4E-5 = 0,2 E-5$$

b) componente relacionado a danos físicos (D2)

$$RB = ND \times PB \times LB$$

$$LB = LV = rp \times rf \times hz \times LF \times nZ / nt \times tz / 8\,760$$

$$LB = LV = 0,5 \times 10E-3 \times 5 \times 10E-2 \times 300 / 300 \times 2880 / 8\,760$$

$$LB = 7,6E-5$$

$$RB = 3,5 E-2 \times 10E-2 \times 7,6E-5 = 2,6E-8$$

Logo, o risco total é:

$$\text{Risco} = RA + RB = 0,2 E-5 + 2,6E-8 = 0,2E-5$$

Portanto, o Risco < RT, a edificação está protegida com SPDA Nível IV

10. SPDA – SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS VIA MÉTODO DO ÂNGULO DE PROTEÇÃO (FRANKLIN)

Segundo Mamede (2007), o Método de Franklin consiste em se determinar o volume de proteção propiciado por um cone, cujo ângulo da geratriz





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

com a vertical varia segundo o nível de proteção desejado e para determinada altura da construção. Adotou-se, para fins de projeto, com base no materiais consultados, um para-raios com altura $H = 3,00\text{m}$.

10.1. CÁLCULO DO NÚMERO DE DESCIDAS

Quanto maior for o número de condutores de descida, instalados a um espaçamento regular em volta do perímetro interconectado pelos anéis condutores, maior será a redução da probabilidade de descargas atmosféricas e centelhamentos perigosos facilitando a proteção das instalações internas.

Segundo a NBR 5419/2015, tem-se que o espaçamento entre as descidas (Dcd) deve ser igual a 20,00 m para o SPDA classe IV conforme a tabela 4. Logo, o número de descidas (Ncd) é dado pela Equação a seguir, onde Pco é o perímetro da Edificação.

Classe do SPDA	Distâncias m
I	10
II	10
III	15
IV	20
NOTA É aceitável que o espaçamento dos condutores de descidas tenha no máximo 20 % além dos valores acima.	

Tabela 4 – Valores típicos de distância entre os condutores de descida e entre os anéis condutores de acordo com a classe de SPDA

O comprimento do anel condutor em torno da construção vale:

$$PCO = L * 2 + W * 2 = 41,71 * 2 + 61,20 * 2 = 205,81 \text{ m}$$





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

$$N_{cd} = \frac{PCO}{20} = \frac{205,81}{20} = 10,2 \text{ Descidas}$$

O que foi arredondado para 11 descidas.

10.2. ISOLAÇÃO ELÉTRICA DO SPDA EXTERNO

A isolação elétrica entre o subsistema de captação ou de condutores de descida e as partes metálicas estruturais, instalações metálicas e sistemas internos pode ser obtida pela adoção de uma distância “d”, entre as partes, superior à distância de segurança “s”:

$$s = \frac{k_i}{k_m} \cdot k_c \cdot l$$

k_i depende do nível de proteção escolhido para o SPDA (ver Tabela 10);

k_c depende da corrente da descarga atmosférica pelos condutores de descida (ver Tabela 12 e Anexo C);

k_m depende do material isolante (ver Tabela 11);

l é o comprimento expresso em metros (m), ao longo do subsistema de captação ou de descida, desde o ponto onde a distância de segurança deve ser considerada até a equipotencialização mais próxima (ver.6.3).

$$S = \frac{0,04}{1} * 0,44 * 39,4 = 0,69 \text{ cm}$$

Logo, a distância de segurança entre o SPDA e as partes metálicas estruturais, instalações metálicas e sistemas internos é de 69 cm.



PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

10.3. AFASTAMENTO ENTRE CONDUTORES DE DESCIDA

A distância de afastamento entre as descidas é de 20 metros com 20% de tolerância devido a barreiras como janelas e varadas, nesse caso foi utilizado a margem de tolerância como demonstra a Planta Baixa no Anexo A.

Tolerância = entre 16 e 24 metros

10.4. SEÇÃO DOS CONDUTORES DE CAPTAÇÃO E DE DESCIDA

De acordo com a Tabela 6 da NBR, foi adotada os condutores de cobre Encordado de 35 mm² com diâmetro de cada fio da cordoalha 2,5 mm para o sistema de captação.

Para a descida foi adotado a Fita maciça de alumínio com área de secção de 70 mm² e Espessura de 3 mm

Material	Configuração	Área da seção mínima mm ²	Comentários ^d
Cobre	Fita maciça	35	Espessura 1,75 mm
	Arredondado maciço ^d	35	Diâmetro 6 mm
	Encordado	35	Diâmetro de cada fio da cordoalha 2,5 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Alumínio	Fita maciça	70	Espessura 3 mm
	Arredondado maciço	70	Diâmetro 9,5 mm
	Encordado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,5 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm

Tabela 6 – Material, configuração e área de seção mínima dos condutores de captação, hastes captoras e condutores de descidas





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

10.5. NÚMERO DE ELETRODOS DE ATERRAMENTO

Como no presente caso há 11 condutores de descida, será adotado o mesmo número de 11 eletrodos verticais de aço cobreado de 2,4 m, conectando se cada eletrodo na caixa de inspeção de cada condutor de descida.

10.6. SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Para subsistemas de aterramento, na impossibilidade do aproveitamento das armaduras das fundações, o arranjo a ser utilizado consiste em condutor em anel, externo à estrutura a ser protegida, em contato com o solo por pelo menos 80 % do seu comprimento total. NBR 5419/2015.

Embora 20 % do eletrodo convencional possa não estar em contato direto com o solo, a continuidade elétrica do anel deve ser garantida ao longo de todo o seu comprimento. NBR 5419/2015.

O eletrodo de aterramento em anel deve ser enterrado na profundidade de no mínimo 0,5 m e ficar posicionado à distância aproximada de 1 m ao redor das paredes externas. NBR 5419/2015.

No caso da impossibilidade técnica da construção do anel externo à edificação, este pode ser instalado internamente. NBR 5419/2015 Nesse caso iremos adotar o anel interno à edificação com cabo de cobre encordado com diâmetro de 50 mm² e profundidade mínimo 0,5 m.



PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Material	Configuração	Dimensões mínimas ^f		Comentários ^f
		Eletrodo cravado (Diâmetro)	Eletrodo não cravado	
Cobre	Encordoado ^c	–	50 mm ²	Diâmetro de cada fio cordoalha 3 mm
	Arredondado maciço ^c	–	50 mm ²	Diâmetro 8 mm
	Fita maciça ^c	–	50 mm ²	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	15 mm	–	

Tabela 7 – Material, configuração e dimensões mínimas de eletrodo de aterramento

Para o eletrodo de aterramento em anel ou interligando a fundação descontínua, o raio médio R_e da área abrangida pelos eletrodos não pode ser inferior ao valor I_1 :

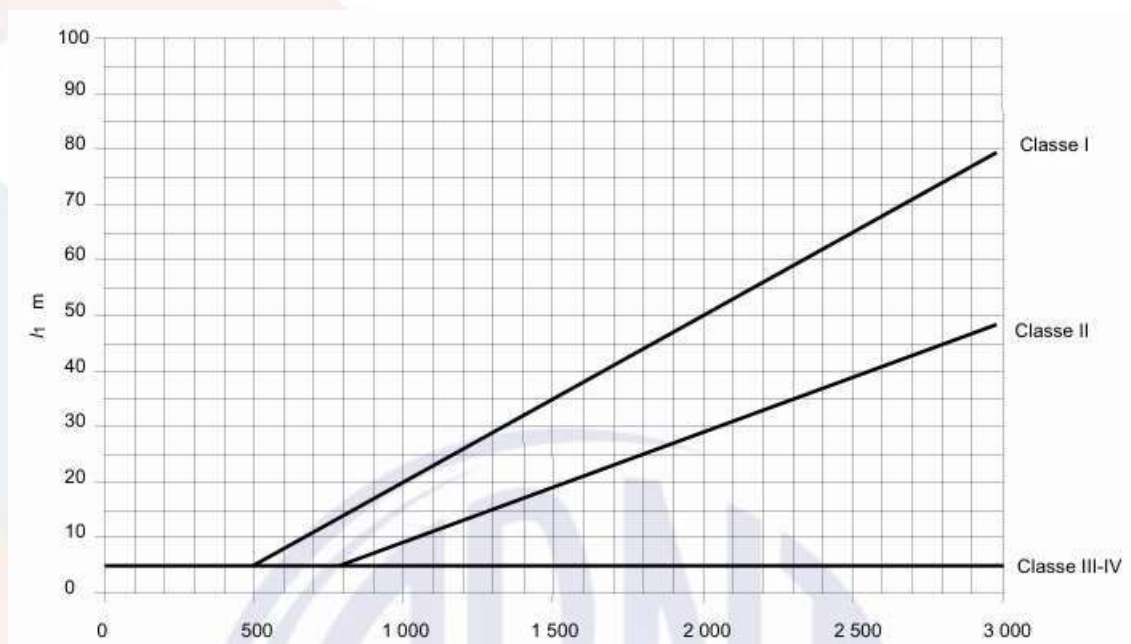
$$R_e > I_1$$

Quando o valor requerido de I_1 for maior do que o valor conveniente de R_e , eletrodos adicionais horizontais ou verticais (ou inclinados) devem ser adicionados com comprimentos individuais I_r (horizontal) e I_v (vertical).

Onde I_1 é representado na Figura 3 de acordo com o SPDA classe I, II, III e IV.



PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS



Para o SPDA classe IV o h é constante = 5 independente da resistividade do solo.

10.5.1 Cálculo da Área do Perímetro

A edificação tem formato retangular aproximado:

$$A = \text{comprimento} \times \text{largura}$$

$$A = 61,20 \times 41,71 \approx 2553 \text{ m}^2$$

10.5.2. Cálculo do Raio Médio R_e

Transforma-se essa área em um círculo equivalente:

$$A = \pi R_e^2$$





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

$$R_e = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Substituindo:

$$R_e = \sqrt{\frac{2553}{3,1416}} \approx \sqrt{812,6} \approx 28,50 \text{ m}$$

Re (raio médio equivalente da área abrangida): $\approx 28,5$ metros

$$Re > I1$$

$$28,5 > 5$$

Como a equação acima foi satisfeita não se faz necessário eletrodos adicionais, contudo como uma boa prática e visando aumentar a eficiência da malha de aterramento e como medida de proteção complementar para reduzir os riscos de tensão de passo foi adotado um eletrodo de 2,4 metros localizados na caixa de inspeção de cada descida.

11. PARÂMETROS DE PROJETO

O Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) será dividido em três subsistemas: Subsistema Captor, de Descida e de Aterramento.

11.1. SUBSISTEMA CAPTOR

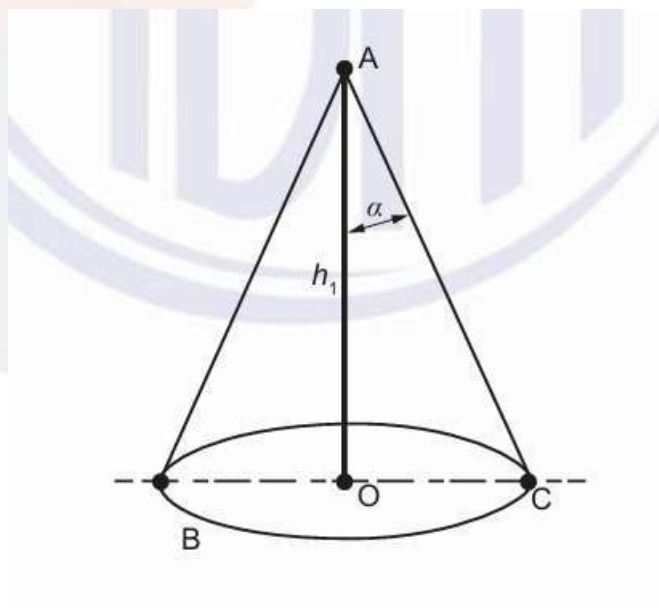
A posição do subsistema de captação é considerada adequada se a estrutura a ser protegida estiver situada totalmente dentro do volume de proteção



PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

provido pelo subsistema de captação. Devem ser consideradas apenas as dimensões físicas dos elementos metálicos do subsistema de captação para a determinação do volume de proteção.

O volume de proteção provido por um mastro é definido pela forma de um cone circular cujo vértice está posicionado no eixo do mastro, o ângulo α , dependendo da classe do SPDA, e a altura do mastro.



Volume de proteção provido por um mastro

A topo do captor

B plano de referência

O raio da base do cone de proteção

h_1 altura de um mastro acima do plano de referência

α ângulo de proteção





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Malha de captação composta por cabos de cobre nu com seção transversal de diâmetro 35mm encordado, fixados diretamente na estrutura da cobertura;

Captadores tipo Franklin fabricados em cobre, com 3 metros de altura;

11.2. SUBSISTEMA DE DESCIDA

O SPDA externo é projetado para interceptar as descargas atmosféricas diretas à estrutura, incluindo as descargas laterais às estruturas, e conduzir a corrente da descarga atmosférica do ponto de impacto à terra. O SPDA externo tem também a finalidade de dispersar esta corrente na terra sem causar danos térmicos ou mecânicos, nem centelhamentos perigosos que possam iniciar fogo ou explosões.

Com o propósito de reduzir a probabilidade de danos devido à corrente da descarga atmosférica fluindo pelo SPDA, os condutores de descida devem ser arranjados a fim de proverem:

Diversos caminhos paralelos para a corrente elétrica;

O menor comprimento possível do caminho da corrente elétrica;

As descidas devem estar distanciadas no mínimo, 0,7m de qualquer porta, janela ou outra abertura existente, caso contrário deverá ser realizada a equipotencialização afim de evitar tensões induzidas e centelhamento perigoso.

Deverá ser instalado um eletroduto Ø 1" com altura mínima de 3m como forma de proteção física das descidas.

A fixação entre os cabos da malha de captação, cabos das descida, fixação entre cabos e haste de aterramento deverá ser feita através de conectores de compressão e/ou Split Bolt conforme especificado em projeto.





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

A conexão entre a malha de aterramento e os eletrodos verticais devem ser conectados com soldas exotérmicas.

11.3. SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

A ligação equipotencial entre os eletrodos verticais pode ser feita através de cabo de cobre nu encordado de seção igual a #50 mm², os quais deverão ser interligados às hastes de aterramento através de solda exotérmica;

As caixa de inspeção de aterramento devem ser PVC com tampa de ferro fundido reforçado para passagem de carga pesada. A caixa deverá ter dimensões internas mínimas de 50 cm de profundidade e lado de 30 cm.

No fundo da caixa de passagem deverá ser colocada uma camada de brita N° 2.

As caixas devem integras, firmes a solo garantindo a durabilidade da mesma, pois será necessário que no futuro ajam inspeções e medição da resistência de aterramento.

Esta caixa de inspeção de aterramento devem permanecer sempre visíveis e não podem ser coberta por qualquer tipo de material (terra, brita) e etc.

Dentro de cada caixa de inspeção de aterramento deverá ser cravada uma haste de aterramento com dimensões mínimas de 5/8" x 2,40m, com camada de cobre. Todas das conexões entre cabos de haste de aterramento devem ser feitas através de solda exotérmica apropriada para a conexão;

A resistência de aterramento deve ser igual ou inferior a 10Ω, medida em condições climáticas normais e em qualquer época do ano;





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

O condutor de aterramento deve ser formado por um anel em torno da estrutura, tendo pelo menos 80 % de contato com o solo;

11.4. CAIXA DE EQUALIZAÇÃO (BEP)

O ramal do SPDA deverá ser conectado a caixa de barramento equipotencialização o (BEP) da edificação. O cabo de interligação do SPDA a caixa BEP deverá ser de cobre nu com seção de 50,00 mm². A caixa BEP deverá conter um barramento de cobre com dimensões mínimas de 300 mm de comprimento, 30 mm de largura e 5 mm de espessura.

A barra de equalização deve ser ligada a estrutura metálica o mais perto possível do quadro de distribuição elétrico;

As barras de ligação equipotencial local BEL (barramento de equipotencialização local) devem ser conectadas ao anel horizontal que interligam os condutores de descida;

O barramento de equipotencialização principal BEP (barramento de equipotencialização) deve ser ligado ao subsistema de aterramento;

12. DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS PARA IMPLANTAÇÃO DO SPDA

Instalação dos cabos de seção 50 mm² da malha de aterramento (anel) em torno da edificação formando uma Anel. Sendo previstas as esperas para a colocação das caixas de inspeção. A profundidade do anel deverá ser de no mínimo 50 cm, mas porém quanto mais profundo os cabos (Anel) forem





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

instalado, melhora será a eficiência do aterramento, haverá necessidade de abertura de valas.

Será necessário em todos os trechos da implantação de malha de aterramento (Anel), a abertura de valas para lançamento dos cabos. Esta vala deverá estar a uma distância conforme projeto da base da estrutura e ter 0,8 metros de profundidade e a uma distância mínima de 2,00 m de centrais de gás.

Lançamentos das descidas em barra chata de alumínio que devem estar interligados a malha de captação e até as caixas de inspeção, da caixa de inspeção segue o condutor de 50 mm² a malha geral de aterramento na base da estrutura.

Os condutores devem ser instalados a uma distância mínima de 0,5 m e fixados a cada 1 m de percurso segundo a NBR-5419/2015. As janelas, portadas, parapeitos, corrimãos metálicos ou quaisquer outras estruturas metálicas no interior do edifício deveram ser interligados ao subsistema de aterramento através da barra chata de alumínio ou cabo de cobre 35 mm².

Para inspeção do subsistema de aterramento serão instaladas caixas de visita no solo com tampa de ferro fundido, com resistência de 125 kN, conforme detalhado no projeto em anexo.

Lançamento da malha de proteção na cobertura do edifício com os terminais aéreos de captação. Para a fixação dos cabos em todas as malhas superiores serão utilizadas presilhas de latão, já nas fixações a serem executadas nas coberturas deverá ser utilizada massa de calafetar tipo sikaflex para recomposição da vedação da cobertura ou qualquer outro tipo de selante à base de silicone ou poliuretano.





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

E por final deverá ser realizado as conexões (solda exotérmica) dentro da caixa de inspeção de aterramento, conforme indicado nas plantas do projeto.

13. TESTES E VERIFICAÇÕES

Deverão ser realizados testes durante a implantação do SPDA e após a sua conclusão, objetivando comprovar a eficiência do sistema e detectar possíveis falhas da implantação. Os testes e verificações deverão atender os seguintes tópicos:

Testar os cabos e descidas quanto à continuidade; • Verificar se a resistência de aterramento está de acordo com a NBR5419/2015;

Todos os testes deverão ser registrados por escrito, sendo aprovado após a sua análise e seus resultados arquivados em duas vias;

Todos os conectores deverão ser reapertados.





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5419: **Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro, 2008.

Centro de Eventos Vitória – CEVI. **Memorial Descritivo – SPDA**. Disponível em . Acesso em 20/05/2020 às 13:42.

Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais – CBMMG. IT-36: **Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas**. Disponível em <<http://bombeiros.mg.gov.br/images/stories/dat/it/it%20036.pdf>>. Acesso em 20/05/2020 às 15:25.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 2007. 16ª Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2007.

J.A. Silva Construções e Montagens ME. Memorial Descritivo – **Projeto Executivo de SPDA e Aterramento** – Parque Estadual Caverna do Diabo. Disponível em . Acesso em 20/05/2020 às 16:46

MAMEDE, J.F. **Instalações elétricas industriais**. 2007. 9ª Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2007.

Prefeitura Municipal de Campos Novos(PMCN)-SC. Memorial Descritivo: **Projeto de SPDA da Biblioteca Pública de Campos Novos**. Disponível em <[https://static.fecam.net.br/uploads/309/arquivos/123795_Memorial_Descritivo_d o_Projeto_SPDA___Biblioteca_Publica_de_Campos_Novos.pdf](https://static.fecam.net.br/uploads/309/arquivos/123795_Memorial_Descritivo_do_Projeto_SPDA___Biblioteca_Publica_de_Campos_Novos.pdf)>. Acesso em 20/05/2020 às 15:25.





PROJETO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

NBR 5419 Partes 1,2,3 e 4, **Sistema de proteção contra descargas atmosféricas**, 2015.



Gerenciamento de Riscos - Memorial de Cálculo

O presente documento tem por finalidade descrever o Gerenciamento de Risco de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), elaborado de acordo com a norma NBR 5419/2015 com revisão em 2018.

Dados do Cliente:

Obra/Cliente: TRIBUNAL ELEITORAL REGIONAL DA
Ano de Construção: 1994
Cidade/Estado: PARAÍBA
Endereço: AV. PRINCESA ISABEL, 201 - TAMBIAÁ
CNPJ/CPF: 06.017.798/0001-60
Atividade: PREDIO PÚBLICO

Elaborado Por:

Diogo Martins de Sousa Campos
Engenheiro Eletricista
RNP 1617943401

**DIOGO
MARTINS
DE SOUSA
CAMPOS**

Assinado de forma
digital por DIOGO
MARTINS DE
SOUSA CAMPOS
Dados: 2025.11.19
16:34:28 -03'00'

1. Características da Estrutura:

Dados da Edificação:

Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)
41,71	58,59	39,70

Tipo de Estudo da Estrutura:

Estudo com formato prismático simples - quadrado ou retângulo

A área de exposição equivalente (A_d) corresponde à área do plano da estrutura prolongada em todas as direções, de modo a levar em conta sua altura. Os limites da área de exposição equivalente estão afastados do perímetro da estrutura por uma distância correspondente à altura da estrutura no ponto considerado.

$A_d = 70.898,13 \text{ m}^2$

1.1) Influências Ambientais:

a) Localização da estrutura:

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos

$$CD = 0,50$$

b) Densidade e descargas atmosféricas para a terra (Ng) (1/km²/ano): 0,50

1.2) Medidas de Proteção da Estrutura:

a) Nível de Proteção do SPDA (NP):

Estrutura protegida por SPDA IV

$$Pb = 0,2$$

b) Número de Pessoas em Toda Edificação: 300 pessoas

1.3) Atributos da Linha de ENERGIA Conectada:

1.3.1) Estrutura Principal:

a) Possui linha de energia entrando na edificação?

SIM - Tem esta linha de Potência ou sinal conectada à estrutura

b) Como a linha de energia adentra a edificação [Fator CI]:

Enterrado

$$CI/p = 0,5$$

c) Comprimento da linha em metros:

$$LL/p = 1.000,00$$

d) Fator tipo da linha:

Linha de energia BT ou sinal

$$CT/p = 1,00$$

e) Fator Ambiental:

Urbano com edifícios mais altos que 20 m.

$$CE = 0,01$$

f) Blindagem da linha:

Não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento

$$RS/p = -$$

g) Condições de Blindagem, aterramento, isolamento:

Linha enterrada blindada (energia ou sinal) # Blindagem NÃO interligada

$$CLD/p = 1,0$$

$$CLI/p = 0,3$$

1.3.2) Estrutura Adjacente:

a) Possui estrutura adjacente?

Nenhuma estrutura Adjacente

b) Dimensões da estrutura Adjacente:

Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)
0,00	0,00	0,00

c) Fator de localização da estrutura adjacente:

Estrutura cercada por objetos mais altos

$$CDJ/p = 0,00$$

d) Tensão suportável do sistema interno (kV):

Tensão suportável UW - 1,5 kV

$$UW/p = 1,50$$

e) Tipo de Linha da estrutura Adjacente:

Linhas de energia

$$PLI/p = 0,60$$

Parâmetros resultantes

$$KS4/p = 0,67$$

Este valor muda em função da Blindagem da Linha e Tensão suportável

$$PLD/p = 1,00$$

1.4) Atributos da Linha de SINAL Conectada:

1.4.1) Estrutura Principal:

a) Possui linha de energia entrando na edificação?

SIM - Tem esta linha de Potência ou sinal conectada à estrutura

b) Como a linha de energia adentra a edificação [Fator CI]:

Enterrado

$$CI/t = 0,5$$

c) Comprimento da linha em metros:

$$LL/t = 1.000,00$$

d) Fator tipo da linha:

Linha de energia BT ou sinal

$$CT/t = 1,00$$

e) Fator Ambiental:

Urbano

$$CE = 0,1$$

f) Blindagem da linha:

Não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento

$$RS/t = -$$

g) Condições de Blindagem, aterramento, isolamento:

Linha de energia com neutro multiterrado # Nenhuma

$$CLD/t = 1,0$$

$$CLI/t = 0,2$$

1.3.2) Estrutura Adjacente:

a) Possui estrutura adjacente?

Nenhuma estrutura Adjacente

b) Dimensões da estrutura Adjacente:

Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)
0,00	0,00	0,00

c) Fator de localização da estrutura adjacente:

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos

$$CDJ/t = 0,00$$

d) Tensão suportável do sistema interno (kV):

Tensão suportável UW - 1,5 kV

$$UW/t = 1,50$$

e) Tipo de Linha da estrutura Adjacente:

Linhas de energia

$$PLI/t = 0,00$$

Parâmetros resultantes

$$KS4/t = 0,00$$

Este valor muda em função da Blindagem da Linha e Tensão suportável

$$PLD/t = 0,00$$

1.5) Áreas de exposição equivalente da estrutura e linhas na Edificação:

Estrutura:	
Equação	Resultado (m²)
$AD = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$	70.898,13
$AM = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$	885.698,00

Linha de Energia:	
Equação	Resultado (m²)
$AL/P = 40 \times LL$	40.000,00
$AL/P = 4\,000 \times LL$	4.000.000,00
$AD = LJ/p \times WJ/p + 2 \times (3 \times HJ/p) \times (LJ/p + WJ/p) + \pi \times (3 \times HJ/p)^2$	-

Linha de Sinal:	
Equação	Resultado (m²)
$AL/T = 40 \times LL$	40.000,00
$AL/T = 4\,000 \times LL$	4.000.000,00
$AD = LJ/t \times WJ/t + 2 \times (3 \times HJ/t) \times (LJ/t + WJ/t) + \pi \times (3 \times HJ/t)^2$	-

1.6) Número esperado anual de eventos perigosos na Edificação

Estrutura:	
Equação	Resultado 1/ ano
$ND = NG \times AD \times CD \times 10^{-6}$	1,77E-02
$NM = NG \times AM \times 10^{-6}$	4,43E-01

Linha de Energia:	
Equação	Resultado 1/ ano
$NL/P = NG \times AL/P \times CI/P \times CE/P \times CT/P \times 10^{-6}$	1,00E-04
$NI/P = NG \times AI/P \times CI/P \times CE/P \times CT/P \times 10^{-6}$	1,00E-02
$NDJ/P = NG \times ADJ/P \times CDJ/P \times CT/P \times 10^{-6}$	0,00E+00

Linha de Sinal:	
Equação	Resultado 1/ ano
$NL/T = NG \times AL/T \times CI/T \times CE/T \times CT/T \times 10^{-6}$	1,00E-03
$NI/T = NG \times AI/T \times CI/T \times CE/T \times CT/T \times 10^{-6}$	1,00E-01
$NDJ/T = NG \times ADJ/T \times CDJ/T \times CT/T \times 10^{-6}$	0,00E+00

2. Resumo das Proteções

2.1 - Características das Zonas

As medidas de proteção como SPDA, condutores de blindagem, blindagens magnéticas e DPS determinam as zonas de proteção contra descargas atmosféricas “raio” (ZPR).

Como regra geral de proteção, a estrutura a ser protegida deve estar em uma ZPR cujas características eletromagnéticas sejam compatíveis com sua capacidade de suportar solicitações que, de outra forma, causariam danos (dano físico ou falha de sistemas elétricos e eletrônicos devido a sobretensões).

a) Quantas Zonas estão sendo utilizadas:

1 zonas estão sendo avaliadas nesse Gerenciamento de Risco

As zonas foram especificadas e escolhidas para determinar a melhor solução em "custo-benefício", buscando escolher as Medidas de Proteção adequadas para cada necessidade.

b) Quais zonas estão sendo avaliadas?

Abaixo estão as zonas que foram escolhidas de acordo com análise técnica do local.

Descrição das Zonas Avaliadas:

Nº da Zona	Nº Pessoas na Zona	Nome da Zona	Está sendo utilizada?
Zona 01	300	INAL ELEITORAL REGIONAL DA	SIM
Zona 02	0	Zona não avaliada	NÃO
Zona 03	0	Zona não avaliada	NÃO
Zona 04	0	Zona não avaliada	NÃO
Zona 05	0	Zona não avaliada	NÃO
Zona 06	0	Zona não avaliada	NÃO

2.2 - Análises das Componentes de Riscos

2.2.1 - Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas atmosféricas na estrutura

a) RA: componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura e fora nas zonas até 3 m ao redor dos condutores de descidas. Perda de tipo L1 e, no caso de estruturas contendo animais vivos, as perdas do tipo L4 com possíveis perdas de animais podem também aumentar;

b) RB: componente relativo a danos físicos causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente. Todos os tipos de perdas (L1, L2, L3 e L4) podem aumentar;

c) RC: componente relativo a falhas de sistemas internos causados por LEMP. Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos junto com o tipo L1, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

2.2.2 - Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas atmosféricas perto da estrutura

a) RM: componente relativo a falhas de sistemas internos causados por LEMP. Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos junto com o tipo L1, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

2.2.3 - Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas atmosféricas a uma linha conectada à estrutura

a) RU: componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura. Perda do tipo L1 e, no caso de propriedades agrícolas, perdas do tipo L4 com possíveis perdas de animais podem também ocorrer;

b) RV: componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura) devido à corrente da descarga atmosférica transmitida ou ao longo das linhas. Todos os tipos de perdas (L1, L2, L3 e L4) podem ocorrer;

c) RW: componente relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos, junto com o tipo L1, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

2.2.4 - Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas atmosféricas perto de uma linha conectada à estrutura

a) RZ: componente relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos, junto com o tipo L1, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

2.3 - Composição dos componentes de risco

Os componentes de risco a serem considerados para cada tipo de perda na estrutura são

listados a seguir:

a) R1: Risco de perda de vida humana:

$$R1 = RA1 + RB1 + RC1 + RM1 + RU1 + RV1 + RW1 + RZ1$$

b) R2: Risco de perdas de serviço ao público:

$$R2 = RB2 + RC2 + RM2 + RV2 + RW2 + RZ2$$

c) R3: Risco de perdas de patrimônio cultural:

$$R3 = RB3 + RV3$$





d) R4: Risco de perdas de valor econômico:

$$R4 = RA4 + RB4 + RC4 + RM4 + RU4 + RV4 + RW4 + RZ4$$

2.4 - Resultado das Componentes de Risco

Abaixo é apresentado o resumo do Resultado Global dos Riscos de Perdas Avaliados nesse Gerenciamento de Risco:

RESULTADO GLOBAL FINAL

<p>R1 = Risco de perda de vida humana</p>  <p>R1= 6,22E-07</p> <p>ATENDENDO! R1 global menor que R1 tolerável</p>	<p>R2 = Risco de perda de serviço ao público</p>  <p>R2= 0,00E+00</p> <p>NÃO ESTÁ SENDO AVALIADA</p>	<p>R3 = Risco de perda de patrimônio cultural</p>  <p>R3= 1,60E-06</p> <p>ATENDENDO! R3 global menor que R3 tolerável</p>	<p>R4 = Risco de perda de valores econômicos.</p>  <p>R4= 1,32E-05</p> <p>ATENDENDO! R4 global menor que R4 tolerável</p>
--	---	--	--

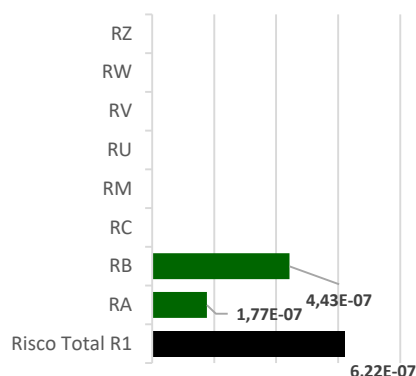
a) R1: Risco de perda de Vida Humana:

$$R1 = RA1 + RB1 + RC1 + RM1 + RU1 + RV1 + RW1 + RZ1$$

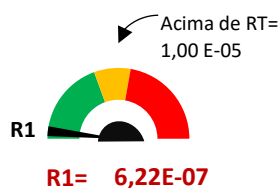
Abaixo segue a análise das Componentes de Riscos para R1 Total, e a representação em % das zonas especificadas:

Análise das Componentes de Risco - R1

DISTRIBUIÇÃO DAS COMPONENTES DE RISCO

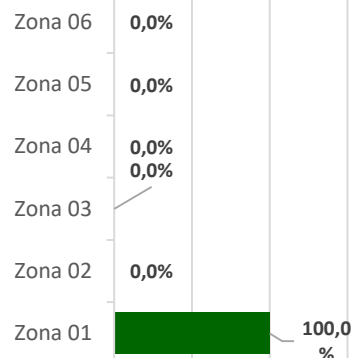


COMPARAÇÃO R1 x R.tolerável



*Se o R1 se aproximar do amarelo, tente melhorar as Medidas de Proteção

REPRESENTAÇÃO DO RISCO R1 POR ZONA EM %



Segue os valores Globais das Componentes de Risco relacionadas a Perda de Vida Humano:

R1 - Valores Somados das Zonas Avaliadas		
S1- Estruturas	RA	1,77E-07
	RB	4,43E-07
	RC	0,00E+00
S2 -Perto da Estrutura	RM	0,00E+00
S3 - Na Linha	RU	0,00E+00
	RV	1,38E-09
	RW	0,00E+00
S4 -Perto da Linha	RZ	0,00E+00
R1 total:	R1t	6,22E-07

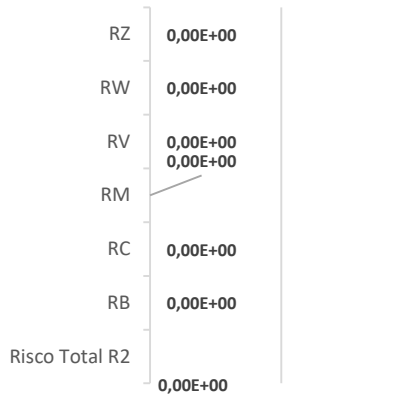
b) R2: Risco de perdas de serviço ao público:

$$R2 = RB2 + RC2 + RM2 + RV2 + RW2 + RZ2$$

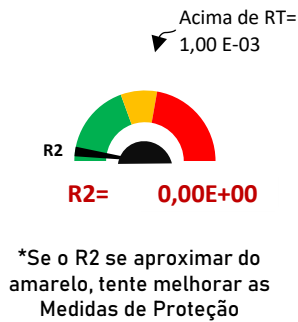
Abaixo segue a análise das Componentes de Riscos para R2 Total, e a representação em % das zonas especificadas:

Análise das Componentes de Risco - R2

DISTRIBUIÇÃO DAS COMPONENTES DE RISCO



COMPARAÇÃO R2 x R.tolerável



REPRESENTAÇÃO DO RISCO R2 POR ZONA EM %

Zona 06	0,0%
Zona 05	0,0%
Zona 04	0,0%
Zona 03	0,0%
Zona 02	0,0%
Zona 01	0,0%

Segue os valores Globais das Componentes de Risco relacionadas a Perda de Serviço Público:

R2 - Valores Somados das Zonas Avaliadas		
S1 -Estrutura	RB	0,00E+00
	RC	0,00E+00
S2 - Perto da Estrutura	RM	0,00E+00
S3 -Na Linha	RV	0,00E+00
	RW	0,00E+00
S4 -Perto da Linha	RZ	0,00E+00
R2 total:	R2t	0,00E+00

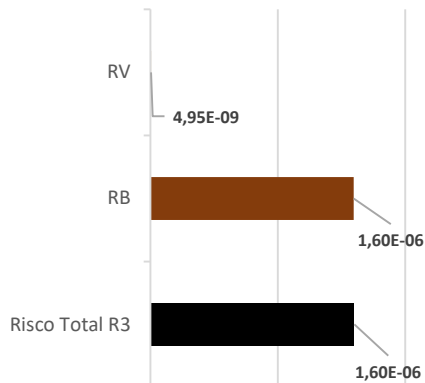
c) R3: Risco de perdas de patrimônio cultural:

$$R3 = RB3 + RV3$$

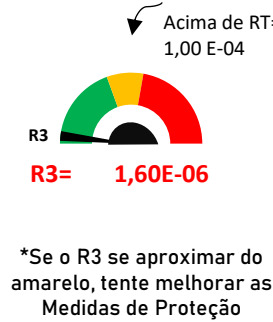
Abaixo segue a análise das Componentes de Riscos para R3 Total, e a representação em % das zonas especificadas:

Análise das Componentes de Risco - R3

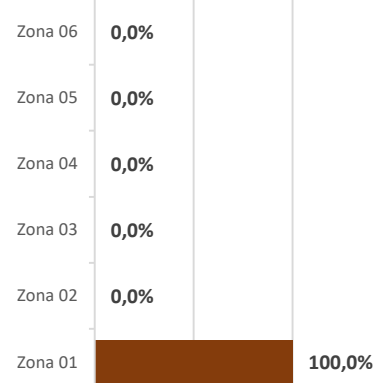
DISTRIBUIÇÃO DAS COMPONENTES DE RISCO



COMPARAÇÃO R3 x R.tolerável



REPRESENTAÇÃO DO RISCO R3 POR ZONA EM %



Segue os valores Globais das Componentes de Risco relacionadas a Perda de Patrimônio Cultural:

R3 - Valores Somados das Zonas Avaliadas

S1 -Estrutura	RB	1,60E-06
S3 - Na linha	RV	4,95E-09
R3 total:	R3t	1,60E-06

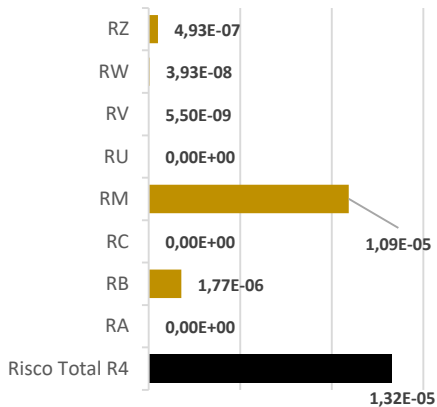
d) R4: Risco de perdas de valor econômico:

$$R4 = RA4 + RB4 + RC4 + RM4 + RU4 + RV4 + RW4 + RZ4$$

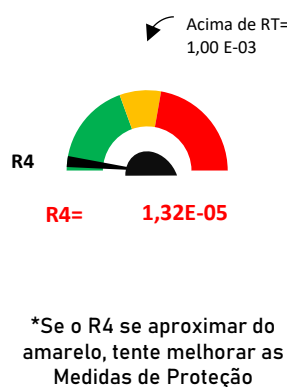
Abaixo segue a análise das Componentes de Riscos para R4 Total, e a representação em % das zonas especificadas:

Análise das Componentes de Risco - R4

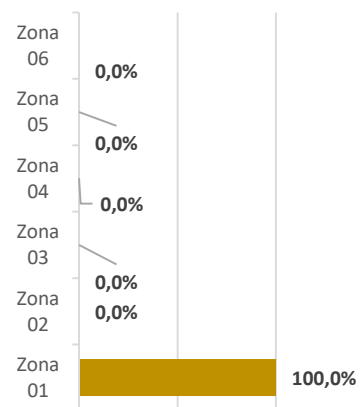
DISTRIBUIÇÃO DAS COMPONENTES DE RISCO



COMPARAÇÃO R4 x R.tolerável



REPRESENTAÇÃO DO RISCO R4 POR ZONA EM %



Segue os valores Globais das Componentes de Risco relacionadas a Perda de Valor Econômico

R4 - Valores Somados das Zonas Avaliadas		
S1- Estruturas	RA	0,00E+00
	RB	1,77E-06
	RC	0,00E+00
S2 -Perto da Estrutura	RM	1,09E-05
S3 - Na Linha	RU	0,00E+00
	RV	5,50E-09
	RW	3,93E-08
S4 -Perto da Linha	RZ	4,93E-07
R4 total:	R4t	1,32E-05

3. Resumo das Zonas

3.1 - ZONA 01 : GR- TRIBUNAL ELEITORAL REGIONAL DA PARAÍBA

a) Abaixo está apresentado o resumo das características da Zona 01:

Condições da zona	
ZONA está sendo Avaliada?	SIM
Este projeto contém Risco de Explosão?	NÃO
Existe atendimento ao público?	NÃO
Pode haver perda de patrimonio cultural?	SIM
Este projeto contém Animais?	NÃO
Hávera avaliação econômica?	SIM

b) Abaixo consta o resumo das Medidas Protetivas na Zona 01, segundo essa análise de Risco:

Medidas Protetivas	
Blindagem Espacial Externa	SEM blindagem espacial
Proteção contra choque (descarga atm. na estrutura)	Nenhuma medida de proteção
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Restrições físicas
Proteção contra incêndio	extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape
Fiação interna	
Energia (LINHA 01)	Cabo não blindado – sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços (a)
Sinal (LINHA 02)	Cabo não blindado – sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços (a)
Sistema de DPS	
Tipo de DPS	DPS - I
Tipo Coordenação de DPS	Nenhum sistema de DPS coordenado

C) Abaixo consta o resumo das Componentes de Risco R1 na Zona 01, segundo essa análise de Risco:

R1 - Valores Somados das Zonas Avaliadas		
S1- Estruturas	RA	1,77E-07
	RB	4,43E-07
	RC	0,00E+00
S2 -Perto da Estrutura	RM	0,00E+00
S3 - Na Linha	RU	0,00E+00
	RV	1,38E-09
	RW	0,00E+00
S4 -Perto da Linha	RZ	0,00E+00
R1 total:	R1t	6,22E-07

d) Abaixo consta o resumo das Componentes de Risco R2 na Zona 01, segundo essa análise de Risco:

R2 - Valores Somados das Zonas Avaliadas		
S1 -Estrutura	RB	0,00E+00
	RC	0,00E+00
S2 - Perto da Estrutura	RM	0,00E+00
S3 -Na Linha	RV	0,00E+00
	RW	0,00E+00
S4 -Perto da Linha	RZ	0,00E+00
R2 total:	R2t	0,00E+00

e) Abaixo consta o resumo das Componentes de Risco R3 na Zona 01, segundo essa análise de Risco:

R3 - Valores Somados das Zonas Avaliadas		
S1 -Estrutura	RB	1,60E-06
S3 - Na linha	RV	4,95E-09
R3 total:	R3t	1,60E-06

f) Abaixo consta o resumo das Componentes de Risco R4 na Zona 01, segundo essa análise de Risco:

R4 - Valores Somados das Zonas Avaliadas		
S1- Estruturas	RA	0,00E+00
	RB	1,77E-06
	RC	0,00E+00
S2 -Perto da Estrutura	RM	1,09E-05
S3 - Na Linha	RU	0,00E+00
	RV	5,50E-09
	RW	3,93E-08
S4 -Perto da Linha	RZ	4,93E-07
R4 total:	R4t	1,32E-05



**ESTUDO DE VIABILIDADE – FINANCEIRO DO
SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE DE
131,15 kWp – TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA
PARAÍBA (TRE-PB)**

JOÃO PESSOA - PB, 09 de NOVEMBRO de 2025

**ESTUDO DE VIABILIDADE – FINANCEIRO DE INSTALAÇÃO
FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE DE 131,15 kWp**



financeiro@synergyenergisol.com.br



Av. Piauí, 892 - Estados
CEP: 58030-331
João Pessoa - Paraíba



(83) 99114-9635

1.0. ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO – FINANCEIRO

1.1. JUSTIFICATIVA

A implantação de uma usina fotovoltaica conectada à rede, com potência instalada de 131,15 kWp, na unidade consumidora do Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba (TRE-PB), localizada no município de João Pessoa – PB, tem por finalidade reduzir os custos de consumo de energia elétrica provenientes da rede de distribuição da Energisa Paraíba, bem como promover o uso racional e sustentável dos recursos públicos.

Atualmente, a unidade apresenta elevado consumo mensal de energia, compatível com suas atividades administrativas e de atendimento ao público. Tal consumo gera uma despesa significativa no orçamento do órgão, além de contribuir para o aumento da demanda por energia proveniente de fontes não renováveis.

1.2.OBJETIVO

O presente Estudo de Viabilidade Financeira tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede, com potência instalada de 131,15 kWp, na unidade consumidora do Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba (TRE-PB), localizada no município de João Pessoa – PB.

1.3.UNIDADES CONSUMIDORAS

As unidades consumidoras que participarão do **Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE)**.

UNIDADE CONSUMIDORA – UNIDADE GERADORA

Nome: TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA – TRE-PB

CNPJ: 06.017.798/0001-60





Endereço: Avenida Princesa Isabel, nº 201 – Centro, João Pessoa/PB

Código/Cliente: 5/9981203-4

Município: João Pessoa/PB

Percentual de Geração: 15,33% – Unidade Geradora Principal

Esta unidade será responsável pela geração e injeção de energia elétrica proveniente da usina fotovoltaica de 131,15 kWp, instalada sobre o telhado de termoacústico do prédio sede do TRE-PB, em conformidade com o sistema de compensação de energia elétrica junto à Energisa-PB.

1.4.ANALISE DO CONSUMO DE ENERGIA

Para o presente estudo, foi considerada a conta de energia elétrica referente ao mês de setembro, juntamente com o histórico de consumo fornecido pela concessionária. Esses dados servem como base para a avaliação do perfil de consumo da unidade e para a simulação da geração fotovoltaica, permitindo estimar com precisão a economia e o retorno financeiro proporcionados pelo sistema proposto.



TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAIBA II

AV PRINCESA ISABEL, 201 - 58000000

 TAMBIA
 JOAO PESSOA (AG: 1)

 CNPJ/CPF: 0X.XXX.XXX.XXX1-60
 Insc. Est.: ISEX0000X

CÓDIGO DO CLIENTE

5/9981203-4

CÓDIGO DA INSTALAÇÃO

W9007930299

Datas de Leituras

Anterior

31/08/2025

Atual

30/09/2025

30

Leitura

31/10/2025



NOTA FISCAL Nº: 006.529.508 - Série: 002

DATA DE EMISSÃO: 01/10/2025

Consulte pela Chave de Acesso em:

<https://rie-portal.sv.rs.rs.gov.br/nbe/consulta>

chave de acesso:

2525 0909 0951 8300 0140 6600 2006 5295 0810 1853 2718

Protocolo de Autorização:

3252500020027614 - 01/10/2025 11:11:01

REF: MÊS / ANO

Setembro / 2025

VENCIMENTO

26/10/2025

TOTAL A PAGAR

R\$ 78.030,93

Importante: seu número de identificação será atualizado. A partir de 01/12/2025, o número da sua unidade consumidora será alterado, conforme determinação da ANEEL. A mudança é automática e não afeta o seu consumo nem o fornecimento de energia.

Itens de Fatura	Unid.	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Valor (R\$)	PIS/COFINS (R\$)	Base Calc. ICMS (R\$)	% Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Tarifa unit R\$	Tributo	Base de Cálculo (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)
Consumo em kWh - Fora Ponta	KWH	101.890,32	0,443480	45.186,13	1.782,32	45.186,13	20	9.037,23	0,337290	PIS	63.420,62	0,8795	557,78
Energia Reativa Exced em kWh - Ponta	UN	165,76	0,337010	55,86	2,20	55,86	20	11,17	0,256320	COFINS	63.420,62	4,0510	2.589,16
Energia Reativa Exced em kWh - Fponta	UN	9.705,92	0,337010	3.271,05	129,02	3.271,05	20	654,21	0,256320	ICMS	77.404,55	20,00	15.480,91
Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	KW	566,72	32,108080	18.196,29	717,73	18.196,29	20	3.639,26	24,420000				
Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	KW	58,28	25,686470	1.497,00	73,81	0,00	0	0,00	24,420000				
Demanda Potência Reativa Exced - F Ponta	KW	4,44	32,108080	142,55	5,62	142,55	20	28,51	24,420000				
Adic. B. Vermelha				10.552,67	416,24	10.552,67	20	2.110,53					
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS													
CONTRIB SERV. ILUM. PÚBLICA				4.459,10	0,00	0,00	0	0,00					
IMPOSTO RENDA (-) 09/2025				-1.660,89	0,00	0,00	0	0,00					
CONT. SOCIAL (-) 09/2025				-788,99	0,00	0,00	0	0,00					
COFINS (-) 09/2025				-2.367,01	0,00	0,00	0	0,00					
PIS/PASEP (-) 09/2025				-512,83	0,00	0,00	0	0,00					

ontratadas

 Demanda ponta - kW
 Demanda fora ponta - kW
 Demanda TUSDG - kW

625

Figura 1 – Conta de energia de mês de referência setembro de 2025

CONSUMO DOS ÚLTIMOS 13 MESES											
MÊS	CONSUMO FATURADO	DEMANDA MEDIDA	CONS. FAT.	CONSUMO FATURADO	DEMANDA MEDIDA	ERE	DRE	ERE	DRE	CONS.	ERE
SET/25	0,00	78,40	0,00	101.890,32	566,72	9.705,92		165,76	4,44		
AGO/25	0,00	183,68	0,00	87.900,96	589,12	246,96		7.911,68	12,28		
JUL/25	0,00	506,24	0,00	112.790,16	562,24	638,96		13.082,72	1,64		
JUN/25	0,00	571,20	0,00	102.972,24	595,84	772,80		11.311,44	33,00		
MAI/25	0,00	616,00	0,00	115.318,00	631,68	716,80		11.885,44	63,84		
ABR/25	0,00	620,48	0,00	128.478,00	624,96	428,40		12.938,24	69,40		
MAR/25	10.976,73 *		0,00	112.017,83		732,07		8.694,84			
FEV/25	8.764,34	599,87	0,00	109.924,86	605,70	706,16		10.889,20	49,80		
JAN/25	6.143,94	618,69	0,00	102.594,76	636,16	583,68		9.892,91	64,40		
DEZ/24	14.811,60	615,10	0,00	124.068,94	642,88	1.383,60		12.402,26	66,08		
NOV/24	14.811,60	615,10	0,00	124.068,94	642,88	1.383,60		12.402,26	66,08		
OUT/24	10.780,36 *		0,00	108.197,54		580,86		6.949,23			
SET/24	12.770,24	511,62		119.102,48	520,13	781,65		10.422,38			
	PONTA		INTERME-DIÁRIA	FORA DE PONTA		PONTA		FORA DE PONTA		RESERVADO	

*FATURAMENTO PELA MÉDIA/MÍNIMO

Figura 2 – Consumo dos últimos 13 meses.



financeiro@synergyenergisolara.com.br


 Av. Piauí, 892 - Estados
 CEP: 58030-331
 João Pessoa - Paraíba


(83) 99114-9635

Os dados a seguir apresenta o histórico de consumo mensal da unidade consumidora do Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba (TRE-PB), obtido a partir das faturas de energia elétrica fornecidas pela concessionária Energisa Paraíba.

Os dados compreendem o período recente de operação, sendo que os meses de outubro, novembro e dezembro correspondem a valores registrados no ano de 2024, enquanto os demais meses refletem o padrão médio de consumo observado em 2025.

Esses valores foram utilizados como base para o dimensionamento do sistema fotovoltaico e para as projeções de geração e compensação energética ao longo do estudo.

Mês	Consumo (kWh)
Janeiro	102.594,76
Fevereiro	109.924,86
Março	112.017,83
Abril	128.478,00
Maio	115.318,00
Junho	102.972,24
Julho	112.790,16
Agosto	87.900,96
Setembro	101.890,32
Outubro*	108.197,54
Novembro*	124.068,94
Dezembro*	124.068,94



*Valores referentes ao histórico disponibilizado na fatura de setembro de 2025.

A unidade consumidora do Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba (TRE-PB), localizada na cidade de João Pessoa, é classificada no grupo tarifário A4 Verde, com fornecimento trifásico em 380/220 V. A fatura analisada, apresenta consumo total médio de 111.435,04 kWh/mês, com demanda contratada de 625 kW e valor total de R\$ 78.030,93 para o mês de setembro/2025. O consumo de energia ocorre majoritariamente fora de ponta, o que representa a faixa horária mais vantajosa para o sistema fotovoltaico compensar energia. Dessa forma, a geração da usina reduzirá principalmente o custo de energia ativa (TE e TUSD), sem muita influência sobre o pagamento referente à demanda contratada e aos encargos não compensáveis.

A análise da fatura também evidencia a incidência de bandeira tarifária vermelha no período, indicando acréscimo temporário no custo da energia elétrica devido à condição crítica de geração no sistema nacional. Esse fator reforça a importância do investimento em geração própria, já que a energia solar não sofre variação de custo por bandeiras tarifárias.

Verifica-se ainda que, no mês de referência, houve reajuste tarifário médio de 13,59%, conforme Resolução Homologatória nº 3.518/2025 da ANEEL. Tal aumento evidencia a tendência de alta constante das tarifas de energia elétrica, o que contribui para reduzir o payback e aumentar a atratividade econômica do sistema fotovoltaico.

Essa energia gerada será utilizada prioritariamente no consumo instantâneo da edificação, e o excedente será injetado na rede da Energisa, gerando créditos de compensação a serem abatidos das faturas subsequentes.

Por fim, destaca-se que, além da economia direta na fatura, a adoção do sistema fotovoltaico proporcionará maior previsibilidade orçamentária, redução de exposição a reajustes tarifários e diminuição do impacto ambiental, alinhando o TRE-PB às práticas de sustentabilidade energética e gestão eficiente de recursos públicos.

1.5. Premissas de compensação de energia



1. Faixa de compensação

Toda a energia gerada pela usina será compensada exclusivamente na faixa fora de ponta, pois coincide com o horário de funcionamento do TRE-PB e com o período de geração solar. Considera-se, portanto, que a parcela compensável recai integralmente sobre TE/TUSD de energia fora de ponta.

2. Simultaneidade (autoconsumo instantâneo)

Devido ao perfil de carga diurno (expediente de funcionamento 08h as 14hrs) e ao consumo médio do prédio ser superior à geração fotovoltaica, adota-se simultaneidade alta. Para o cálculo de base do sistema fotovoltaico, utilizaremos:

- Simultaneidade de referência: 80%
- Injeção média de energia na rede da concessionária: 20%

A energia simultânea reduz diretamente o consumo medido fora de ponta. O excedente eventual é injetado e compensado na mesma faixa horária (fora de ponta).

3. Demanda contratada

A geração fotovoltaica não reduz a parcela de demanda, já que a potência total de inversores proposta (120 kW) é inferior a demanda contratada no horário fora de ponta pelo TRE (625 kW), dessa forma a instalação do sistema fotovoltaico não terá impacto no valor da demanda contratada.

1.6.Dados de Irradiação Solar

Para a estimativa de geração do sistema fotovoltaico, foram utilizados dados de irradiação solar provenientes do CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito). As informações correspondem às médias mensais de irradiação global horizontal para o município de João Pessoa-PB, local previsto para a instalação do sistema. Esses valores serviram de base para o cálculo da produção energética anual e para a análise de desempenho do projeto.



Mês	Irradiação (kWh/m².dia)
Janeiro	5,62
Fevereiro	5,86
Março	6,00
Abril	5,51
Maió	5,06
Junho	4,62
Julho	4,72
Agosto	5,46
Setembro	5,82
Outubro	5,95
Novembro	6,00
Dezembro	5,85
Média Anual	5,54

1.7.Cálculo do Fator de Performance (PR)

O fator de performance (PR) representa o percentual da energia solar incidente que é efetivamente convertida em energia elétrica utilizável após todas as perdas do sistema. Ele é calculado conforme a fórmula geral:

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r}$$

Onde:

- Y_f = rendimento final do sistema (kWh/kWp)
- Y_r = rendimento de referência (irradiação anual no plano do módulo / 1.000)



As perdas em um sistema de energia solar correspondem às reduções entre a energia solar total incidente nos módulos e a energia elétrica efetivamente entregue à rede ou consumida. Elas ocorrem devido a fatores técnicos e ambientais ao longo da conversão e transmissão da energia. As perdas globais típicas de uma usina fotovoltaica conectada à rede são:

Tipo de perda	Valor (%)	Fator multiplicativo
Perdas por temperatura	7,0%	0,93
Perdas por sombreamento parcial	1,0%	0,99
Perdas por sujeira nos módulos	2,0%	0,98
Perdas nos cabos CC e CA	2,5%	0,975
Perdas no inversor	3,0%	0,97
Perdas de mismatch e degradação anual	2,5%	0,975
Total combinado (produto)	—	0,7696

1.8.Geração estimada mensal

A tabela a seguir apresenta a irradiação solar média mensal obtida através da base de dados do CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito) para o município de João Pessoa – PB, correlacionada à geração estimada do sistema fotovoltaico e ao consumo histórico da unidade consumidora do Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba (TRE-PB).

Os valores de irradiação diária e mensal representam o potencial energético solar disponível no plano dos módulos, enquanto a geração mensal foi estimada com base na potência instalada de 131,15 kWp, no fator de performance calculado de 0,76962 e nas condições climáticas médias da região. O consumo mensal foi obtido a partir das faturas reais da concessionária Energisa Paraíba, considerando o comportamento energético anual do prédio.



Mês	Dias	Irradiação Diária kWh/m².dia)	Irradiação Mensal (kWh/m²)	Geração Mensal (kWh)	Consumo Mensal (kWh)
Janeiro	31	5,62	174,22	17.585,01	102.594,76
Fevereiro	28	5,86	164,08	16.561,52	109.924,86
Março	31	6,00	186,00	18.774,03	112.017,83
Abril	30	5,51	165,30	16.684,67	128.478,00
Maiο	31	5,06	156,86	15.832,77	115.318,00
Junho	30	4,62	138,60	13.989,68	102.972,24
Julho	31	4,72	146,32	14.768,91	112.790,16
Agosto	31	5,46	169,26	17.084,37	87.900,96
Setembro	30	5,82	174,60	17.623,37	101.890,32
Outubro	31	5,95	184,45	18.617,58	108.197,54
Novembro	30	6,00	180,00	18.168,42	124.068,94
Dezembro	31	5,85	181,35	18.304,68	124.068,94
TOTAL	365	5,54	2.021,04	203.995,01	1.330.222,55

Portanto, a geração média mensal adotada para o estudo vai ser o total da geração mensal (kWh) dividido por 12 meses. Esse valor é de 17.000 kWh/mês, em plena coerência com os parâmetros de irradiação local, eficiência dos equipamentos e fator de performance calculado.



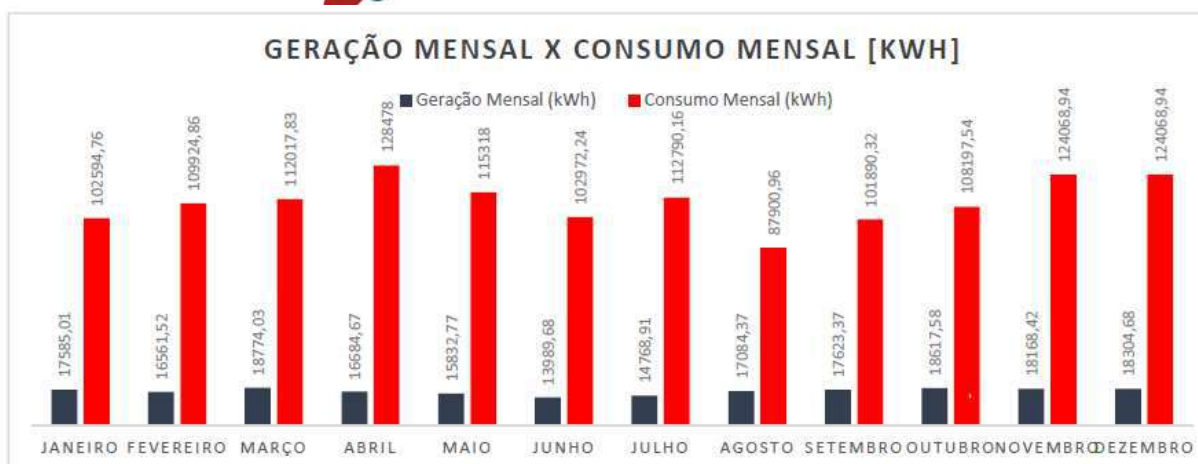


Figura 4 – Consumo vs Geração (kWh)

1.9. Simulação de fatura e compensação

Esta simulação da fatura de energia da unidade consumidora do TRE-PB foi elaborada considerando exclusivamente os componentes de custo diretamente influenciados pela geração fotovoltaica injetada no sistema de compensação de energia elétrica. Adotou-se o cenário de compensação integral na faixa fora de ponta, com alta simultaneidade entre geração e consumo, em linha com o perfil de operação diurna do órgão.

Foram adotados:

- Parcela de energia ativa fora de ponta (TE + TUSD de energia), sobre a qual a energia gerada e injetada efetivamente produz abatimento;
- Eventual aplicação de bandeiras tarifárias sobre a energia fora de ponta, quando presentes na fatura de referência.
- Regra de compensação na mesma faixa horária (fora de ponta), sem migração de créditos entre postos tarifários.

Premissas operacionais adotadas:

- Compensação restrita ao período fora de ponta, coerente com a curva de carga do TRE-PB e a produção fotovoltaica diurna.
- Alta simultaneidade: prioriza-se o autoconsumo instantâneo; apenas o excedente é considerado como injeção e compensação fora de ponta.



- Parâmetros técnicos do sistema (potência instalada e fator de performance) conforme memorial do projeto.

Para o projeto do TRE-PB, a energia injetada deverá ser avaliada aproximadamente em R\$ 0,31/kWh. Esse valor representa o crédito líquido efetivo compensável na fatura da Energisa, conforme a Lei 14.300/2022 e suas regras de transição.

Demonstrativo						
Descrição	Quantidade	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R\$)	ICMS 20%	PIS (R\$) 0,8795%	COFINS (R\$) 4,0510%
Consumo em kWh FP	110852	0,44346	49158,37	9831,67	432,35	1991,41
Energia Reat Exced em kWh P	165,76	0,33	54,70	33,15	1,46	6,71
Energia Reat Exced em kWh FP	9705,92	0,33	3202,95	1941,18	85,36	393,19
Demanda não medida FP	58,28	25,68647	1497,007	299,40	13,17	60,64
Demanda med FP	566,72	32,1	18191,712	3638,34	160,00	736,95
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS						
Contrib. Serv. Ilum. Pública			4459,10			
Ad. Bandeira			11458,86	2291,7712	100,7806383	464,1982556
Encargos extras			-5097,99			
						TOTAL A PAGAR
						RS 82.924,71

Figura 5 – Conta média antes do sistema de energia solar – apenas consumo fora ponta.



Demonstrativo						
Descrição	Quantidade	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R\$)	ICMS 20%	PIS (R\$) 0,8795%	COFINS (R\$) 4,0510%
Consumo em kWh FP	97252	0,44346	43127,37	19450,40	855,33	3939,68
Energia Reat Exced em kWh P	165,76	0,33	54,70	33,15	1,46	6,71
Energia Reat Exced em kWh FP	9705	0,33	3202,65	1941,00	85,36	393,15
Energia Atv Injetada FP	3400	0,31	-1054,00	-52,70	-29,90	-42,70
Demanda não medida FP	58,28	25,68647	1497,007	299,40	13,17	60,64
Demanda med FP	566,72	32,10000	18191,71	3638,34	160,00	736,95
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS						
Contrib. Serv. Ilum. Pública			4459,10			
Ad. Bandeira			10071,00	2291,7712	100,7806383	464,1982556
Encargos extras			-5097,99			
						TOTAL A PAGAR
						R\$ 74.451,55

Figura 6 – Conta média após o sistema de energia solar – apenas consumo fora ponta.

A comparação entre as faturas demonstra de forma clara a redução significativa nos custos de energia elétrica após a implantação do sistema fotovoltaico. O valor mensal, que anteriormente era de R\$ 82.924,71, passou para R\$ R\$ 74.451,55, evidenciando o impacto direto da geração solar na diminuição das despesas com consumo da rede. Esse resultado reforça a eficiência e o retorno econômico proporcionado pelo investimento em energia solar, resultando em uma economia média mensal de **R\$ 8.473,16 (Oito mil, quatrocentos e setenta e três reais e treze centavos)**.

1.10. Retorno financeiro

A seguir, é apresentada a análise de retorno financeiro do sistema fotovoltaico proposto. Essa etapa tem como objetivo demonstrar, de forma técnica e econômica, os benefícios financeiros gerados pela redução na fatura de energia elétrica, considerando os custos de implantação, a economia mensal estimada e os indicadores de viabilidade, como payback, TIR e VPL. A avaliação permite compreender o tempo de retorno do investimento e o ganho acumulado ao longo da vida útil do sistema.



Como base para os cálculos, temos a seguinte tabela com a ficha técnica do sistema:

Consumo Anual de Energia (Fora Ponta)	1.330.222,55 kWh
Consumo Médio Mensal de Energia (Fora Ponta)	110.851,88 kWh
Meta de Redução do Consumo	15,33%
Geração Mensal Proposta	17.000 kWh
Geração Anual Proposta	203.995 kWh
Economia na conta no Primeiro Ano	R\$ 101.677,92
Emissões de CO ₂ evitadas	49968,15 Kg
Árvores plantadas em 25 anos	29126

Considerando os seguintes coeficientes:

Coeficientes dos Cálculos do Retorno	
Degradação Anual do Módulo (Perca de Rendimento Anual do Sistema)	0,7%
IPCA média de 20 anos	5%
Aumento médio do preço da energia	10%
Taxa de Atratividade	10,0%

O custo total calculado para a implantação do sistema de energia solar foi de **R\$ 389.941,19 (Trezentos e oitenta e nove mil, novecentos e quarenta e um reais e dezenove centavos).**

Observação: O valor apresentado para implantação do sistema fotovoltaico foi calculado sem considerar o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA). O SPDA foi ajustado conforme o laudo técnico realizado, sendo um item que precisaria ser corrigido independentemente da instalação do sistema solar, por se tratar de uma adequação prevista na documentação técnica e necessária para garantir a segurança da edificação, dessa forma o estudo de viabilidade financeira se dá considerando apenas o custo efetivo total para implantação do sistema fotovoltaico na cobertura do Edifício Sede do Tribunal Regional Eleitoral – PB.



A seguir, é apresentada a projeção de geração de energia e evolução tarifária ao longo dos anos de operação do sistema fotovoltaico. Considera-se a produtividade inicial de 100% no primeiro ano e a degradação natural dos módulos fotovoltaicos ao longo do tempo, refletindo a redução gradual da produção de energia. As tarifas utilizadas seguem uma estimativa de reajuste médio anual aplicado sobre o valor base da energia elétrica.

Ano	Produtividade do sistema instalado	Produção em kWh	Tarifa em R\$
ano 1	100,0%	203.995	0,3100
ano 2	99,3%	202.567	0,3410
ano 3	98,6%	201.139	0,3751
ano 4	97,9%	199.711	0,4126
ano 5	97,2%	198.283	0,4539
ano 6	96,5%	196.855	0,4993
ano 7	95,8%	195.427	0,5492
ano 8	95,1%	193.999	0,6041
ano 9	94,4%	192.571	0,6645
ano 10	93,7%	191.143	0,7310
ano 11	93,0%	189.715	0,8041
ano 12	92,3%	188.287	0,8845
ano 13	91,6%	186.859	0,9729
ano 14	90,9%	185.431	1,0702
ano 15	90,2%	184.003	1,1772
ano 16	89,5%	182.576	1,2949
ano 17	88,8%	181.148	1,4244
ano 18	88,1%	179.720	1,5669
ano 19	87,4%	178.292	1,7236
ano 20	86,7%	176.864	1,8959
ano 21	86,0%	175.436	2,0855
ano 22	85,3%	174.008	2,2941



ano 23	84,6%	172.580	2,5235
ano 24	83,9%	171.152	2,7758
ano 25	83,2%	169.724	3,0534

A seguir, são apresentados os valores de investimento inicial e os fluxos de caixa projetados ao longo dos anos de operação do sistema fotovoltaico. O investimento representa o desembolso inicial necessário para implantação do sistema. A economia corresponde à redução anual obtida na fatura de energia elétrica em função da geração própria. O fluxo de caixa livre considera a diferença entre a economia anual e o investimento realizado, indicando o retorno financeiro acumulado do projeto. Já o fluxo anualizado demonstra a variação desses valores ao longo do tempo, permitindo a análise da viabilidade econômica e do prazo de retorno do investimento.

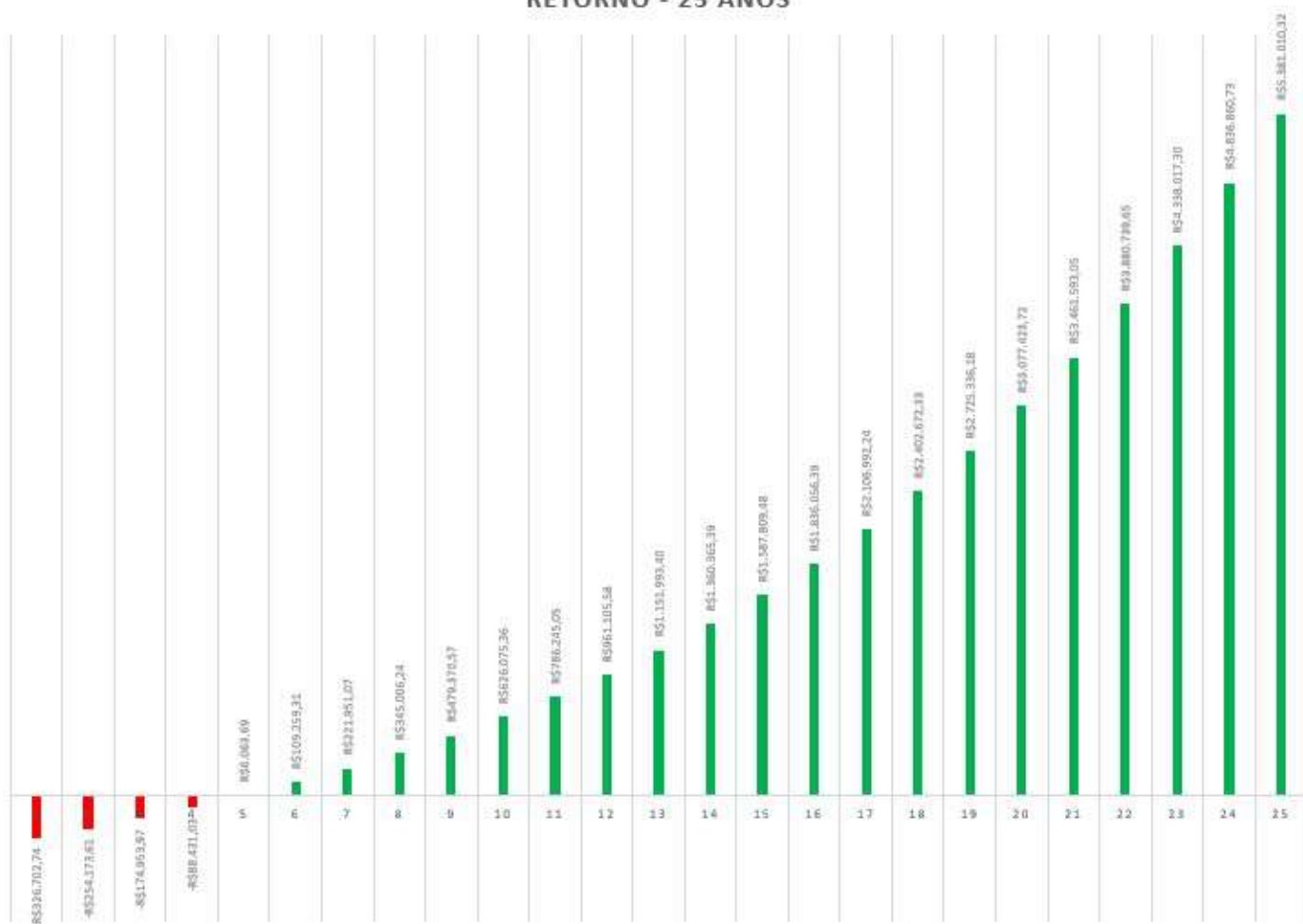
Investimento (R\$)	Ano	Economia (R\$)	Fluxo de caixa livre (R\$)	Fluxo anualizado (R\$)
-389.941,19	1	63.238	-326.703	-R\$ 326.702,74
	2	72.529	72.529	-R\$ 254.173,61
	3	79.220	79.220	-R\$ 174.953,97
	4	86.523	86.523	-R\$ 88.431,03
	5	94.495	94.495	R\$ 6.063,69
	6	103.196	103.196	R\$ 109.259,31
	7	112.692	112.692	R\$ 221.951,07
	8	123.055	123.055	R\$ 345.006,24
	9	134.364	134.364	R\$ 479.370,57
	10	146.705	146.705	R\$ 626.075,36
	11	160.170	160.170	R\$ 786.245,05
	12	174.861	174.861	R\$ 961.105,58
	13	190.888	190.888	R\$ 1.151.993,40
	14	208.372	208.372	R\$ 1.360.365,39
	15	227.444	227.444	R\$ 1.587.809,48
	16	248.247	248.247	R\$ 1.836.056,39
	17	270.936	270.936	R\$ 2.106.992,24
	18	295.680	295.680	R\$ 2.402.672,33



	19	322.664	322.664	R\$	2.725.336,18
	20	352.088	352.088	R\$	3.077.423,72
	21	384.169	384.169	R\$	3.461.593,05
	22	419.147	419.147	R\$	3.880.739,65
	23	457.278	457.278	R\$	4.338.017,30
	24	498.843	498.843	R\$	4.836.860,73
	25	544.150	544.150	R\$	5.381.010,32

O gráfico representa a relação entre o investimento inicial e os retornos anuais gerados pelo sistema de energia solar.

RETORNO - 25 ANOS



A tabela a seguir apresenta a ficha técnica financeira do sistema de energia solar proposto. Nela estão resumidos os principais indicadores de desempenho energético e econômico do projeto, incluindo consumo atual, produção estimada, investimento necessário e retorno esperado. Esses dados permitem avaliar a viabilidade financeira do



sistema e o impacto da geração fotovoltaica na redução dos custos de energia ao longo do tempo.

FICHA TÉCNICA FINANCEIRA DO SISTEMA DE ENERGIA SOLAR

Item	Valor	Unidade	Comentário
Consumo anual de energia	1.330.223	kWh	
Consumo mensal de energia médio	110.852	kWh	
Meta de redução	15,33%		Gerar 15,33% da energia consumida atualmente
Produção alvo do sistema fotovoltaico	203.995	kWh	em Kilowatt hora
Potência a ser instalada	131,15	kWp	Em Kilowatt pico
Capex unitário	2,97	R\$ / Wp	Valor do R\$ por watt instalado
Capex total	R\$ 389.941,19	R\$	Valor total do Investimento
Tarifa efetiva atual	0,44346	R\$ / kWh	Tarifa pós-impostos e compensada
Economia primeiro ano sistema fotovoltaico	R\$101.677,92	R\$ / ano	Quanto vai economizar de Energia Elétrica no primeiro ano
Economia mensal primeiro ano	R\$8.473,16	R\$ / mês	Quanto vai economizar de Energia Elétrica por mês
Payback simples	3,8	Anos	Retorno financeiro do investimento
Retorno 1 ano	26,1%		Retorno financeiro no primeiro ano
TIR 25 anos	25,6%	ao ano	Taxa Interna de Retorno.
VPL	989.519,43		projeto gera um retorno líquido positivo de cerca de R\$989.519,43, considerando esses índices



2.0. CONCLUSÃO

O estudo técnico-financeiro desenvolvido demonstra de forma clara e fundamentada a viabilidade econômica e operacional da implantação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica proposto. O investimento total estimado é de R\$ 389.941,19, projetado para atender aproximadamente 15,33% do consumo atual de energia elétrica do órgão, com geração anual de 203.995 kWh.

A análise financeira indica resultados extremamente favoráveis. Com uma **economia estimada de R\$ 101.677,95 no primeiro ano**, o sistema apresenta um **payback simples de aproximadamente 3,8 anos**, o que significa que o valor investido será integralmente recuperado em um curto período de tempo. A partir desse ponto, toda a economia gerada representará retorno líquido para o órgão, reduzindo despesas correntes de forma sustentável.

O projeto apresenta ainda uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de **25,60 % ao ano** e um **Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 989.519,43**, comprovando sua alta rentabilidade e sua eficiência econômica quando comparada a outras formas de investimento público. Essa performance evidencia que o sistema, além de autossustentável, gera benefícios financeiros expressivos ao longo de sua vida útil de 25 anos.

Do ponto de vista ambiental e institucional, o projeto contribui diretamente para a redução da dependência da rede elétrica convencional e para a mitigação de impactos ambientais, ao evitar a emissão de toneladas de CO₂ associadas à geração de energia de fontes não renováveis. Além disso, fortalece a imagem do órgão como exemplo de gestão pública moderna, responsável e comprometida com práticas sustentáveis e inovação tecnológica.

Por todos esses motivos, a implantação do sistema de energia solar proposto deve ser considerada uma ação estratégica de longo prazo, capaz de gerar economia, eficiência e sustentabilidade, reforçando o compromisso institucional com o uso racional dos





recursos públicos e o desenvolvimento de soluções energéticas alinhadas com as políticas nacionais de transição energética e sustentabilidade ambiental.

João Pessoa - PB, 18 de novembro de 2021

Elaborado por:

**DIOGO
MARTINS DE
SOUSA CAMPOS**

Assinado de forma
digital por DIOGO
MARTINS DE SOUSA
CAMPOS
Dados: 2025.11.20
13:33:55 -03'00'

Diogo Martins de Sousa Campos

Engenheiro Eletricista

CREA 1617943401

