0A	28/10/2023	TCC	RCB	JCS	EMISSÃO INICIAL
REV.	**DATA**	**PROJ.**	**VERIF.**	**APROV.**	**DESCRIÇÃO**

☐ LIBERAÇÃO DO PROJETO

☐ APROVADO

☐ APROVADO COM COMENTÁRIOS

☐ REPROVADO

Projeto:

Cliente:

Responsável técnico:

JARDEL L. C. SILVA
ENGº ELETRICISTA
CREA: 5069844128

Título:

LT 138 kV SE DISTRITO C2 - “ANEL OESTE”

Escala:	Formato:	Nº do documento:	Folha:
Sem	A4	EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-004	1/15

Índice

1. OBJETIVO 3

2. RELAÇÃO DE NORMAS 3

3. ESTUDOS TÉCNICOS 3

3.1. DADOS DE PROJETO PARA ESTUDOS E DIMENSIONAMENTOS 3

3.2. CABO CONDUTOR CAA HAWK 4

3.3. OPGW (OPTICAL GROUND WIRE) 5

3.4. PÁRA-RAIOS - LEGHORN 5

3.5. SISTEMA DE AMORTECIMENTO 6

3.6. ISOLADORES 6

3.7. CADEIAS FERRAGENS E ACESSÓRIOS 7

3.8. SILHUETAS 7

3.9. FAIXA DE SERVIDÃO 8

3.10. ATERRAMENTOS 8

3.11. ESTUDOS E TRAVESSIAS 9

3.12. CIVIL (FUNDAÇÕES) 9

3.13. SINALIZAÇÃO E FASEAMENTO 10

4. 4. TRAÇADOS ESTUDADOS 11

4.1. RAMAL LT 138 kV SE DISTRITO COM SECCIONAMENTO DA SE INTERLIGAÇÃO SE SATURNINO – OPÇÃO A 11

4.2. RAMAL LT 138 kV SE DISTRITO COM SECCIONAMENTO DA SE INTERLIGAÇÃO SE SATURNINO – OPÇÃO B 12

1. OBJETIVO

Este documento tem como objetivo analisar as possíveis alternativas locacionais para a implantação da Linha de Transmissão (LT) em tensão nominal de 138.000 V (ou 138 kV), que servirá como segunda fonte de alimentação da Subestação (SE) DISTRITO.

Esta LT será o resultado do seccionamento da LT de interligação das subestações INTERLIGAÇÃO e SATURNINO.

Localizado no município de Poços de Caldas-MG, o projeto, denominado “ANEL OESTE”, visa aumentar a confiabilidade do sistema de transmissão da DME DISTRIBUIÇÃO e proporcionar maior capacidade de expansão de carga na região de eletrificação para o horizonte futuro.

2. RELAÇÃO DE NORMAS

Para a fase de estudo, foram adotadas as normas e instruções pertinentes. Também, poderão ser utilizadas na fase de projeto executivo: ANEXO: EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-005.

3. ESTUDOS TÉCNICOS

3.1. DADOS DE PROJETO PARA ESTUDOS E DIMENSIONAMENTOS

- Tensão nominal: 138.000 V ou 138 kV
- Condutores: CAA 477 MCM – HAWK
- Para-raios: CAA 134,6 MCM – LEGHORN / OPGW 14,1mm
- Temp Max: 75°C Temp Min: 0°C
- Temp EDS: 21°C Temp c/v: Velocidade de vento: 15 °C 120,0 km/h

3.2. CABO CONDUTOR CAA HAWK

Tipo do cabo condutor	Hawk
Tipo de condutor	Circular, encordoado
Material do condutor	Alumínio / Alma de Aço
Flexibilidade do condutor	Classe A
Formato do condutor	Circular non compacted
Características dimensionais	
Bitola	477 kcmil
Seção transversal de alumínio	241,65 mm²
Seção transversal do condutor	281,14 mm²
Número de fios de alumínio	26
Diâmetro dos fios de alumínio	3,44 mm
Número de fios de aço	7
Diâmetro dos fios de aço	2,68 mm
Diâmetro da alma de aço	8,04 mm
Diâmetro do condutor	21,8 mm
Raio médio geométrico	0,00884 m
Peso nominal do Alumínio (aprox.)	671,3 kg/km
Peso nominal do aço (aprox.)	308,5 kg/km
Massa aproximada	979,7 kg/km
Diâmetro externo nominal	21,8 mm
Número de condutores	1
Características elétricas	
Resistência elétrica máxima CA 60Hz 75°C	0,144 Ohm/km
Reatância indutiva	0,3566 Ohm/km
Reatância capacitiva	0,2158 MOhm.km
Ampacidade	660,0 A
Características mecânicas	
Carga de ruptuta (Classe A)	8890 kgf
Carga de ruptura (Classe B)	8620 kgf
Têmpera	1350-H19
Características de utilização	
Lance nominal	2490 m
Peso líquido da bobina	2430 kg
Acondicionamento	Bobina 170/80

Fonte: https://www.nexans.com.br/.rest/catalog/v1/product/pdf/64538

Tabela 1 - Condutor HAWK

3.3. OPGW (OPTICAL GROUND WIRE)

O cabo para-raios OPGW (Optical Ground Wire) será utilizado para proteção contra descargas atmosféricas e trafego de dados via fibra optica.

Características Construtivas	
Características	Valor
Área da seção transversal nominal (mm2)	115
Núcleo: tubo de alumínio - quant. x diâmetro (mm)	1 x 6,90
Camada 1: fios de aço-alumínio 30% IACS - quant. x diâmetro (mm)	9 x 3,60
Sentido de encordoamento - camada externa	Esquerda
Diâmetro externo nominal (mm)	14,1
Carga de ruptura (kN)	75,38
Peso aproximado (kg/km)	608
Resistência elétrica CC à 20ºC (Ω/km)	0,4535
Módulo de elasticidade (N/mm2)	117700
Coeficiente de expansão linear (1/ºC)	14,8 x 10-6
Capacidade de corrente de curto-circuito - Ambiente = 50oC (kA2.s)	97
Descarga atmosférica (C)	150
Raio mínimo de curvatura (mm)	211,5

Tabela 2 - OPGW

3.4. PÁRA-RAIOS - LEGHORN

Tipo de cabo	LEGHORN
Material do condutor	Alumínio / Alma de Aço
Características dimensionais	
Bitola	134,60 AWG/MCM
Seção transversal de alumínio	68,20 mm²
Seção transversal do condutor	39,78 mm²
Seção transversal total	107,98 mm²
Formação, Número e Diâmetro dos Fios AL	12 x 2,69 Nº x mm
Formação, Número e Diâmetro dos Fios Aço	7 x 2,69 Nº x mm
Diâmetro Nominal do Cabo	13,45
Massa AL	189,33 kg/km
Massa Aço	310,37 kg/km
Massa Total	499,70 kg/km
% Alumínio	37,89%
% Aço	62,11%
RMC AL Classe 1	60,60 kN
RMC AL Classe 2	57,93 kN
Resistência Elétrica CC a 20°C	0,423 Ω/km
Capacidade de Corrente 75°C	343,54 A

Fonte: https://alubar.net.br/img/site/arquivo/Cat_Tec_Alubar_Aluminio_2015.pdf

Tabela 3 - LEGHORN

3.5. SISTEMA DE AMORTECIMENTO

Os sistemas de amortecimento têm como função atenuar as vibrações eólicas que ocorrem nos cabos para-raios e condutores.

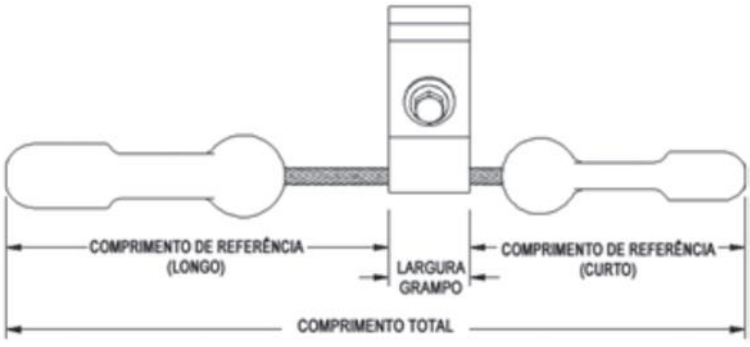


Figura 1 - Amortecedor tipo Stockbridge

Sendo a vibração eólica um comportamento de movimento de amplitude baixa e frequência alta causado por ventos planos laminares que atuam transversalmente aos cabos. Quando expostos a essa situação, ocorre o fenômeno conhecido como Eddy Shedding, Eddy ou ainda Vortex Shedding. Os dimensionamentos foram realizados considerando o amortecedor de vibração eólica Stockbridge. Tal situação assume formas de ondas estacionárias que, mesmo discretas, podem causar danos nas ferragens de sustentação, fadiga no condutor, desgaste por atrito e, consequentemente, falha do condutor.

Tanto os projetos básicos, como é o caso deste documento, quanto os executivos realizam o dimensionamento estimado, cabendo exclusivamente ao fabricante dos amortecedores confirmar, por meio de estudos, as quantidades necessárias nos vãos. Consulte as Notas 13 dos documentos nº: EE1-LT-138-DME-DIS-2023-09-001 e EE2-LT-138-DME-DIS-2023-09-002.

3.6. ISOLADORES

O número de isoladores é definido para a tensão máxima operativa da linha de transmissão e posteriormente verificado quanto ao seu desempenho para descargas atmosféricas. Nesta definição é importante o valor da tensão máxima operativa da linha em questão, os níveis de poluição na região do traçado e as características do isolador a ser utilizado.

O número mínimo de isoladores pode ser determinado por:

$$nISO = \frac{V_{TMO} \cdot k}{dE}$$

onde:
$nISOL$ Número de isoladores na cadeia
$VTMO$ Tensão máxima operativa da LT, fase-fase (kV)
k Distância de escoamento específica nominal mínima (mm/kV$_{\varphi\varphi}$)
dE Distância de escoamento de um isolador (mm)

O item 3.6.2.2 do Submódulo 2.7 do Procedimentos de Rede do ONS [19] determina o valor mínimo de 14 mm/kV no cálculo do número de isoladores em regiões de poluição leve. Neste estudo tomou-se para a região atravessada pela linha, o valor de aproximadamente 16 mm/kV, referido à tensão entre fases, que corresponde ao valor de 27,8 mm/kV referido à tensão fase-terra.

A tabela abaixo apresenta as características dos isoladores aplicados na linha de transmissão:

Carga mecânica de ruptura (kN)	80 / 120
Engate	Concha-bola
Diâmetro do disco (mm)	254
Passo do isolador (mm)	146
Distância de escoamento (mm)	320

Com base no nível de poluição da região, na tensão da LT, na distância de escoamento e no desempenho frente às descargas atmosféricas, definiu-se os quantitativos apresentados a seguir:

Denominação	Quantidade de Isoladores
Cadeia de Suspensão	9
Cadeia de Passagem	9
Cadeia de Ancoragem	12

Os isoladores deverão atender as disposições das normas do item 2.

3.7. CADEIAS FERRAGENS E ACESSÓRIOS

As cadeias serem utilizadas deverão conter ensaios e características mecânicas compatíveis com as condições de aplicação e atender as disposições contidas nas normas apresentadas no ANEXO nº EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-005 LISTA DE NORMAS deste documento.

Quantidades e descrições constam nas listas de materiais:

- EE1-LT-138-DME-DIS-2023-09-002 - LISTA DE MATERIAIS para o TRECHO OPÇÃO “A”; e
- EE2-LT-138-DME-DIS-2023-09-002 - LISTA DE MATERIAIS para o TRECHO OPÇÃO “B”.

NÚMERO	TÍTULO
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-022	ARRANJO OPGW
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-023	ARRANJO ANCORAGEM LEGHORN
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-024	ARRANJO CADEIA DE ANCORAGEM CONDUTOR 477 HAWK
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-025	ARRANJO CADEIA DE SUSPENSÃO CONDUTOR 477 HAWK
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-026	ARRANJO CONJUNTO DE SUSPENÇAO PARA-RAIOS LEGHORN
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-027	ARRANJO CADEIA DE JUMPER CONDUTOR 477 HAWK
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-028	CONJUNTO DE ANCORAGEM PARA-RAIOS LEGHORN
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-029	CONJUNTO DE SUSPENÇÃO OPGW
Tabela 4 – Documentos das Cadeias	

3.8. SILHUETAS

Para o estudo foram utilizadas silhuetas típicas para aplicação em LT equivalentes ao ramal estudado, apesar de ser genéricas são aplicáveis desde estudado o carregamento e aplicabilidade. Sendo a

nomenclatura:

SIGLA	APLICAÇÃO	DES. N°:
DA90T	TORRE TÍPICA TIPO DA90T (ANCORAGEM FIM DE LINHA ATÉ 90° COM MÍSULA AUXILIAR) PADRÃO DME	EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-007
DA15	TORRE TÍPICA TIPO DA15 (ANCORAGEM INTERMEDIÁRIA ATÉ 15º) PADRÃO DME	EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-008
D1SL	TORRE TÍPICA TIPO D1SL (SUSPENSÃO AUTOPORTANTE ATÉ 3º) PADRÃO DME	EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-009
TTRD	TORRE TÍPICA DE ANCORAGEM APLICAÇÃO ATÉ 138 kV "TTRD" PARA TRAVESSIAS PADRÃO DME	EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-010
Tabela 5 – Silhuetas		

Outras características relevantes:

- Ext.: extensão utilizada para elevação da altura útil.
- Perna: altura da perna, se n° x altura.
- Tipo da Fundação: Stubs ou grelha.

3.9. FAIXA DE SERVIDÃO

Para o estudo a faixa de servidão admitida foi de 25 metros de largura.

No projeto executivo poderá ser realizado o estudo de balanço e realizar o compartilhamento da LT existente e a utilização de 6,25 metros ou mais da faixa existente.

3.10. ATERRAMENTOS

No estudo foi considerado a utilização dos aterramentos das estruturas “contrapeso”, aterramento de cercas, cercados para isolamento de estruturas e massa metálicas conforme desenhos típicos: EE0-EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-002 e EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-003.

FASE	COMPRIMENTO	COMPRIMENTO ADICIONAL
Fase I	70	0
Fase II	80	10
Fase III	90	10

FASE	COMPRIMENTO	COMPRIMENTO ADICIONAL
Fase IV	100	10
Fase V	110	10
Fase VI	120	10
Fase VII	Medir	-

Tabela 6 – Comprimento das fases de aterramento

Para o desenvolvimento do projeto executivo, deverão ser confirmadas as características do solo para as definições dos sistemas, tais como: extensão e profundidade de aplicação dos cabos e hastes. Para tanto, deverão ser realizadas as medições de resistividade do solo através do Método de Wenner ou equivalente, uma metodologia científica reconhecida no mercado, inclusive descrita nas normas vigentes e nos procedimentos de redes do ONS.

O projeto executivo deverá verificar se as áreas interceptadas são agricultáveis e mecanizadas e, portanto, examinar a profundidade de aplicação dos cabos e hastes. O estudo ponderado indica uma profundidade de 0,70 m. Além disso, deverá ser emitido um estudo de aterramento e projetos para cada necessidade. No caso de travessias, verificar a necessidade de estudos específicos exigidos pela proprietária da LT.

3.11. ESTUDOS E TRAVESSIAS

Com a realização do traçado que inclui travessias, é necessário conduzir estudos e análises dos campos elétricos e magnéticos gerados pelo novo ramal de Linha de Transmissão (LT). Deve-se verificar a necessidade de cumprir a Resolução Normativa Nº 915 de 23 de fevereiro de 2021, que estabelece os critérios para o cálculo de campos elétricos e magnéticos em Linhas de Transmissão (LT’s) e Subestações (SE’s).

Também é essencial realizar estudos de Compatibilidade Eletromagnética para analisar as interferências eletromagnéticas devido à presença do novo ramal de LT. Isso inclui avaliar possíveis interferências em tubulações de gasoduto, oleoduto, redes telefônicas, linhas de distribuição, sinais de rádio (RI), TV (TVI), entre outros. Deve-se conduzir uma análise detalhada, diagnóstico e desenvolvimento de sistemas para o controle dessas interferências.

Também, estudar a necessidade de proteção catódica de elementos interceptados.

3.12. CIVIL (FUNDAÇÕES)

Para o estudo do traçado, não foram realizadas sondagens devido à falta de definição das locações. Qualquer trabalho nesse sentido poderia futuramente ser inutilizado devido às possíveis criação de variantes até a definição fundiária.

Neste estudo, apresentamos desenhos típicos de fundações. No entanto, é importante ressaltar que são desenhos genéricos de aplicação específica, devido ao tipo de solo e às condições de esforços mecânicos das torres não foram identificados, deverão ocorrer no PROJETO EXECUTIVO do traçado definitivo. Esses desenhos servirão apenas como orientação para os trabalhos da CONTRATANTE na construção da nova Linha de Transmissão (LT).

NÚMERO	TÍTULO
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-011	DESENHO TÍPICO DE FUNDAÇÃO PARA TORRE FUNDAÇÃO TIPO TUBULÃO TORRE DA15 - SOLO 1 - FORMAS E ARMADURAS DESENHO GENÉRICO - FORMA E ARMADURA
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-012	DESENHO TÍPICO DE FUNDAÇÃO PARA TORRE FUNDAÇÃO TIPO TUBULÃO TORRE DA15 - SOLO 2 - FORMAS E ARMADURAS DESENHO GENÉRICO - FORMA E ARMADURA
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-013	DESENHO TÍPICO DE FUNDAÇÃO PARA TORRE FUNDAÇÃO TIPO TUBULÃO TORRE DA90T - SOLO 1 - FORMAS E ARMADURAS DESENHO GENÉRICO - FORMA E ARMADURA
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-014	DESENHO TÍPICO DE FUNDAÇÃO PARA TORRE FUNDAÇÃO TIPO SAPATA TORRE DA90T - SOLO 2 - FORMAS E ARMADURAS DESENHO GENÉRICO - FORMA E ARMADURA
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-015	DESENHO TÍPICO DE FUNDAÇÃO PARA TORRE D1SL - SOLO 2A E 2G - FORMAS E ARMADURAS DESENHO GENÉRICO - FORMA E ARMADURA
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-016	DESENHO TÍPICO DE FUNDAÇÃO PARA TORRE D1SL - SOLO 1GS E 1AS - FORMAS E ARMADURAS DESENHO GENÉRICO - FORMA E ARMADURA
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-017	DESENHO TÍPICO DE FUNDAÇÃO TIPO TUBULÃO TORRE D1SL - SOLO 1G - FORMAS E ARMADURAS DESENHO GENÉRICO - FORMA E ARMADURA
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-018	FUNDAÇÃO TIPO TUBULÃO REVESTIDA TORRE D1SL - SOLO 2GS - FORMAS E ARMADURAS DESENHO GENÉRICO - FORMA E ARMADURA
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-019	DESENHO TÍPICO DE FUNDAÇÃO TIPO SAPATA INCLINADA TORRE D1SL - SOLO 1G - FORMAS E ARMADURAS DESENHO GENÉRICO - FORMA E ARMADURA
EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-020	DESENHO TÍPICO DE FUNDAÇÃO TIPO TUBULÃO REVESTIDA TORRE D1SL - SOLO 1AS - FORMAS E ARMADURAS - DESENHO GENÉRICO
Tabela 7 - Projetos genéricos das fundações	

Para o desenvolvimento do projeto executivo das fundações deverão ser realizadas Sondagem nos pontos de locação das torres. Poderão ser admitidas: SPT (Teste de penetração padrão) e no caso rochas e do solo com alta resistência a penetração executar sondagem rotativa.

3.13. SINALIZAÇÃO E FASEAMENTO

O estudo realizado incluiu dimensionamentos para os traçados analisados. O projeto executivo deverá apresentar desenhos específicos para as sinalizações necessárias.

3.14.1 PLACAS:

Para os faseamentos obrigatoriamente deverão ser instaladas placas nas mudanças de disposições de faseamentos de verticais para horizontais e nos retornos para verticais. Deverão ser instaladas

placas no pórtico da Subestação Distrito.

A numeração deverá ser admitida a sequência existente e substituídas as placas de identificação de LT.

Deverão ser instaladas Placas para:

- Advertência para pedestre;
- Faseamento: três placas, sendo uma azul, uma branco e uma vermelho;
- Numeração da unidade;
- Identificação de LT **- Sigla:** “A definir no projeto executivo”
- Identificação de circuitos (duas placas sendo uma com o número 1 e uma com o número 2);

3.14.2 PINTURA:

A necessidade da execução de pintura das estruturas deverá ser definida no projeto executivo. Deverão ser verificadas as exigências das concessionárias proprietárias das LTs interceptadas por travessias da nova.

No caso de admissão adotar pintura no mínimo, $H_{TOTAL}/2$ superior das estruturas.

Cores sugeridas:

- Vermelho - Ref.: Munsell 5 R - 4/14;
- Laranja - Ref.: Munsell 2,5 YR - 6/14;

3.14.3 ESFERAS DE SINALIZAÇÃO

Deverão ser instaladas esferas nas travessias de outras LT´s, rodovias, ferrovias e demais locais necessários.

Documento de referência: EE0-LT-138-DME-DIS-2023-09-021 - FASEAMENTO E SINALIZAÇÃO AÉREA.

4. 4. TRAÇADOS ESTUDADOS

4.1. RAMAL LT 138 kV SE DISTRITO COM SECCIONAMENTO DA SE INTERLIGAÇÃO SE SATURNINO – OPÇÃO A

Conexão através do seccionamento na LT existente de conexão as Subestações Interligação e Saturnino. Sendo necessária a construção de nova linha de transmissão de interligação a Subestação Distrito.

Traçado possui maior extensão e diversas travessias de outras linhas de transmissão com maior nível de tensão e será necessária a aprovação por parte dos intervenientes. E travessia sobre uma avenida.

4.2. RAMAL LT 138 kV SE DISTRITO COM SECCIONAMENTO DA SE INTERLIGAÇÃO SE SATURNINO – OPÇÃO B

Conexão através do seccionamento na LT existente de conexão as Subestações Interligação e Saturnino. Sendo necessária a construção de nova linha de transmissão de interligação a Subestação Distrito.

Possui menor extensão do estudo, mas a mesma quantidade de travessias, executado o levantamento topográfico e caso seja constado na plotação, será necessário corte de indivíduos isolados ou poda para evitar toque acidental nos cabos.

Será necessária a implantação da torre de ancoragem para redução da tração do vão do seccionamento, sentido a ré da torre de derivação (poderá ser adota outra solução do projeto executivo).

Item	4.1	4.2
DECRIÇÃO	Opção A	Opção B
Tensão nominal:	138 kV	138 kV
Extensão:	8.371,74 m	7.596,39 m
N° de circuitos:	02	02
Condutores:	CAA 477 MCM Hawk	CAA 477 MCM Hawk
N° de Condutores por Fase:	01	01
Para-raios:	CAA 134,6 MCM Leghorn OPGW 14,1 mm	CAA 134,6 MCM Leghorn OPGW 14,1 mm
Qtd. de Estruturas:	42	35
Qtd. de Estr. Ancoragem:	16	10
Qtd. de Estr. Suspensão:	13	16
Qtd. de Estr. Derivação:	1	1
Qtd. de Estr. Travessia:	12	8
Estruturas típica:	Metálica treliçada	Metálica treliçada
Aterramento:	Contrapeso e aterramento de cercas	Contrapeso e aterramento de cercas
Travessias sobre:	Avenida Geraldo Marins Costa	Avenida Geraldo Marins Costa
Travessias sob:	7 LTs 138 kV 4 LTs 345 kV	7 LTs 138 kV 4 LTs 345 kV

RAMAL LT 138 kV SE DISTRITO COM SECCIONAMENTO DA SE INTERLIGAÇÃO SE SATURNINO – OPÇÃO A



RAMAL LT 138 kV SE DISTRITO COM SECCIONAMENTO DA SE INTERLIGAÇÃO SE SATURNINO – OPÇÃO B



Responsável Técnico:

_____

Jardel L. C. Silva
ENGº Eletricista
CREA: 5069844128

CASSIANO PIRES VILAS BOAS:08310182678

Assinado de forma digital por CASSIANO PIRES VILAS BOAS:08310182678
Dados: 2025.08.25 14:29:57 -03'00'