



ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

CÓDIGO	TÍTULO	VERSÃO	
ES.DT.PJE.01.00.002	CRITÉRIOS DE PROJETO - CÁLCULO MECÂNICO PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO	01	
APROVADO POR		VIGÊNCIA	
JOSELINO SANTANA FILHO - ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO		INÍCIO	FIM
		16/01/2017	CONDICIONADO



ESPECIFICAÇÃO
TÉCNICA

TÍTULO

CRITÉRIOS DE PROJETO - CÁLCULO MECÂNICO PARA
REDES DE DISTRIBUIÇÃO

CÓDIGO

ES.DT.PJE.01.00.002

VERSÃO

01

VIGÊNCIA

INÍCIO

16/01/2017

FIM

CONDICIONADO

SUMÁRIO

1.	OBJETIVO	3
2.	HISTÓRICO DAS REVISÕES	3
3.	APLICAÇÃO	3
4.	REFERÊNCIAS EXTERNAS	3
5.	DEFINIÇÕES	3
6.	DESCRIÇÃO E RESPONSABILIDADES	3
6.1.	Premissas Para Aplicação Desta Especificação	3
6.1.1.	Plantas Mapas e Croquis	3
6.1.2.	Informações dos condutores	4
6.1.3.	Projetos correlatos, associados a execução em andamento	4
6.2.	Afastamentos	4
6.3.	Postes	4
6.4.	Engastamento	4
6.5.	Estruturas	4
6.6.	Localização de postes	5
6.7.	Determinação de Esforços	5
6.7.1.	Transferência de esforços	5
6.7.2.	Determinação de ângulos	6
6.7.3.	Método de cálculo geométrico (2 forças)	8
6.7.4.	Método de cálculo analítico (2 forças)	9
6.7.5.	Método de cálculo para 3 forças ou mais	9
6.8.	Características da rede de distribuição compacta	9
6.8.1.	Condutores e Cordoalhas	9
6.8.2.	Trações de projeto	9
7.	REGISTROS DA QUALIDADE	10
8.	ANEXOS	10

**ESPECIFICAÇÃO
TÉCNICA****TÍTULO****CRITÉRIOS DE PROJETO - CÁLCULO MECÂNICO PARA
REDES DE DISTRIBUIÇÃO****CÓDIGO****ES.DT.PJE.01.00.002****VERSÃO****01****VIGÊNCIA****INÍCIO****16/01/2017****FIM****CONDICIONADO****1. OBJETIVO**

Descrever os procedimentos e orientações básicas para a determinação de postes e estruturas das redes de distribuição aérea.

2. HISTÓRICO DAS REVISÕES

Versão	Início da Vigência	Responsáveis	Seções atingidas / Descrição
01	16/01/2017	Elaboração: Tiago Roberto Barbosa, Rafael Furtado Seeberger, José Henrique M. de Brito; Aprovação: Joselino Santana Filho	Emissão inicial.

3. APLICAÇÃO

Esta especificação técnica aplica-se às distribuidoras do Grupo EDP no Brasil.

4. REFERÊNCIAS EXTERNAS

- NBR 5909 – Cordoalhas de fio de aço zincado para estais, tirantes, cabos mensageiros e uso similares;
- NBR 8182 – Cabos de potência multiplexados auto-sustentados com isolamento extrudada de PE ou XLPE para tensões até 0,6/1,0 kV – Requisitos de desempenho;
- NBR 8451-1 – Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica – Parte 1: Requisitos.
- NBR 11873 – Cabos cobertos com material polimérico para redes de distribuição aérea de energia elétrica fixados em espaçadores, em tensões de 13,8 kV a 34,5 kV;
- NBR 15688 – Redes de distribuição aérea de energia elétrica com condutores nus;
- NBR 15992 – Redes de distribuição aérea de energia elétrica com cabos cobertos fixados em espaçadores para tensões até 36,2 kV.

5. DEFINIÇÕES

Para os fins desta especificação, os termos técnicos devem estar de acordo com as normas citadas no item 4 desta especificação.

6. DESCRIÇÃO E RESPONSABILIDADES**6.1. Premissas Para Aplicação Desta Especificação**

Para aplicação desta especificação o projetista deve dispor das informações da rede a ser projetada, tais como:

- Plantas, Mapas e Croquis;
- Informações dos condutores a serem aplicados nas redes de média e baixa tensão, obtidos a partir dos cálculos elétricos;
- Projetos correlatos, associados a execução em andamento;
- Esforços oriundos de uso mútuo.

6.1.1. Plantas Mapas e Croquis

Devem estar disponíveis para a realização do cálculo mecânicos para redes de distribuição plantas, mapas e croquis, contendo:

- Arruamento (ruas, travessas, avenidas e etc.);



**ESPECIFICAÇÃO
TÉCNICA**

TÍTULO

**CRITÉRIOS DE PROJETO - CÁLCULO MECÂNICO PARA
REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

CÓDIGO

ES.DT.PJE.01.00.002

VERSÃO

01

VIGÊNCIA

INÍCIO

16/01/2017

FIM

CONDICIONADO

- Obstáculos tais como ferrovias, rodovias, túneis, pontes, árvores de grande porte e acidentes topográficos;
- Traçados e as respectivas alturas de redes existentes de baixa, média e alta tensão (indicar a tensão da rede de alta);

Especial atenção deverá ser dada a presença de equipamentos de redes de distribuição ao longo de traçados já existentes, além dos esforços originados pela ocupação de terceiros.

6.1.2. Informações dos condutores

O projetista deverá conhecer previamente os condutores a serem aplicados (Classe de tensão e diâmetro) nas redes de distribuição de média e baixa tensão, obtidos a partir da realização dos cálculos elétricos.

6.1.3. Projetos correlatos, associados a execução em andamento

Sempre que possível o projetista deve considerar durante a execução do projeto, em especial na determinação dos cálculos mecânicos, a existência de projetos associados, minimizando as intervenções estruturais nas redes.

Especial atenção deve ser dada ao traçado das saídas de subestação, de forma que os primeiros 500 metros estejam aptos a receberem alimentadores adicionais;

6.2. Afastamentos

Devem ser observados os afastamentos mínimos indicados para o projeto de redes de distribuição aérea conforme constante nos respectivos Padrões Técnicos.

6.3. Postes

Os postes padronizados para uso nas distribuidoras do Grupo EDP devem estar de acordo com a especificação Postes de Concreto Armado para Redes de Distribuição ou Poste de fibra de vidro.

O uso de postes duplo T (DT) deve ser limitado às áreas rurais onde não sejam exigidos esforços com ângulo excessivo ou mesmo onde haja presença de diversos esforços.

A instalação de postes DT deve considerar a face de menor esforço (face A) no sentido longitudinal da rede para redes sem ângulo. Na ocorrência de ângulo o poste deve ser instalado no sentido da bissetriz, de forma que a face de maior resistência (face B) esteja voltada no sentido da força resultante.

Em finais de linha o poste DT deve estar com a face de maior resistência (face B) voltada para o sentido dos esforços.

A altura dos postes deverá levar em consideração os afastamentos mínimos exigidos para uma flecha resultante, para o vão médio, a 50°C.

6.4. Engastamento

O engastamento dos postes deverá ser realizado conforme NBR 15688 e sua profundidade de engastamento é calculada, em condições normais, pela equação:

$$e = \frac{L}{10} + 0,60 \text{ (m)}$$

Onde:

e = Engastamento em metros

L = Comprimento do poste em metros

6.5. Estruturas

A escolha das estruturas deverá levar em consideração os esforços mecânicos aplicados no sentido horizontal e vertical, associada à presença de ângulos.

A limitação de ângulo de aplicação das estruturas deverá ser consultada nos respectivos Padrões Técnicos.



**ESPECIFICAÇÃO
TÉCNICA**

TÍTULO

**CRITÉRIOS DE PROJETO - CÁLCULO MECÂNICO PARA
REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

CÓDIGO

ES.DT.PJE.01.00.002

VERSÃO

01

VIGÊNCIA

INÍCIO

16/01/2017

FIM

CONDICIONADO

6.6. Localização de postes

A localização dos postes deve estar em conformidade com a Instrução Técnica “Critérios de Projeto”.

6.7. Determinação de Esforços

A determinação de esforços deverá ser feita considerando todos os esforços distribuídos nas redes primária(s), secundária(s) e compartilhante(s), sendo que as duas últimas devem ser referenciadas a 20 cm do topo do poste.

6.7.1. Transferência de esforços

A transferência de esforços a 20 cm do topo é realizada considerando a seguinte sequência:

$$h = L - E - 0,20 \text{ (altura útil)}$$

Onde:

h = Altura útil em metros

L = Comprimento do poste em metros

E = Engastamento em metros

$$F_{tp} = F_p \times \frac{h_p}{h} \text{ (Força transferida à altura do primário – pelo primário)}$$

Onde:

F_{tp} = Força transferida à altura do primário – pelo primário

F_p = Força aplicada na rede primária

h_p = altura da força aplicada na rede primária

h = Altura útil em metros

$$F_{ts} = F_s \times \frac{h_s}{h} \text{ (Força transferida à altura do primário – pelo secundário)}$$

Onde:

F_{ts} = Força transferida à altura do primário – pelo secundário

F_s = Força aplicada na rede secundária

h_s = altura da força aplicada na rede secundária

h = Altura útil em metros

$$F_{tc} = F_c \times \frac{h_c}{h} \text{ (Força transferida à altura do primário – pelo compartilhante)}$$

Onde:

F_{tc} = Força transferida à altura do primário – pelo compartilhante

F_c = Força aplicada pelo compartilhante

h_c = altura da força aplicada pelo compartilhante

h = Altura útil em metros

$$FT = F_{tp} + F_{ts} + F_{tc}$$

Onde:

FT = Força total aplicada a 20 cm do topo

F_{tp} = Força transferida à altura do primário – pelo primário

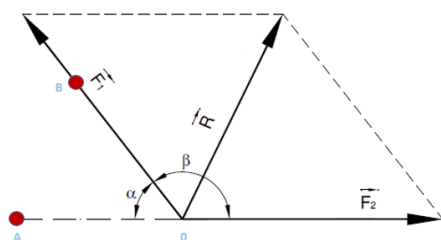
F_{ts} = Força transferida à altura do primário – pelo secundário



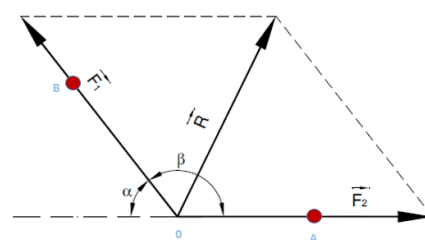
F_{tc} = Força transferida à altura do primário – pelo compartilhante

6.7.2. Determinação de ângulos

Para a determinação da força e ângulo resultantes o projetista deverá dispor, com a maior precisão possível, dos valores do ângulo de deflexão da linha, que poderão ser obtidos pelo uso de equipamentos do tipo GPS de alta precisão ou pelo método de obtenção em campo.



Método 1



Método 2

$$AB = 20 \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} (\text{método 1})$$

$$AB = 20 \operatorname{sen} \frac{180 - \alpha}{2} (\text{método 2})$$

A determinação do ângulo pela medição em campo deverá ser feita por um dos métodos apresentados acima. Realiza-se a partir do ponto zero (0) a medição de 10 metros até o ponto A, bem como até o ponto B. A distância obtida entre A e B será utilizada em uma das equações acima para obtenção do ângulo α . A tabela abaixo apresenta a relação de ângulos para as principais medidas entre A e B pelo método 1.



ESPECIFICAÇÃO
TÉCNICA

TÍTULO

CRITÉRIOS DE PROJETO - CÁLCULO MECÂNICO PARA
REDES DE DISTRIBUIÇÃO

CÓDIGO

ES.DT.PJE.01.00.002

VERSÃO

01

VIGÊNCIA

INÍCIO

16/01/2017

FIM

CONDICIONADO

Distância entre AB (m)	α
0,17	1
0,35	2
0,52	3
0,70	4
0,87	5
1,05	6
1,22	7
1,39	8
1,57	9
1,74	10
1,92	11
2,09	12
2,26	13
2,44	14
2,61	15
2,78	16
2,96	17
3,13	18
3,30	19
3,47	20
3,64	21
3,82	22
3,99	23
4,16	24
4,33	25
4,50	26
4,67	27
4,84	28
5,01	29
5,18	30

Distância entre AB (m)	α
5,34	31
5,51	32
5,68	33
5,85	34
6,01	35
6,18	36
6,35	37
6,51	38
6,68	39
6,84	40
7,00	41
7,17	42
7,33	43
7,49	44
7,65	45
7,81	46
7,97	47
8,13	48
8,29	49
8,45	50
8,61	51
8,77	52
8,92	53
9,08	54
9,23	55
9,39	56
9,54	57
9,70	58
9,85	59
10,00	60

Distância entre AB (m)	α
10,15	61
10,30	62
10,45	63
10,60	64
10,75	65
10,89	66
11,04	67
11,18	68
11,33	69
11,47	70
11,61	71
11,76	72
11,90	73
12,04	74
12,18	75
12,31	76
12,45	77
12,59	78
12,72	79
12,80	80
12,99	81
13,12	82
13,25	83
13,38	84
13,51	85
13,64	86
13,76	87
13,89	88
14,02	89
14,14	90

AB [m] para $X = 5$	α [°]
0,09	1
0,17	2
0,26	3
0,35	4
0,44	5
0,52	6
0,61	7
0,70	8
0,78	9
0,87	10

AB [m] para $X = 5$	α [°]
2,67	31
2,76	32
2,84	33
2,92	34
3,01	35
3,09	36
3,17	37
3,26	38
3,34	39
3,42	40

AB [m] para $X = 5$	α [°]
5,08	61
5,15	62
5,22	63
5,30	64
5,37	65
5,45	66
5,52	67
5,59	68
5,66	69
5,74	70

Este documento constitui uma cópia não controlada gerada em 02/12/2019

Este documento constitui uma cópia não controlada gerada em 02/12/2019



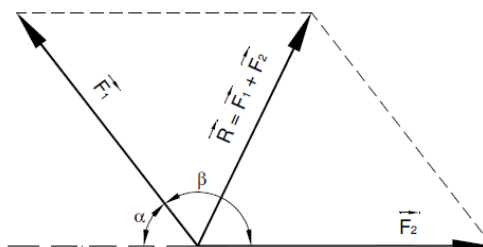
AB [m] para X = 5	α [°]
0,96	11
1,05	12
1,13	13
1,22	14
1,31	15
1,39	16
1,48	17
1,56	18
1,65	19
1,74	20
1,82	21
1,91	22
1,99	23
2,08	24
2,16	25
2,25	26
2,33	27
2,42	28
2,50	29
2,59	30

AB [m] para X = 5	α [°]
3,50	41
3,58	42
3,67	43
3,75	44
3,83	45
3,91	46
3,99	47
4,07	48
4,15	49
4,23	50
4,31	51
4,38	52
4,46	53
4,54	54
4,62	55
4,69	56
4,77	57
4,85	58
4,92	59
5,00	60

AB [m] para X = 5	α [°]
5,81	71
5,88	72
5,95	73
6,02	74
6,09	75
6,16	76
6,23	77
6,29	78
6,36	79
6,43	80
6,49	81
6,56	82
6,63	83
6,69	84
6,76	85
6,82	86
6,88	87
6,95	88
7,01	89
7,07	90

6.7.3. Método de cálculo geométrico (2 forças)

Conhecidas as forças atuantes no poste a 20 cm do topo o projetista pode obter a tração resultante (R) a partir do método geométrico, por meio da representação das trações das diferentes forças atuantes (F_1 e F_2) por dois vetores em escala, de modo que as suas origens coincidam, formando um paralelogramo conforme indicado abaixo:



Onde:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$\vec{R}$ = Vetor tração resultante

$\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ = Vetores das trações de projeto dos condutores

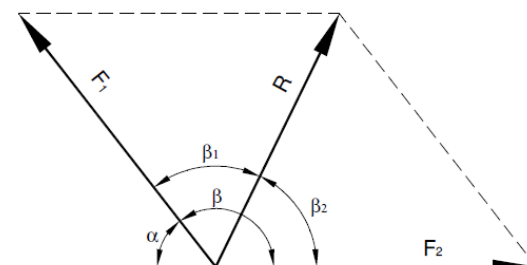
α = Ângulo de deflexão da rede



β = Ângulo de deflexão entre condutores

6.7.4. Método de cálculo analítico (2 forças)

Conhecidas as trações de projeto dos condutores, referenciadas a 20 cm do topo, bem como o ângulo formado pelos condutores, tem-se:



$$R = \sqrt{(F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 * F_2 * \cos \beta)}$$

Onde:

R = Tração resultante

F_1 e F_2 = Trações de projeto dos condutores

α = Ângulo de deflexão da rede

$\beta = 180^\circ - \alpha$

$\beta_1 = \arcsen(F_2 * \sin \beta / R)$ e $\beta_2 = \arcsen(F_1 * \sin \beta / R)$

Se as trações F_1 e F_2 forem de valores iguais, a resultante pode ser calculada pela seguinte expressão simplificada:

$$R = 2 * F * \sin \alpha / 2$$

6.7.5. Método de cálculo para 3 forças ou mais.

A solução para determinação de esforços resultantes para 3 forças ou mais deverá ser realizada considerando a transferência de esforços a 20 cm do topo, seguido da decomposição e composição vetorial, até a determinação da resultante.

6.8. Características da rede de distribuição compacta

6.8.1. Condutores e Cordoalhas

As redes de distribuição compactas (RDC) deverão ser projetadas considerando os condutores fase indicados na Especificação Técnica Cabos Cobertos para Redes Aéreas Compactas até 36,2 kV, conforme Tabela 001 – Características dos Condutores para Redes de Distribuição Compacta.

A cordoalha de aço zincado e a cordoalha de aço aluminizado, responsável pela sustentação mecânica das redes de distribuição compacta devem ter características e aplicação conforme Tabela 002.

6.8.2. Trações de projeto

As flechas e trações de projeto das RDC's devem considerar as seguintes condições de instalação:

Variável	EDP			
	Urbano		Rural	
Vento (Km/h)	Sem vento	60	Sem vento	80
Temperatura (°C)	0	15	0	15
% tração de ruptura do mensageiro	12	15	12	15

A partir destas informações os valores críticos das trações de projeto para rede completa foram determinados e tabelados para consulta.



**ESPECIFICAÇÃO
TÉCNICA**

TÍTULO

**CRITÉRIOS DE PROJETO - CÁLCULO MECÂNICO PARA
REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

CÓDIGO

ES.DT.PJE.01.00.002

VERSÃO

01

VIGÊNCIA

INÍCIO

16/01/2017

FIM

CONDICIONADO

7. REGISTROS DA QUALIDADE

Não Aplicável

8. ANEXOS

A. TABELAS

- 001. Característica dos condutores para Redes de Distribuição Compacta
- 002. Características das cordoalhas de aço zincado e cordoalhas de aço aluminizado
- 003. Trações de projeto para Rede de Distribuição Compacta completa
- 004. Trações de projeto de cabos CA (daN)
- 005. Trações de projeto de cabos CAA (daN)
- 006. Característica dos condutores para redes isoladas de BT
- 007. Trações de projeto para redes isoladas de BT
- 008. Característica dos condutores para redes isoladas de MT
- 009. Trações de projeto para redes isoladas de MT



ESPECIFICAÇÃO
TÉCNICA

TÍTULO

CRITÉRIOS DE PROJETO - CÁLCULO MECÂNICO PARA
REDES DE DISTRIBUIÇÃO

CÓDIGO

ES.DT.PJE.01.00.002

VERSÃO

01

VIGÊNCIA

INÍCIO

16/01/2017

FIM

CONDICIONADO

ANEXO A – TABELAS

001 – Características dos Condutores para Redes de Distribuição Compacta

Classe de Tensão (kV)	Condutor				
	Seção nominal (mm²)	Material	Código de Material	Massa (kg/km)	Carga de ruptura (daN)
15	50	Alumínio	10004247	235	650
	70		10000204	315	910
	185		10000195	695	2405
36,2	185		10010732	1150	2405
	300		10008289	1585	3900

002 – Características das cordoalhas de aço zincado e Cordoalhas de aço aluminizado

Aplicação	Diâmetro nominal da cordoalha (mm) (pol)	Número de fios da cordoalha	Diâmetro nominal do fio zincado (mm)	Massa aproximada da cordoalha (kg/km)	Carga de ruptura mínima (daN) ≈ (kgf)		
					Média resistência (MR ou SM)	Alta resistência (AR ou HS)	Extra - alta resistência (EAR ou EHS)
Mensageiro EDP-ES	9,5 (3/8)	7	3,05	407	3160	4900	6990
Mensageiro EDP-SP	9,52 Aluminizado	7	3,05	383	4200	5100	7100

003 – Trações de projeto para Rede de Distribuição Compacta completa

Cabos Fase (mm²)	Classe de Tensão (kV)	Mensageiro Aluminizado (mm)	Vãos A (m)	
			A ≤ 35	35 < A ≤ 70
50	15	9,5	313	426
70			373	549
185			632	838
185	36,2		659	838
300			659	838

004 - Trações de Projeto de Cabos CA (daN)

Bitola de condutor CA AWG / MCM	4	2	1/0	3/0 e 4/0	336,4
Tração de projeto (daN)	56	89	142	284	452

Nota:

- Os valores de tração são por fase.
- Os valores acima são válidos para vãos até 80m, com exceção do cabo CA 4 AWG, cujos valores de tração para vãos acima de 50 m são dados no quadro abaixo.

Vão (m)	55	60	65	70	75	80
Tração (daN)	58	61	63	65	67	68



**ESPECIFICAÇÃO
TÉCNICA**

TÍTULO

**CRITÉRIOS DE PROJETO - CÁLCULO MECÂNICO PARA
REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

CÓDIGO

ES.DT.PJE.01.00.002

VERSÃO

01

VIGÊNCIA

INÍCIO

16/01/2017

FIM

CONDICIONADO

005 - Trações de Projeto de Cabos CAA (daN)

Bitola de condutor CA AWG / MCM	4	2	1/0	3/0 e 4/0	336,4
Tração de projeto (daN)	80	190	270	550	870

Nota:

- Os valores de tração são por fase.

006 - Características dos condutores para redes isoladas BT

Cabo	Seção Nominal (mm²)	Características mecânicas	
Código de Material	Nº de Fases + Neutro	Massa	Tração de ruptura
		kg/km	daN
10004311	3 x 1 x 35 + 35	510	1092
10011258	3 x 1 x 35 + 35 (NI)	515	1092
10000212	3 x 1 x 70 + 70	900	1991
10011260	3 x 1 x 70 + 70 (NI)	931	1991
10000211	3 x 1 x 120 + 70	1400	1991
10011271	3 x 1 x 120 + 70 (NI)	1449	1991

(NI) – Neutro Isolado

007 - Trações de projeto para redes isoladas de BT

Cabos Fase X Neutro (CA) X (CAL) (mm²)	Vãos A (m)					
	A ≤ 10	10 ≤ A ≤ 20	20 ≤ A ≤ 30	30 ≤ A ≤ 40	40 ≤ A ≤ 50	50 ≤ A ≤ 60
3 x 1 x 35 + 35	179	179	179	179	179	179
3 x 1 x 70 + 70	420	443	471	485	510	522
3 x 1 x 120 + 70	624	642	666	678	702	713

008 - Características dos condutores para redes isoladas MT

Nível de Isolamento (kV)	Condutor Fase		Condutor Neutro		Tração de Ruptura (daN)	Lance Nominal (metros)
	Secção (mm²)	Espessura da isolação (mm)	Secção (mm²)	Material		
8,7/15	3 x 1 x 70	4,5	70	Alumínio-Liga (CAL)	3863	300
8,7/15	3 x 1 x 240	4,5	120	Alumínio-Liga (CAL)	3863	300
20/35	3 x 1 x 185	8,8	120	Alumínio-Liga (CAL)	3863	250
20/35	3 x 1 x 300	8,8	120	Alumínio-Liga (CAL)	3863	200



ESPECIFICAÇÃO
TÉCNICA

TÍTULO

CRITÉRIOS DE PROJETO - CÁLCULO MECÂNICO PARA
REDES DE DISTRIBUIÇÃO

CÓDIGO

ES.DT.PJE.01.00.002

VERSÃO

01

VIGÊNCIA

INÍCIO

16/01/2017

FIM

CONDICIONADO

009 - Trações de projeto para redes isoladas de MT

Cabos Fase (mm ²)	Classe de Tensão (kV)	Vãos A (m)
		40 (máximo)
70	15	380
240		750
185	36,2	680
300		850