



# **INSTRUÇÃO TÉCNICA DE DISTRIBUIÇÃO**

## **Critérios para Dimensionamento e Ajustes da Proteção de Redes Aéreas de Distribuição**

**Classes 15 e 36,2 kV**

**ITD-17**

**CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.**

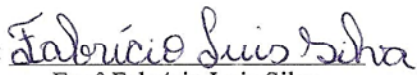
**SETOR DE NORMATIZAÇÃO TÉCNICA**


**ITD-17**

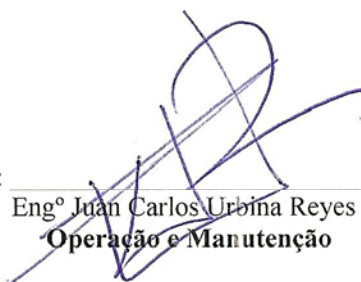
**Crítérios para Dimensionamento e  
Ajustes da Proteção de Redes Aéreas de  
Distribuição.**


**Classes 15 e 36,2 kV**

ELABORAÇÃO: Eng<sup>a</sup> Carla Silva Sena

APROVAÇÃO:   
Eng<sup>o</sup> Fabrício Luis Silva  
Setor de Normatização Técnica

APROVAÇÃO:   
Eng<sup>o</sup> João de Oliveira Junior  
Superintendência de Operação do Sistema

APROVAÇÃO:   
Eng<sup>o</sup> Juan Carlos Urbina Reyes  
Operação e Manutenção

APROVAÇÃO:   
Eng<sup>o</sup> Carlos Omar Arriagada  
Infraestrutura e Redes

DATA: ABR/17

---

**ÍNDICE**

<b><u>SECÃO</u></b>	<b><u>TÍTULO</u></b>	<b><u>PÁGINA</u></b>
<b>1.</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>FILOSOFIA GERAL DA PROTEÇÃO DE MÉDIA TENSÃO</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Filosofia Geral</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>Horizonte de Estudo</b>	<b>3</b>
<b>3.3</b>	<b>Estimativa de Carga</b>	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DE CHAVES E ELOS FUSÍVEIS</b>	<b>4</b>
<b>5.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO E AJUSTES DE RELIGADORES E RELÉS</b>	<b>5</b>
<b>5.1</b>	<b>Religamento Automático e Curvas</b>	<b>6</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>TABELAS</b>	<b>7</b>
<b>TABELA 1</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES</b>	<b>7</b>

1. **OBJETIVO**

Esta instrução técnica estabelece os principais critérios e os procedimentos a serem observados nos estudos de proteção para a escolha, dimensionamento e localização dos equipamentos de proteção contra sobrecorrente na rede de distribuição aérea de média tensão da CELG D, prevendo critérios para ajustes dos equipamentos de proteção instalados nas saídas dos alimentadores de distribuição das subestações.

Deve ser aplicada nos projetos de ampliação, melhoria de redes ou conexão de cargas, visando garantir a adequada continuidade de fornecimento aos consumidores, bem como minimizar os danos aos equipamentos devido às correntes de falta.

**2.****NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES**

- NTC-05 Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição - Classe 15 e 36,2 kV.
- NTC-07 Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Rurais - Classes 15 e 36,2 kV.
- NTC-08 Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas - Classes 15 e 36,2 kV.
- NTC-20 Religadores Automáticos Classes 15 e 36,2 kV - Especificação.
- NTC-22 Cabos Cobertos para Redes Aéreas Compactas de Distribuição - Especificação.
- NTC-42 Cabps de Alumínio Nu com Alma de Aço - Especificação.
- NTC-65 Cabos Nus de Alumínio (CA) - Especificação.
- NTC-66 Elos Fusíveis de Distribuição - Especificação.
- NTC-71 Requisitos para Conexão de Microgeradores e Minigeradores ao Sistema de Distribuição da CELG D.

### **3. FILOSOFIA GERAL DA PROTEÇÃO DE MÉDIA TENSÃO**

#### **3.1 Filosofia Geral**

O alimentador e seus ramais devem estar completamente protegidos contra as correntes de defeito por uma proteção principal e ao menos uma proteção de retaguarda.

Os elos fusíveis serão colocados em quantidade suficiente para permitir a coordenação e seletividade combinadas, sem perder a proteção do alimentador, complementando as necessidades de proteção por meio de religadores e/ou chaves seccionadoras. Estando o ramal protegido, as necessidades de manobra serão supridas por equipamentos sem função de proteção.

#### **3.2 Horizonte de Estudo**

Os estudos terão horizonte de cinco anos, exceto quando especificado o contrário ou em ampliações da rede, substituição de equipamentos ou ocorrências anormais. Durante este tempo, o circuito será monitorado em suas operações e a eficiência dos ajustes implantados será avaliada.

#### **3.3 Estimativa de Carga**

A corrente de partida para a proteção observará:

- carregamento do circuito com base em leituras de relés e medições;
- previsão do crescimento da carga. Como referência será utilizada uma taxa de crescimento anual de carga de 5% para áreas urbanas e 2% para zonas rurais;
- condições usuais de manobra;
- limites da capacidade de condução de corrente do cabo (tronco ou ramal).

#### 4. DIMENSIONAMENTO DE CHAVES E ELOS FUSÍVEIS

O número de chaves fusíveis em série não deverá ultrapassar a quatro, excluindo a chave de proteção do transformador de distribuição/consumidor. Os fatores que determinarão o número exato serão o da seletividade e da corrente de curto circuito.

A corrente nominal do elo fusível deve ser maior que a corrente de carga prevista para o horizonte do estudo (3 a 5 anos).

O menor elo fusível a ser usado na rede de distribuição será o 6K.

Não deverão ser utilizados elos de bitola maior do que 65K, observando critérios de segurança e capacidade das chaves fusíveis.

Instalar chaves fusíveis somente em ramais cujo nível de curto circuito seja maior do que o compatível com o elo mínimo e tenham, no mínimo 4 consumidores ou mais de 300 metros de extensão. Ainda assim, a nova instalação não deverá prejudicar a coordenação e seletividade anteriores.

A corrente nominal do elo fusível não deverá ser superior a um quarto da mínima corrente de falta no trecho a ser protegido, se possível considerando o fim do trecho para o qual é retaguarda.

##### Notas:

- 1) *Excluem-se dessas recomendações as chaves fusíveis das entradas dos consumidores, que devem atender as normas técnicas específicas, e as chaves fusíveis com lâmina desligadora (sem elos fusíveis).*
- 2) *A instalação de chaves fusíveis com elos, em pontos com alta corrente de carga deve ser analisada criteriosamente uma vez que a queima de um elo fusível interromperá uma carga significativa.*
- 3) *A quantidade de elos fusíveis instalados deve ser a menor possível, de maneira a se evitar queimas por defeito transitório.*

## 5. DIMENSIONAMENTO E AJUSTES DE RELIGADORES E RELÉS

O relé temporizado de fase deve ser ajustado para operar para a menor corrente de curto circuito fase-fase, onde o relé é proteção de retaguarda.

O relé temporizado deve ser ajustado para deixar fluir a corrente de carga do alimentador e permitir uma sobrecarga que pode variar entre 20 a 50% da carga projetada.

Quando o religador for instalado em uma subestação a qual não possui equipamento de proteção para transferência, a corrente nominal do ajuste por fase deverá ser maior que o somatório da máxima corrente de carga do circuito em estudo com a máxima corrente de carga do outro circuito que eventualmente poderá assumir (quando em condição de manobra da subestação) multiplicada pelo fator de crescimento de carga.

Quando o religador for instalado numa subestação, a qual possui equipamento de proteção para transferência, a corrente nominal de ajuste por fase, do circuito em estudo, deverá ser maior do que a corrente de carga máxima multiplicada pelo fator de crescimento da carga.

A corrente de curto circuito máxima deve ser menor ou igual a 20 vezes a corrente nominal primária do transformador de corrente da proteção.

As curvas de temporização de fase e neutro deverão ser escolhidas de modo a atender a coordenação com os demais equipamentos de proteção a montante e a jusante, bem como com os cabos de energia do alimentador.

Deve-se manter uma diferença mínima de 0,3 segundos entre os tempos de operação de dois relés funcionando em cascata.

Quando o religador for instalado ao longo da rede, a corrente nominal de ajuste por fase, deverá ser maior que a máxima corrente de carga medida ou convenientemente avaliada multiplicada pelo fator de crescimento de carga.

A corrente mínima de disparo por fase do religador deve ser menor que a corrente de curto circuito fase-fase dentro da sua zona de proteção, incluindo sempre que possível os trechos a serem adicionados quando em condições de manobras consideradas usuais.

O religador deve ser sensível, sempre que possível, ao menor curto circuito fase-fase no final da rede de distribuição. Geralmente devido a carga no circuito, nem sempre é possível sensibilizá-lo até o final do trecho e, nestas condições, o religador deverá no mínimo oferecer proteção de retaguarda para o primeiro elo fusível instalado em série no sentido da carga. Caso ainda não seja possível, recomenda-se a instalação de chaves fusíveis para diminuir o trecho a ser protegido. Em virtude do curto circuito

fase-terra ser mais frequente, e o valor fase terra mínimo ser o mais provável de ocorrer, o religador deverá ser ajustado sempre para ser sensível a esse valor.

Na zona protegida pela unidade instantânea dos relés dos alimentadores deve-se evitar o uso de elos fusíveis.



As unidades instantâneas dos relés de fase e neutro não deverão ser sensíveis aos curtos circuitos localizados após o primeiro equipamento de proteção instalado a jusante.

As unidades instantâneas não deverão ser sensíveis às correntes de energização do circuito. Se for o caso, a unidade instantânea deverá ser desabilitada.

Para o cálculo do defeito havendo resistência de falta, esta será ajustada em 40 Ohms por fase.

A unidade de neutro deve ser ajustada de modo a observar um desequilíbrio de 10 a 30% da corrente de fase do circuito. Esta faixa percentual leva em conta os diferentes pontos de saturação dos TCs e observa a sensibilidade adequada à proteção para defeitos fase e terra de alta e média impedância.

A sequência de operação dos religadores deverá ser ajustada de acordo com as necessidades do circuito. A operação rápida deverá eliminar os curtos-circuitos fugitivos ou transitórios sem que haja a queima do elo fusível protetor. As operações temporizadas permitirão a fusão do elo fusível quando ocorrer um curto circuito permanente no trecho a ser protegido.

## **5.1 Religamento Automático e Curvas**

Devem obedecer aos seguintes critérios:

- primeira operação: rápida num tempo compatível com característica do religador, pois sendo a corrente nominal do religador (100 A), os capacitores do circuito de disparo estarão parcialmente carregados.
- segunda operação: após o tempo do primeiro religamento de 0,5 s, admitindo-se que o curto circuito permaneça, haverá abertura do religador após o tempo determinado pela característica temporizada.

Poderá ser habilitada uma terceira operação com as características da segunda.

Utilizar curvas IEC para os casos em que a corrente de curto circuito seja ao menos 2,5 vezes maior do que a corrente de carga e que haja possibilidade para ajuste de dial.

Para os casos em que se utiliza curvas IEC, a unidade instantânea não deverá partir o religamento. O relé, neste caso, deverá ficar bloqueado.

## ANEXO A – TABELAS

### TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES

Código do SGT	Descrição	Diâmetro do cabo (mm)	Seção Transversal (mm <sup>2</sup> )	R1 (Ω/km)	X1 (Ω/km)	R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	Corrente Nominal (A)
F-03	Aço zincado 3,09 mm	3,09	7,5	25,54	0	0	0	25
A-06	Cabo de alumínio, 6 AWG	4,65	13,21	2,4397	0,4971	2,6174	2,5296	95
A-04	Cabo de alumínio, 4 AWG	5,88	21,15	1,5290	0,4850	1,7067	2,5119	114
A-02	Cabo de Alumínio, 2 AWG	7,42	33,63	0,9584	0,4670	1,1361	2,4944	152
A-10	Cabo de alumínio, 1/0 AWG	9,36	53,51	0,6040	0,4500	0,7817	2,4769	203
A-20	Cabo de alumínio, 2/0 AWG	10,51	67,44	0,4790	0,4410	0,6567	2,4681	235
A-30	Cabo de alumínio, 3/0 AWG	11,8	85,03	0,3810	0,4320	0,5587	2,4594	271
A-40	Cabo de alumínio, 4/0 AWG	13,25	107,2	0,3020	0,4230	0,4797	2,4507	314
A-266	Cabo de alumínio, 266 MCM	14,88	135,20	0,2390	0,4150	0,4167	2,4419	362
A-336	Cabo de alumínio, 336 MCM	16,90	170,5	0,1900	0,4020	0,3677	2,4323	419
S-06	Cabo de alumínio com alma de aço, 6 AWG	5,04	15,52	2,0766	0,4911	2,2543	2,5235	105
S-04	Cabo de alumínio com alma de aço, 4 AWG	6,35	24,68	1,597	0,4737	1,7747	2,5061	125
S-02	Cabo de alumínio com alma de aço, 2 AWG	8,01	39,24	1,050	0,4561	1,2277	2,4886	160
S-10	Cabo de alumínio com alma de aço, 1/0 AWG	10,11	62,43	0,696	0,4386	0,8737	2,4711	220
S-20	Cabo de alumínio com alma de aço, 2/0 AWG	11,35	78,68	0,556	0,4299	0,7337	2,4623	250
S-30	Cabo de alumínio com alma de aço, 3/0 AWG	12,74	99,20	0,4493	0,4212	0,6270	2,4536	290
S-40	Cabo de alumínio com alma de aço, 4/0 AWG	14,31	125,10	0,367	0,4124	0,5447	2,4449	330
F-08	Alumoweld 8 AWG	3,26	8,368	11,5552	0,5239	11,7329	2,5564	65
AI-10B	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1kV, 10mm <sup>2</sup>	8,00	10	3,676	0,1255	3,8537	3,2590	47
AI-16B	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 16 mm <sup>2</sup>	8,90	16	2,2975	0,1194	2,4752	3,2349	61
AI-25B	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 25 mm <sup>2</sup>	11,00	25	1,4706	0,1176	1,6483	3,187	78
AI-35B	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 35 mm <sup>2</sup>	12,05	35	1,0504	0,1127	1,2281	3,1664	94
AI-50B	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 50 mm <sup>2</sup>	13,3	50	0,7355	0,1086	0,9132	3,1440	112
AI-70B	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 70 mm <sup>2</sup>	15,4	70	0,5256	0,106	0,7033	3,1109	138
AI-95B	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 95 mm <sup>2</sup>	17,45	95	0,3875	0,1031	0,5652	3,0826	164
AI-120B	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 120 mm <sup>2</sup>	19,05	120	0,307	0,101	0,4847	3,0628	186
AI-150B	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 150 mm <sup>2</sup>	21,35	150	0,2459	0,1008	0,4236	3,0370	210
AI-185B	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 185 mm <sup>2</sup>	23,35	185	0,1998	0,0997	0,3775	3,0167	236
AI-240B	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 240 mm <sup>2</sup>	26,15	240	0,1546	0,0987	0,3323	2,9911	272
AI-35M	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 8,7 /15 kV, 35 mm <sup>2</sup>	25,4	35	1,0504	0,1694	1,2281	2,9977	83

AI-50M	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 8,7 /15 kV, 50 mm <sup>2</sup>	26,7	50	0,7354	0,1613	0,9131	2,9864	98
AI-70M	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 8,7 /15 kV, 70 mm <sup>2</sup>	28,6	70	0,5255	0,1530	0,7032	2,9708	120
AI-95M	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 8,7 /15 kV, 95 mm <sup>2</sup>	30,5	95	0,3873	0,1457	0,5650	2,9563	143
AI-120M	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 8,7 /15 kV, 120 mm <sup>2</sup>	32,2	120	0,3068	0,1411	0,4845	2,9440	163
AI-150M	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 8,7 /15 kV, 150 mm <sup>2</sup>	34,1	150	0,2457	0,1357	0,4234	2,9311	182
AI-185M	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 8,7 /15 kV, 185 mm <sup>2</sup>	35,9	185	0,1995	0,1324	0,3772	2,9194	205
AI-240M	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 8,7 /15 kV, 240 mm <sup>2</sup>	38,3	240	0,1542	0,1285	0,3319	2,9048	238
AI-400M	Cabo de alumínio, isolado, XLPE-PVC, 8,7 /15 kV, 400 mm <sup>2</sup>	44,2	400	0,0937	0,1202	0,2714	2,8724	305
CI-10B	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 10 mm <sup>2</sup>	7,75	10	2,2424	0,1258	2,4201	3,2662	61
CI-16B	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 16 mm <sup>2</sup>	8,75	16	1,4016	0,1175	1,5793	3,2387	79
CI-25B	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 25 mm <sup>2</sup>	10,65	25	0,8972	0,1153	1,0749	3,1943	101
CI-35B	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 35 mm <sup>2</sup>	11,53	35	0,641	0,1087	0,8187	3,1763	122
CI-50B	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 50 mm <sup>2</sup>	13,45	50	0,4489	0,1081	0,6266	3,1415	144
CI-70B	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 70 mm <sup>2</sup>	15,25	70	0,321	0,1045	0,4987	3,1131	178
CI-95B	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 95 mm <sup>2</sup>	17,35	95	0,2369	0,1021	0,4146	3,0839	211
CI-120B	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 120 mm <sup>2</sup>	18,85	120	0,188	0,0995	0,3657	3,0651	240
CI-150B	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 150 mm <sup>2</sup>	21,20	150	0,1509	0,1000	0,3286	3,0386	271
CI-185B	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 185 mm <sup>2</sup>	23,4	185	0,1229	0,0992	0,3006	3,0162	304
CI-240B	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 0,6/1 kV, 240 mm <sup>2</sup>	26,35	240	0,0957	0,0979	0,2734	2,9894	351
CI-35M	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 8,7/15 kV, 35 mm <sup>2</sup>	25,5	35	0,670	0,162	0,8477	2,9968	108
CI-50M	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 8,7/15 kV, 50 mm <sup>2</sup>	26,6	50	0,4488	0,1593	0,6265	2,9872	127
CI-70M	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 8,7/15 kV, 70 mm <sup>2</sup>	28,7	70	0,343	0,145	0,5207	2,9701	154
CI-95M	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 8,7/15 kV, 95 mm <sup>2</sup>	30	95	0,2367	0,1438	0,4144	2,9600	184
CI-120M	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 8,7/15 kV, 120 mm <sup>2</sup>	32,3	120	0,198	0,134	0,3757	2,9433	209
CI-150M	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 8,7/15 kV, 150 mm <sup>2</sup>	33,3	150	0,1505	0,1347	0,3282	2,9364	234
CI-185M	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 8,7/15 kV, 185 mm <sup>2</sup>	35,3	185	0,1225	0,1306	0,3002	2,9232	263
CI-240M	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 8,7/15 kV, 240 mm <sup>2</sup>	37,9	240	0,0951	0,1259	0,2728	2,9072	303
CI-400M	Cabo de cobre, isolado, XLPE-PVC, 8,7/15 kV, 400 mm <sup>2</sup>	43,6	400	0,0590	0,1180	0,2367	2,8755	382
C-08	Cabo de cobre, 8 AWG	3,26	8,37	2,3488	0,5239	2,5265	2,5564	69
C-06	Cabo de cobre, 6 AWG	4,11	13,30	1,4783	0,5065	1,6560	2,5389	97
C-04	Cabo de cobre, 4 AWG	5,19	21,15	0,9296	0,4889	1,1073	2,5213	130
C-02	Cabo de cobre, 2 AWG	6,54	33,62	0,5850	0,4714	0,7627	2,5039	188
F-02	Cordoalha 3X 2,25 mm <sup>2</sup>	4,87	13,01	15,41	0	0	0	35
M-35	Cabo de alumínio multiplexado, 35 mm <sup>2</sup>	7,10	35	1,1132	0,0998	1,2909	3,2860	100
M-50	Cabo de alumínio multiplexado, 50 mm <sup>2</sup>	8,16	50	0,7355	0,0983	0,9132	3,2545	122
M-70	Cabo de alumínio multiplexado, 70 mm <sup>2</sup>	9,80	70	0,5686	0,0969	0,7463	3,2131	157
M-95	Cabo de alumínio multiplexado, 95 mm <sup>2</sup>	11,50	95	0,4112	0,0955	0,5889	3,1769	196

M-120	Cabo de alumínio multiplexado, 120 mm <sup>2</sup>	12,84	120	0,3256	0,0936	0,5033	3,1520	229
P-35	Cabo de alumínio coberto, XLPE, 15 kV, 35 mm <sup>2</sup>	7,2	35	1,1130	0,32	1,05	2,42	187
P-50	Cabo de alumínio coberto, XLPE, 15 kV, 50 mm <sup>2</sup>	8,2	50	0,822	0,3092	0,9997	2,7771	225
P-70	Cabo de alumínio coberto, XLPE, 15 kV, 70 mm <sup>2</sup>	9,7	70	0,5680	0,31	0,62	1,7	282
P-95	Cabo de alumínio coberto, XLPE, 15 kV, 95 mm <sup>2</sup>	11,4	95	0,4100	0,2844	0,5887	2,7523	345
P-120	Cabo de alumínio coberto, XLPE, 15 kV, 120 mm <sup>2</sup>	12,84	120	0,3240	0,27	0,43	2,38	401
P-150	Cabo de alumínio coberto, XLPE, 15 kV, 150 mm <sup>2</sup>	14,2	150	0,2640	0,2678	0,4417	2,7357	456
P-185	Cabo de alumínio coberto, XLPE, 15 kV, 185 mm <sup>2</sup>	16,1	185	0,2100	0,2587	0,3877	2,7263	525
P-240	Cabo de alumínio coberto, XLPE, 15 kV, 240 mm <sup>2</sup>	18,5	240	0,1600	0,25	0,3	2,35	625