



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DISCIPLINA: Subestação e equipamentos de potência
PROFESSOR: Dr .Bartolomeu Ferreira dos Santos Júnior

Muflas

Dayany Makly
Jaynne Pessoa
Valmario Andrade

HISTÓRICO



Histórico

- Nos anos 70 e início dos anos 80 os cabos de energia tinham a vida curta.
- Antes para terminar e juntar acessórios de cabos eram utilizadas técnicas como sudação, encanamento, gravação e uso de composto de betume torrado a quente.
- Os acessórios modernos reduzem o tempo de instalação e, a instalação do produto não depende da habilidade do instalador fornecendo melhorias na instalação e no desempenho.

Histórico

- Foram desenvolvidas técnicas de instalação rápidas e seguras.
- Hoje são usados sistemas termocontráteis, contráteis a frio..
- Os acessórios e fitas são mais confiáveis .
- Segue os requisitos do padrão ANSI / IEEE 48.
- NBR 9314 - Emendas e terminais para condutores de potência com isolação para tensões de 3,6/6 kV a 27/35 kV.

INTRODUÇÃO



Introdução

CONCEITO: Dispositivo destinado a restabelecer as condições de isolação da extremidade de um condutor isolado quando este é conectado a um conector nu, ou a um terminal para ligação de equipamento.

FINALIDADE: Reduzir o gradiente de potencial que surge em torno da área seccionada do cabo.

NOMENCLATURA: Mufla terminal primária ou terminação.

Introdução

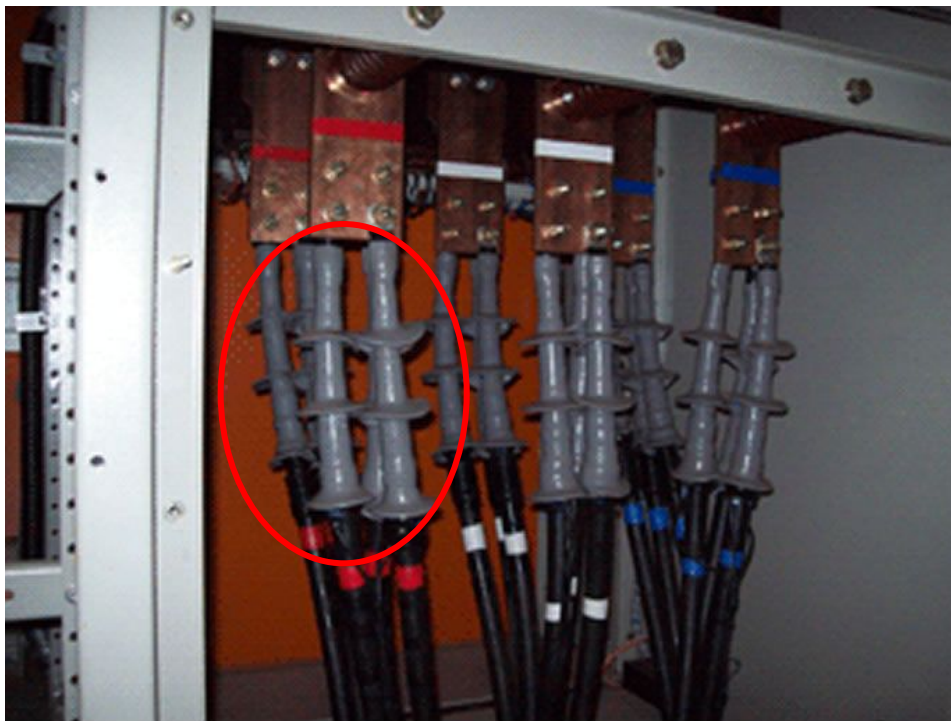


Figura 1. Exemplo de mufla
Fonte: Internet

Introdução

- Este item é necessário devido a complexidade da isolação de cabos de média tensão por causa dos possíveis problemas de uma má isolação ou demais problemas devido ao campo elétrico presente neste tipo de cabos.

TIPOS: Singelo ou Trifásico



Figura 2: Mufla Singela
Fonte: DÁVI (2008, p.17)



Figura 3: Mufla trifásica
Fonte: DÁVI (2008, p.18)

Introdução

PARTES:



Figura 4. Vista externa de uma mufla
Fonte: MAMEDE (2005, p.66)



Figura 5. Vista interna de uma mufla
Fonte: MAMEDE (2005, p.67)

CLASSIFICAÇÃO



Classificação

Interna e externa

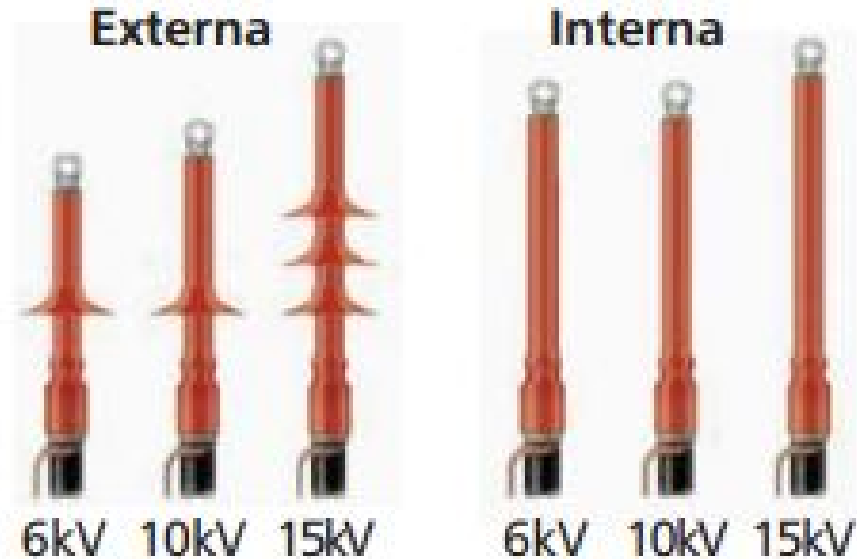


Figura 6. Mufla externa e interna

Fonte: Site G automação

Classificação

Termocontráteis

- Possuem boa estabilidade térmica.
- Apresentam aditivos na sua constituição.
- É constituída de uma tubo de alívio de campo.
- São constituídas na grande maioria de copolímeros de poliolefinas.

Classificação

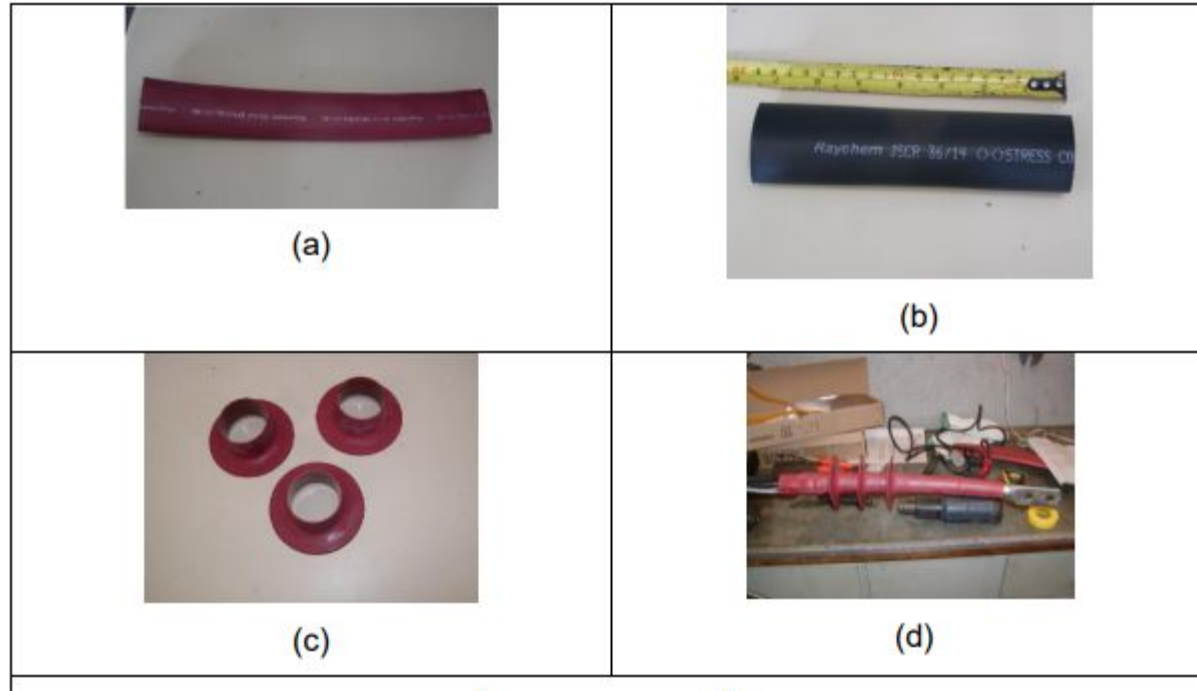


Figura7. a) Tubo de alívio de campo elétrico b) Tubo isolante termocontrátil
c) Saias poliméricas d) Mufla termocontrátil completa

Fonte: DÁVI (2008, p.20)

Classificação

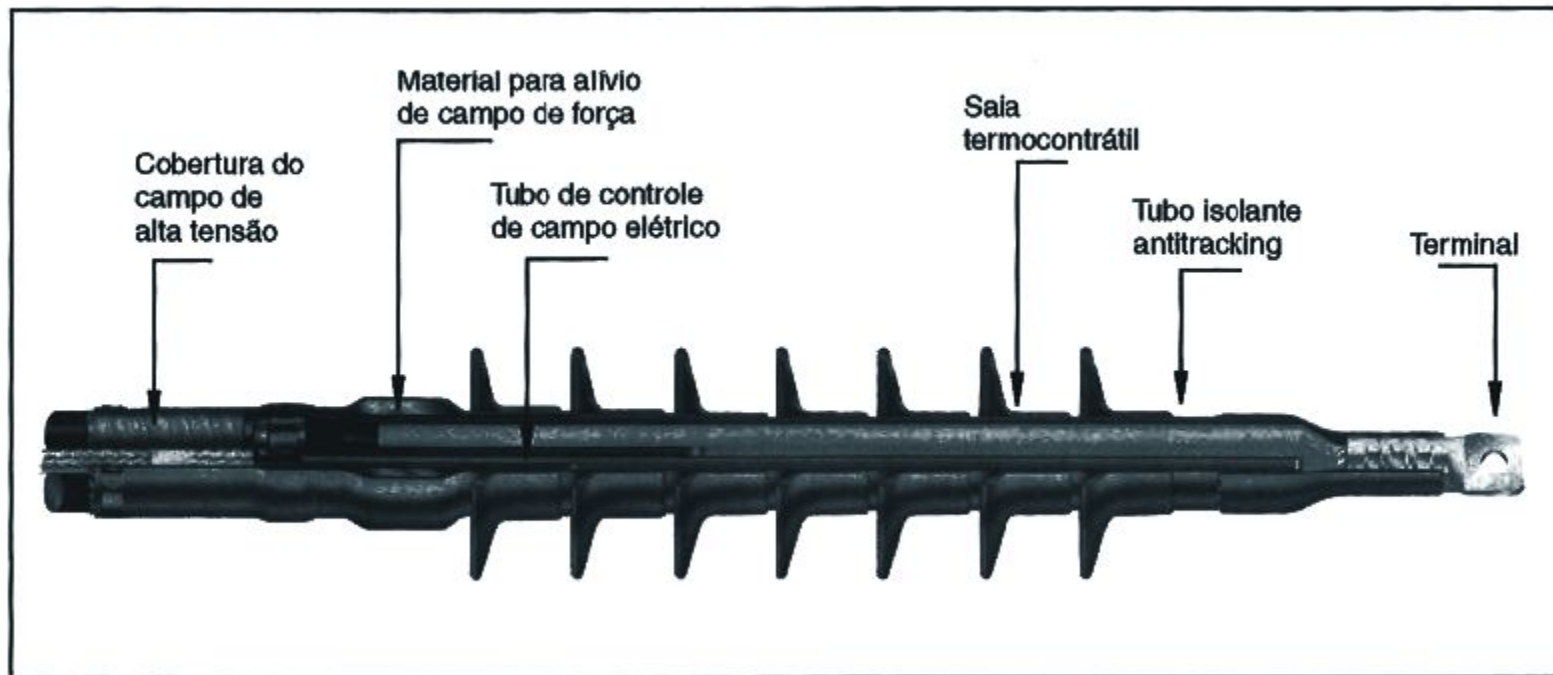


Figura 8. Vista interna de uma mufla termocontrátil

Fonte: MAMEDE (2005,p.68)

Classificação

Terminação contrátil a frio

- Feitas geralmente de compostos elastoméricos de borracha de silicone



Figura 9. Terminação contrátil a frio

Fonte: DÁVI (2008,p.21)

Classificação

Terminações push-on

- São constituídas na sua grande maioria de borracha de silicone e possuem um cordão plástico na parte interna do dispositivo com a função de contrair a terminação no cabo quando o operador puxar o cordão.



Figura 10. Terminação push-on

Fonte: DÁVI (2008,p.21)

Classificação

Terminações modulares

- São constituídas geralmente de borracha de silicone.
- São compostas de um tubo de alívio de campo elétrico, uma cobertura de aterramento e das saias poliméricas.

Classificação



a)



b)



c)

Figura 11. a) Tubo TVR b) Tubo de aterramento c) Saias e terminação completa

Fonte: DÁVI (2008,p.22)

FUNCIONAMIENTO



Funcionamento

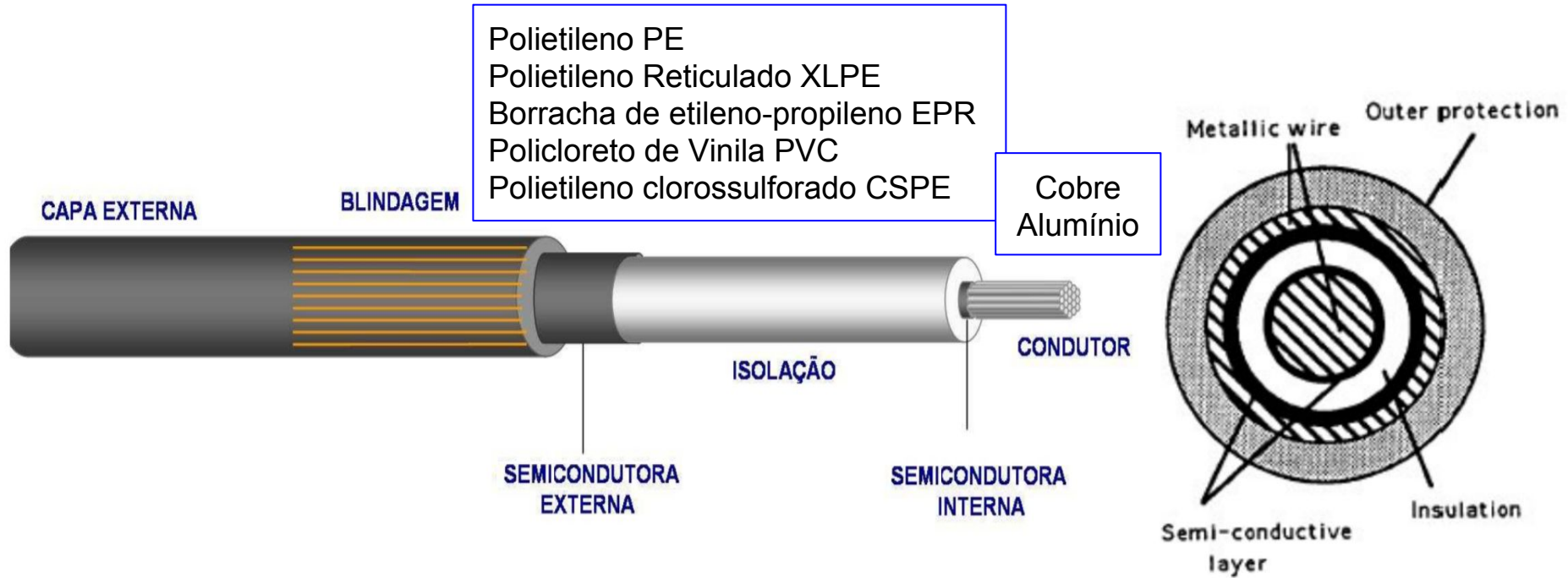
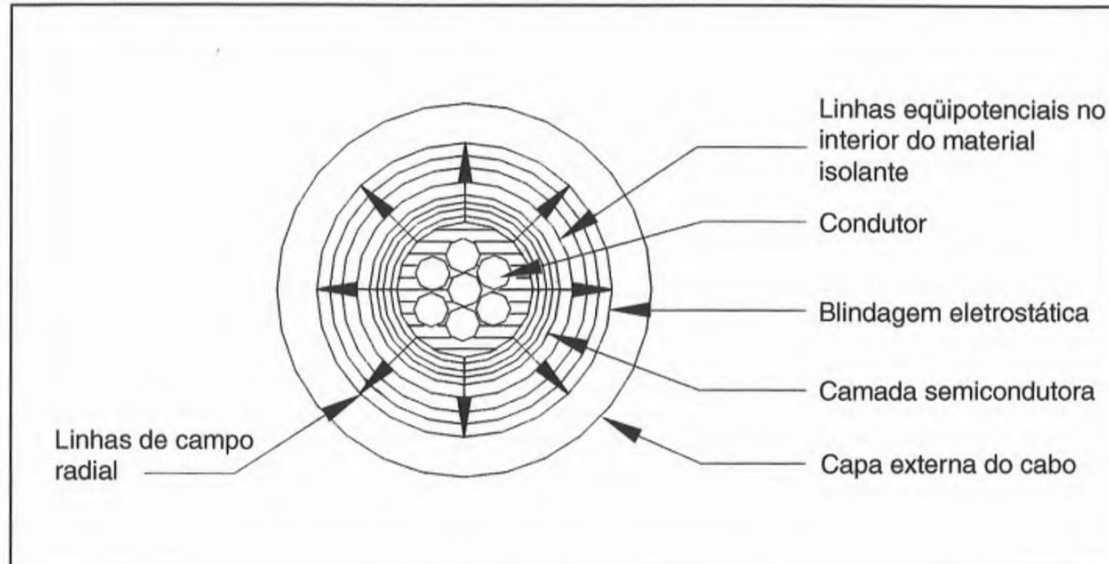


Figura 12. Composição de um cabo elétrico de tensão

Fonte: BAS (2015)

Funcionamento



$$E = \frac{\Delta V}{D} (\text{kV/mm})$$

ΔV - diferença de potencial estabelecida entre as duas superfícies, em kV;
 D - espessura do dielétrico, em mm.

Funcionamento

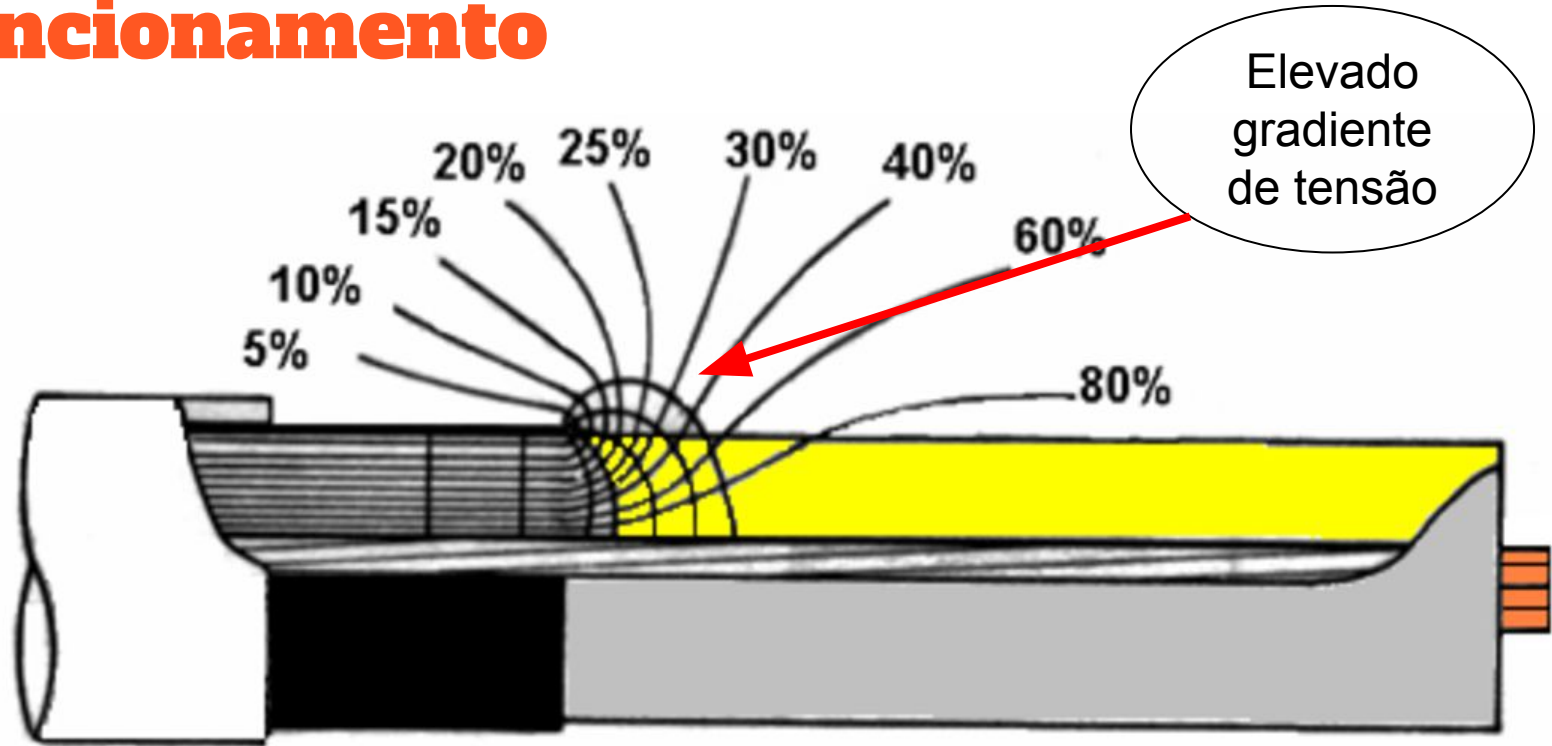


Figura 14. Linhas de campo elétrico e equipotenciais no término da blindagem

Fonte: MAMEDE (2013)

Funcionamento

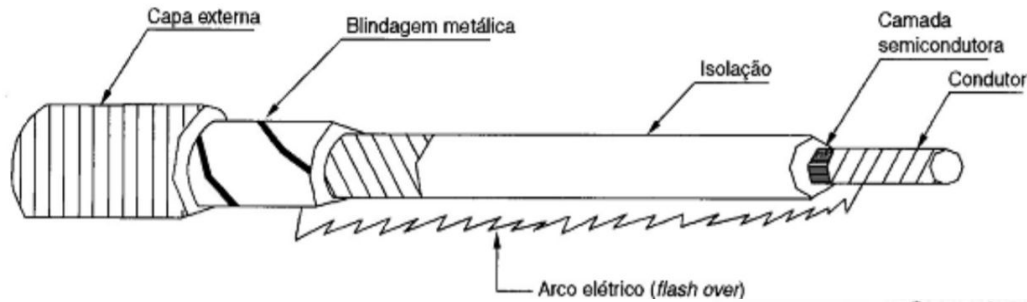


Figura 15. Flashover
Fonte: MAMEDE (2013)

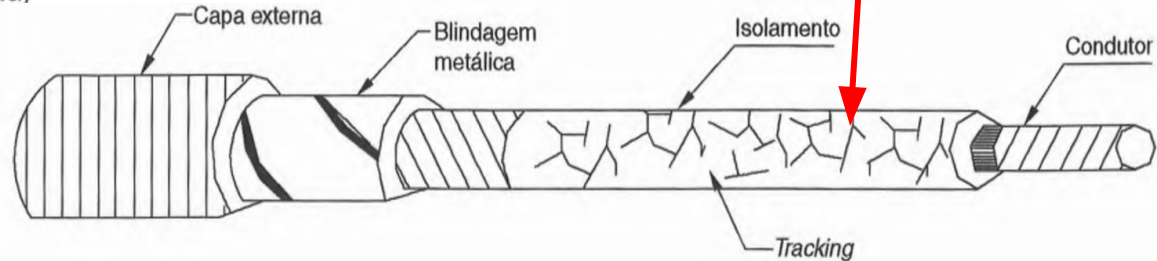


Figura 16. Tracking
Fonte: MAMEDE (2013)

- Arco elétrico
- Ruptura da isolação do cabo (redução da vida útil)

Funcionamento

Soluções:

- Aumentar gradualmente a espessura de isolação (alívio de tensão/cone de deflexão);
- Aplicação de material de alta permissividade (terminações ou muflas).

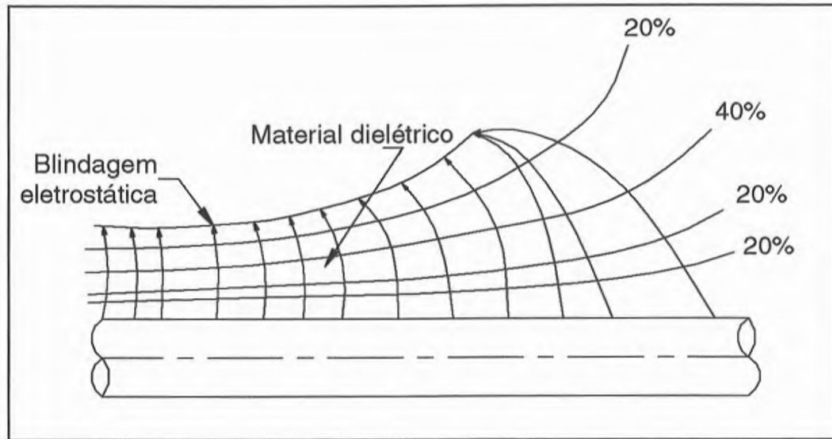


Figura 17. Cone de deflexão

Fonte: MAMEDE (2013)

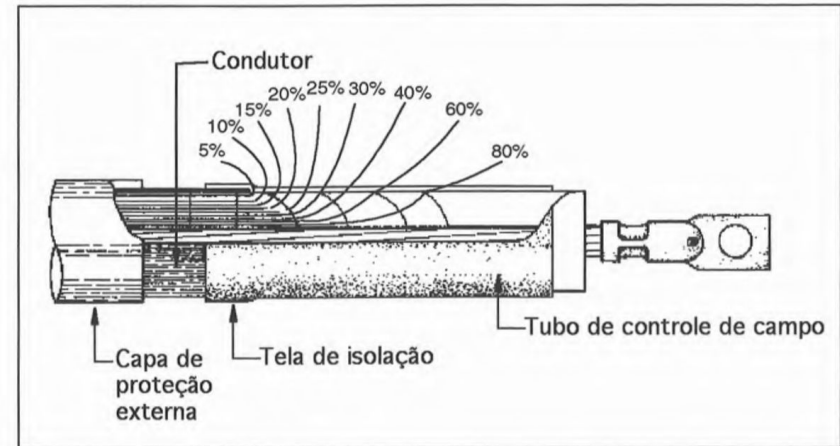


Figura 18. Terminação

Fonte: MAMEDE (2013)

Funcionamento

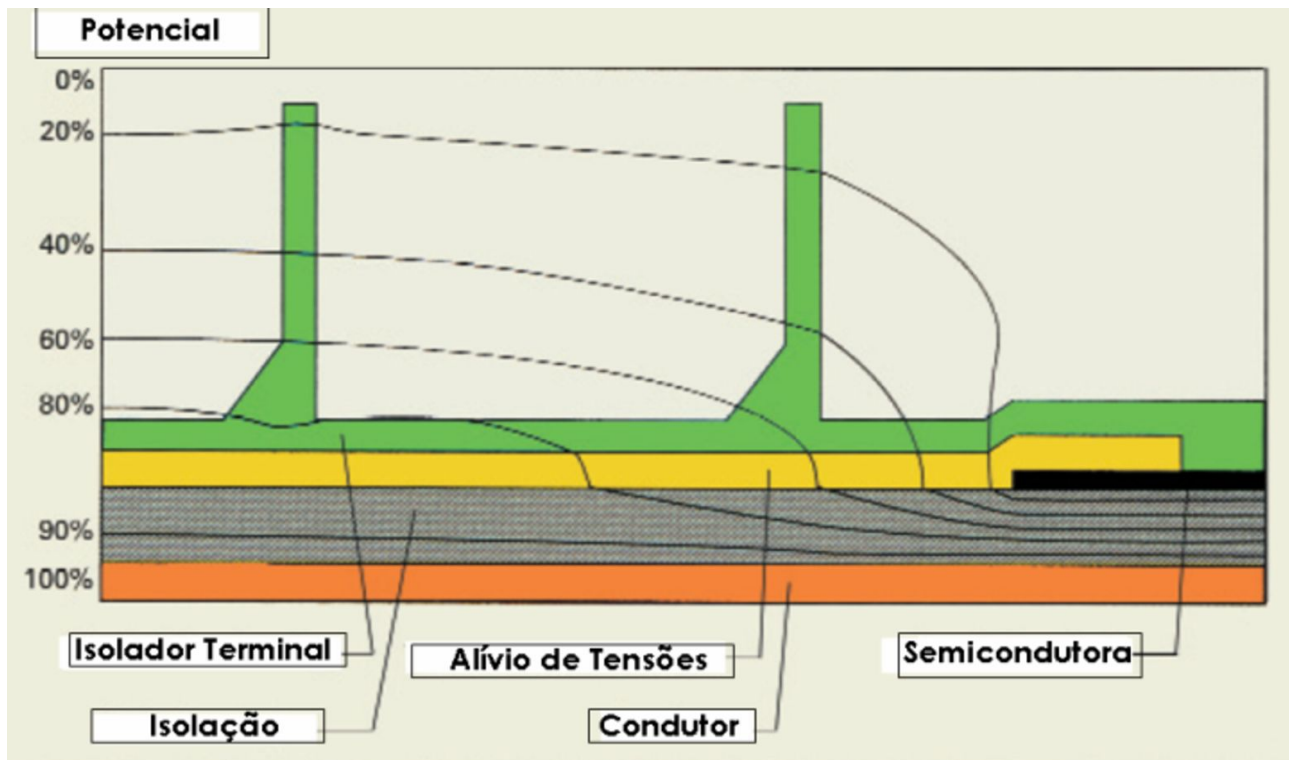


Figura 19. Linhas equipotenciais esquemáticas em um terminal

Fonte: www.kitacessorios.com.br [4]

Funcionamento

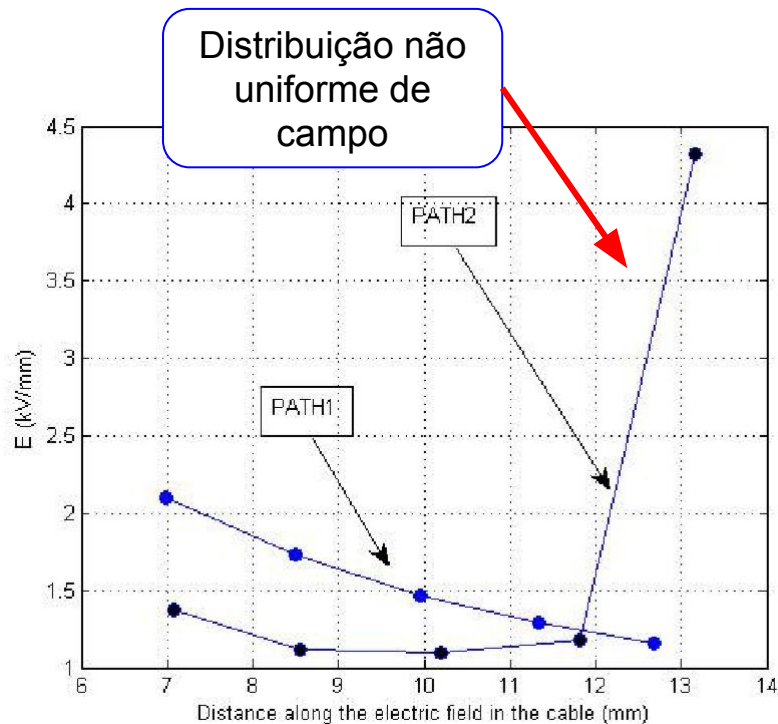
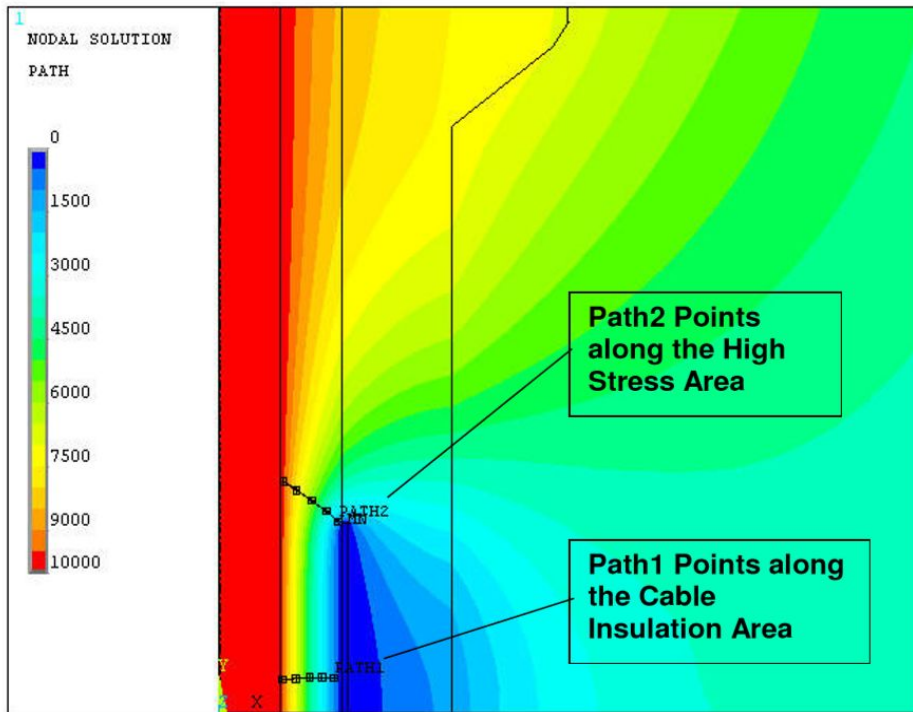


Figura 20. Modelo de cabo seccionado sem controle do gradiente de tensão e distribuição da intensidade do campo elétrico nos caminhos 1 e 2

Funcionamento

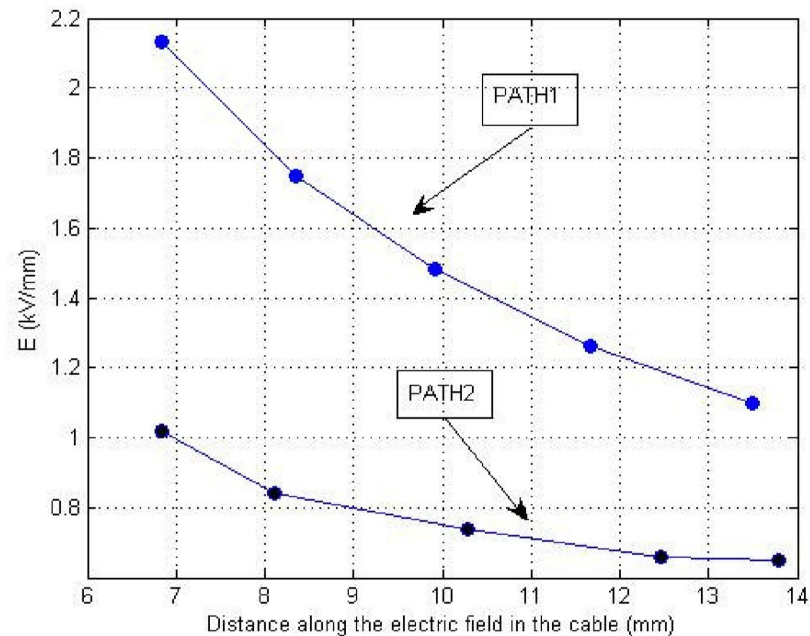
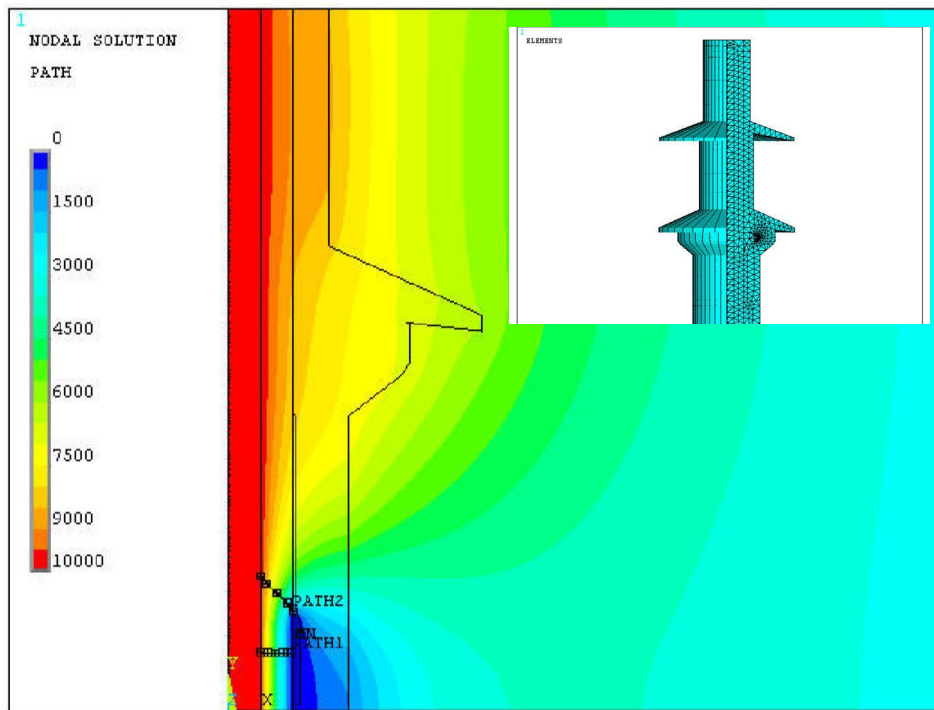


Figura 21. Modelo de cabo seccionado com tubo de controle do gradiente de tensão e distribuição da intensidade do campo elétrico nos caminhos 1 e 2

INSTALAÇÃO DA MUFLA



Sequência de preparação de um cabo condutor

Considerações gerais

Preparação do cabo



Figura 22. Preparação do cabo
Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>



Figura 23. Preparação do cabo
Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>

Materiais utilizados na preparação do cabo

- Fita de autofusão
- Fita de silicone
- Fita de Mastic
- Fita isolante
- Graxa de silicone
- Lenços para limpeza (úmido/seco)
- Lixas
- Fio de nylon
- Solvente
- Equipamentos de corte, compressão, etc.

Disposição geral dos cortes das camadas

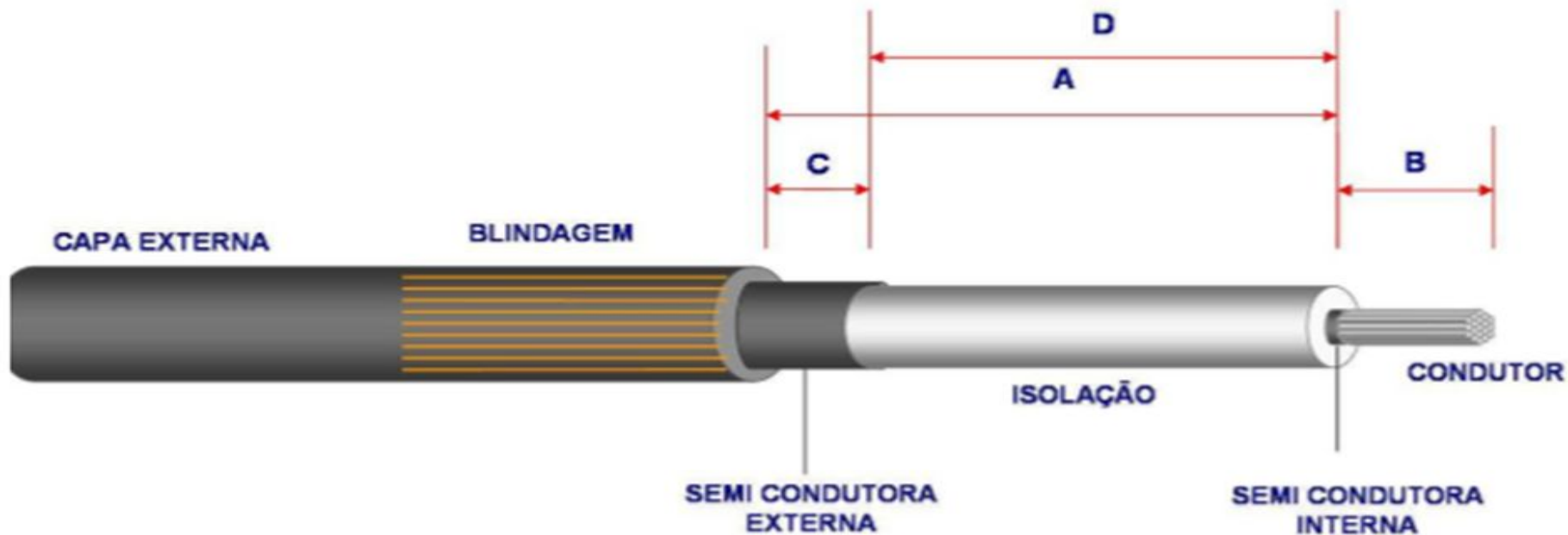


Figura 24. Cortes das camadas
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Dimensões para a montagem

DIMENSÕES PARA MONTAGEM					
Dimensão B (mm) → Comprimento do corpo do conector terminal a ser utilizado + 5 mm					
Tensão Vo/V (kV) 12/20					
Terminação 3M					
Modelos	Seção do condutor (mm ²)	Dimensão A (mm)		Dimensão C (mm)	
QT II 5625k Interno	300 - 500	230		40	
QT II 5636k Externo	300 - 500	255		50	
QT III 7695 S4 Int / ext	300 - 630	215		75	
Terminação PRYSMIAN					
Modelo	Seção do condutor (mm ²)	Dimensão A + B (mm)		Dimensão C (mm)	
		Uso externo	Uso interno		
Modular TM-20 C 630	300 - 630	390	180	30	
Terminação TYCO					
Modelo	Seção do condutor (mm ²)	Dimensão A (mm)		Dimensão C (mm)	
TFTO 5141 Int / ext	300 - 500	280		40	
Terminação ELOS / NKT					
Modelo	Seção do condutor (mm ²)	Dimensão A + B (mm)		Dimensão C (mm)	
TO 24 tam 5 Int / ext	400	250		25	
Terminação KIT					
Modelos	Seção do condutor (mm ²)	Dimensão A (mm)		Dimensão D (mm)	
		Uso externo	Uso interno	Uso externo	Uso interno
SOT E / SOT I	300-400	240	145	210	115
TPK E / TPK I	400-630	235	205	210	180

Tabela 25. Valores de corte de camadas

Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Montagem

Procedimentos para todas as camadas:

1- Limpar a superfície da capa do cabo;

2- Remova a capa do cabo;

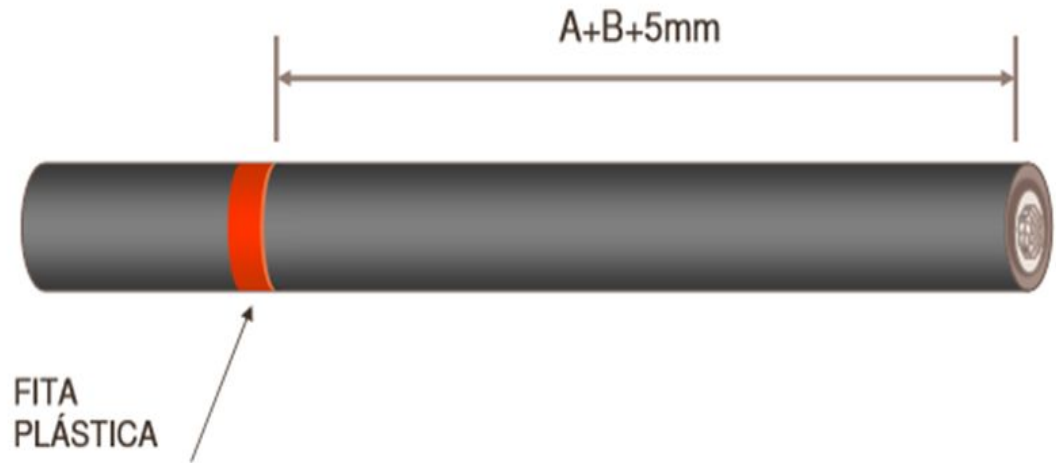


Figura 26. Cabo sem corte

A partir do ponto marcado, retire a capa externa. Para tanto faça um corte circular (com canivete ou lâmina afiada) adjacente à fita plástica e mais um sobre a extensão da parte da capa externa a ser removida.

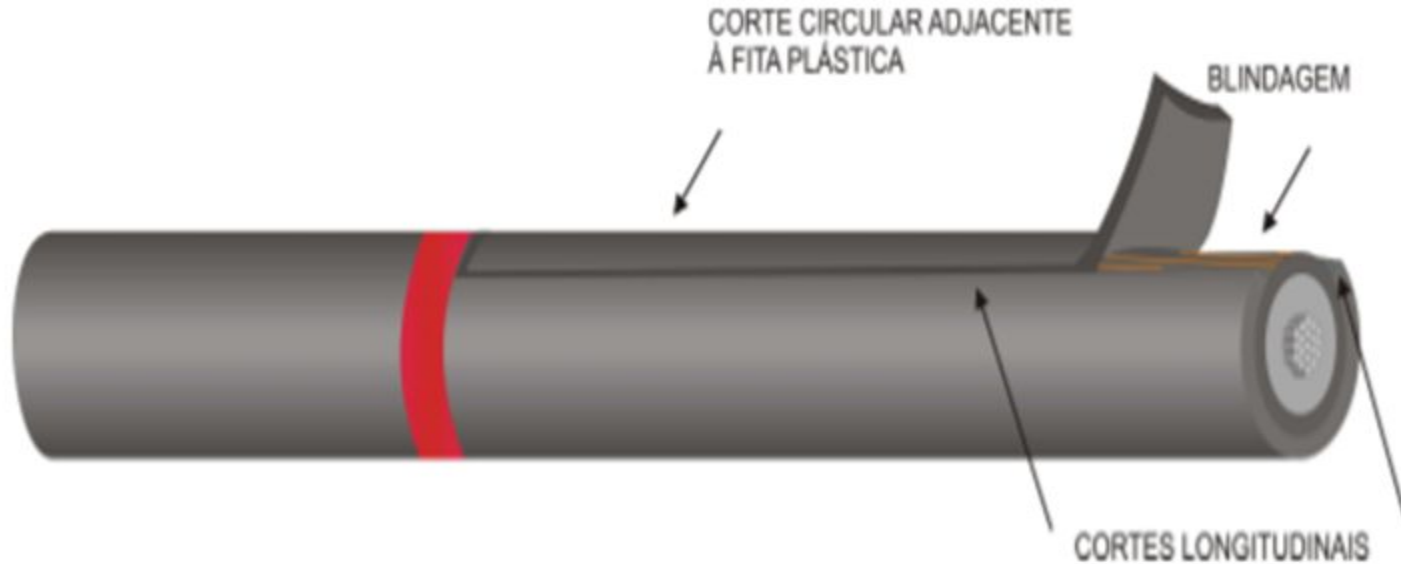


Figura 27. Remoção da capa
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

3- Retirada da camada semicondutora:

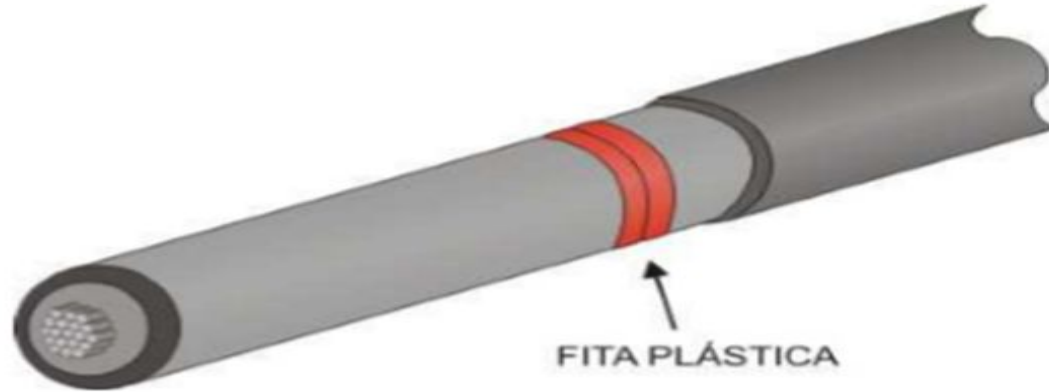


Figura 28. Retirada da capa semicondutora
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Faça um corte (com canivete ou lâmina afiada) circunferencialmente adjacente à fita plástica e mais dois cortes longitudinais, diametralmente opostos sobre a extensão da semicondutora a ser removida.

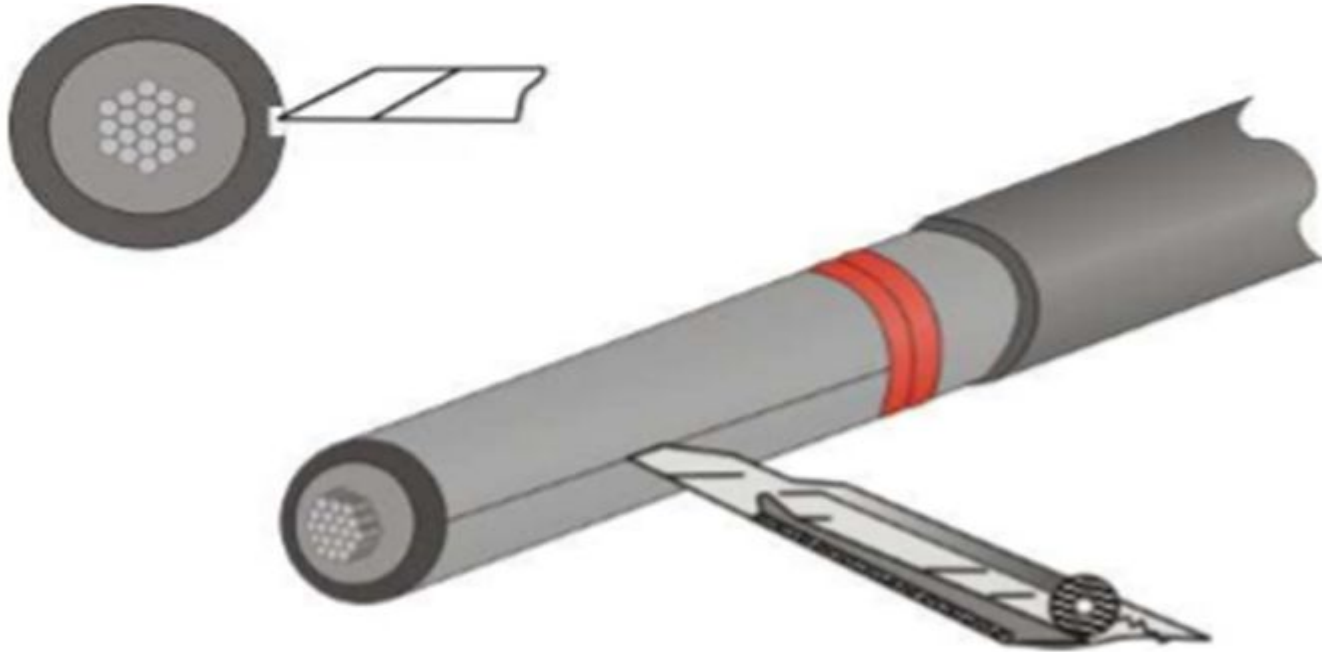


Figura 29. Retirada da capa semicondutora
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Remoção a frio:

Com um alicate de bico chato, levante a extremidade de uma tira de camada semicondutora e prossiga na remoção da mesma até atingir a fita.



Figura 30. Remoção a frio

Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

4- Remoção da camada isolante

Após a remoção da camada semicondutora marque, a partir do comprimento do furo do conector terminal, a distância B. Em seguida, remova a isolação deixando o condutor exposto para inserção do conector terminal. Deve-se tomar cuidado para não danificar o condutor.



Figura 31. Remoção da camada isolante
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Limpe o condutor para a retirada de resíduos da semicondutora interna:



Figura 32. Limpeza do condutor
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

5- Aplicação de terminal ou conector e ponta de lápis

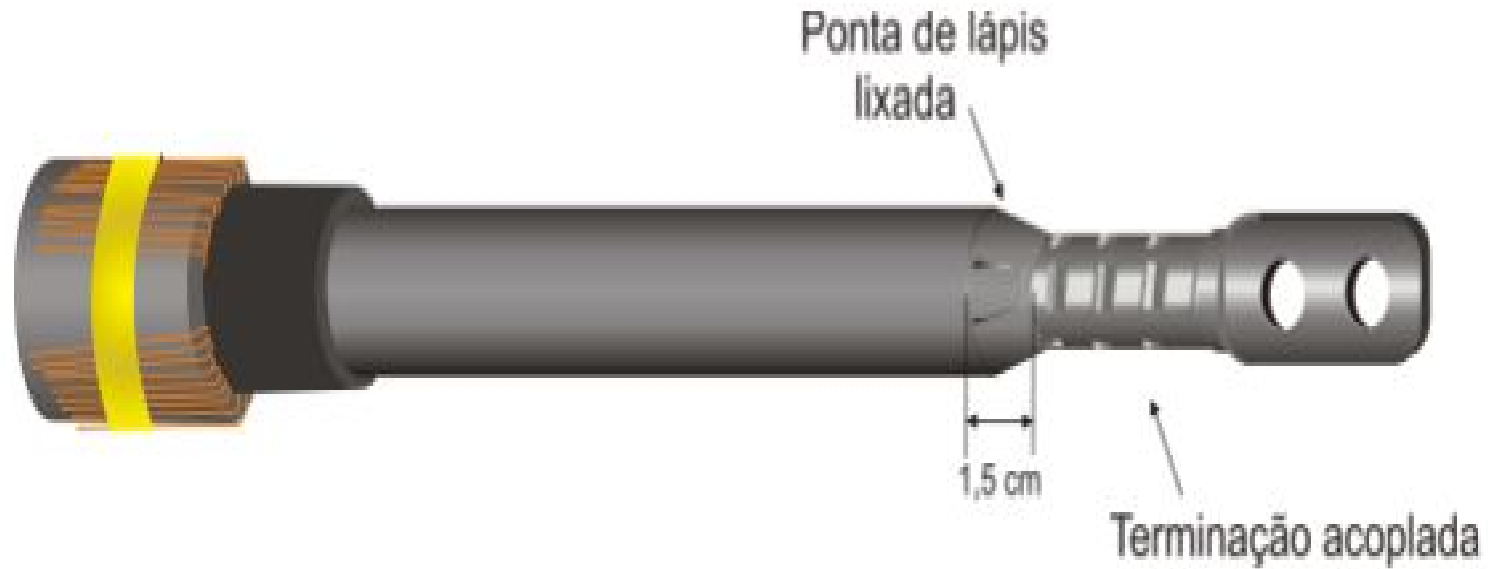


Figura 33. Aplicação do conector
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

6- Preparação da saída para o aterramento

Leve a blindagem do cabo para trás. Com os fios da blindagem faça uma trança de tal forma a usar todos os fios uniformemente. Ao final conectar a terminação de acoplamento para aterramento.



Figura 34. Preparação do aterramento

Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

7- Limpeza do cabo

Lixe a superfície exposta da isolação do cabo, deixando-a lisa e isenta de quaisquer vestígios de material semiconductor. Limpe o conjunto camada semicondutora e isolação utilizando o solvente contido no kit. Utilize o papel seco para secar a isolação.



Figura 35. Limpeza do cabo

Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Limpeza no sentido do cabo e não no sentido do final do cabo



Figura 36. Limpeza do cabo
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Controle de campo elétrico

Procedimentos específicos- 3M

Preparação contra a umidade na parte inferior: Na preparação do cabo para aterramento, após a retirada da cobertura do cabo se deve colocar a 5mm do término da cobertura do cabo massa selante e assentar os fios de cobre sobre ele, da mesma forma sobre a blindagem e ainda Fita isolante Scotch 33, cobrindo-a.

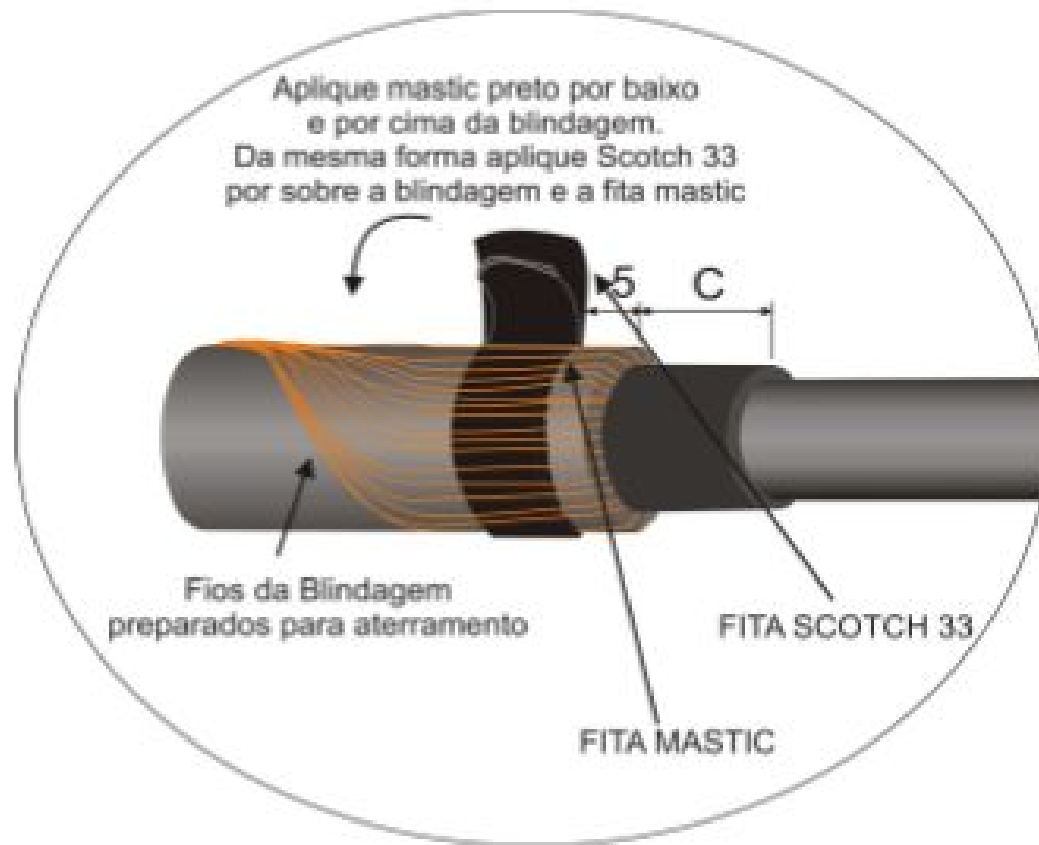


Figura 37. Proteção contra umidade, parte inferior
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Montagem do corpo da mufla: Coloque uma marca sobre a cobertura do cabo, utilizando fita isolante (Scotch 33), a uma distância D borda da camada semicondutora. Define-se assim, a posição correta do isolador de silicone a ser instalado.



Figura 38. Montagem do corpo da mufla
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Introduza o isolador de silicone com alívio de tensão no cabo, de forma que sua extremidade inferior permaneça junto à marca previamente aplicada. Remova a fita plástica, iniciando pela ponta solta, puxando-a no sentido anti-horário, provocando a contração do isolador de silicone e sua consequente adaptação sobre o cabo.

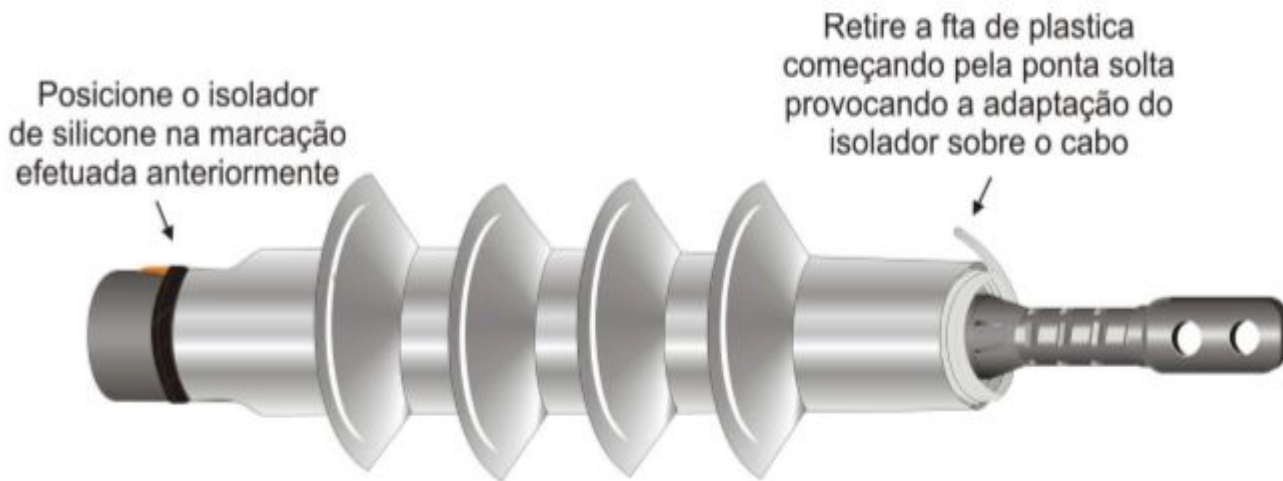


Figura 39. Colocação do isolador de silicone
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Proteção contra umidade na parte superior (QT II).

- a) Para proteção adicional contra umidade aplicar mastic + fita isolante (Scotch 33+) em meia sobreposição sobre o conector.

- b) Quatro camadas de tira de silicone (Scotch 70), em meia sobreposição, iniciando sobre o corpo do conector terminal, estendendo-a 25 mm sobre o isolador de silicone. A tira de silicone deve ser aplicada sem tensão, ou seja, não deve ser esticada durante a aplicação.



Figura 40. Proteção contra umidade na parte superior
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

NOTA IMPORTANTE: A penetração de umidade no interior da terminação pode comprometer o desempenho da mesma. Não se deve aplicar outra fita que não a tira de silicone. Outras fitas podem comprometer as propriedades do isolador de silicone e acarretar em diminuição da sua vida útil.

Procedimentos específicos - ELOS/NKT

Proteção contra a umidade: Aplicação de mastic preto:



Figura 41. Proteção contra umidade parte inferior

Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Use ainda Mastic para preencher todos os espaços remanescentes entre o conector e a isolação, após a instalação do conector. Enrole, também, o Mastic, levemente tensionado, sobre 20 mm do barril do conector e 10 mm da isolação. Corte o saco plástico de proteção para a instalação.

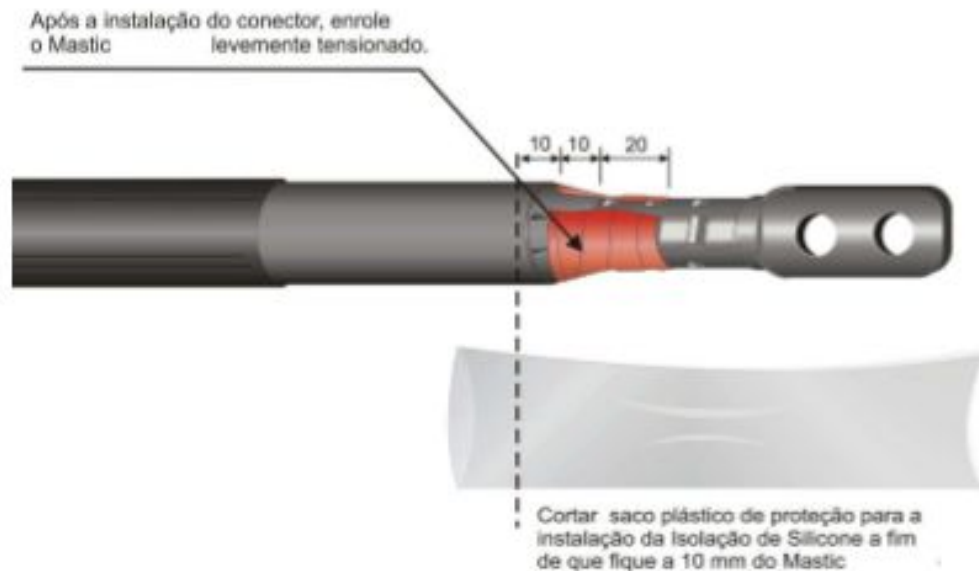


Figura 42. Proteção contra umidade na parte superior

Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Controle do campo elétrico: Aplicar Fita Semi-condutora do kit no degrau da semicondutora do cabo A aplicação desta fita semicondutora tem por finalidade evitar a concentração de campo elétrico no degrau existente entre a semicondutora externa e a isolamento, a fim de arredondar o canto vivo e não criar descargas parciais.

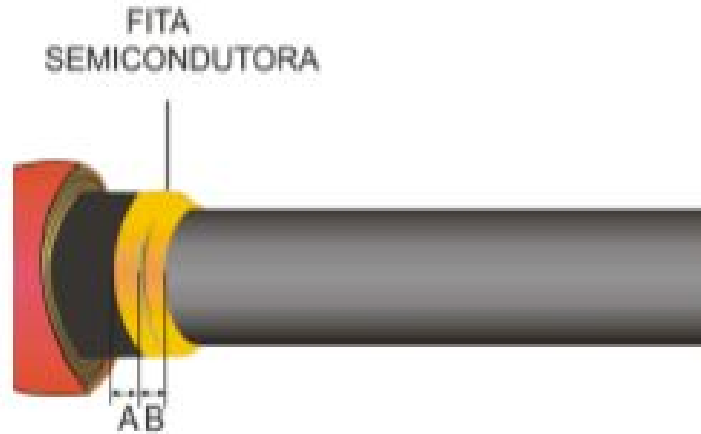


Figura 43. Isolação do degrau da semicondutora
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Montagem do corpo da terminação: Marcar 60 mm a partir da capa do cabo como referência da montagem do corpo da terminação, conforme figura.

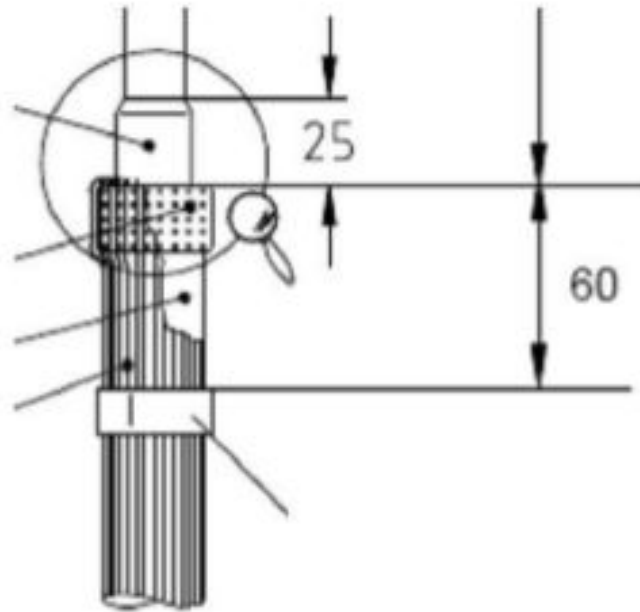
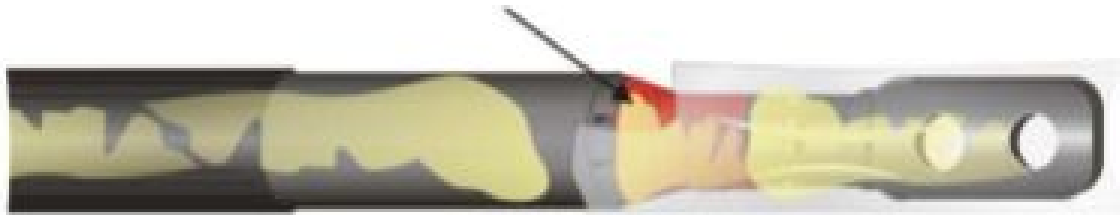


Figura 44. Montagem do corpo da terminação
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Aplique o silicone dentro do corpo da terminação e esprema-o para distribuir bem a graxa por toda a sua extensão:



Após o posicionamento do saco plástico aplique silicone por toda a terminação, incluindo o sac plástico.

Figura 45. Lubrificação da terminação
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Deslize o corpo da terminação sobre o saco plástico de proteção para a instalação e sobre a isolação do cabo. Certifique-se que a distância do final da terminação e da fita previamente marcada é de aproximadamente 20cm, A terminação deve preferencialmente ser empurrada, para que ela deslize mais facilmente.

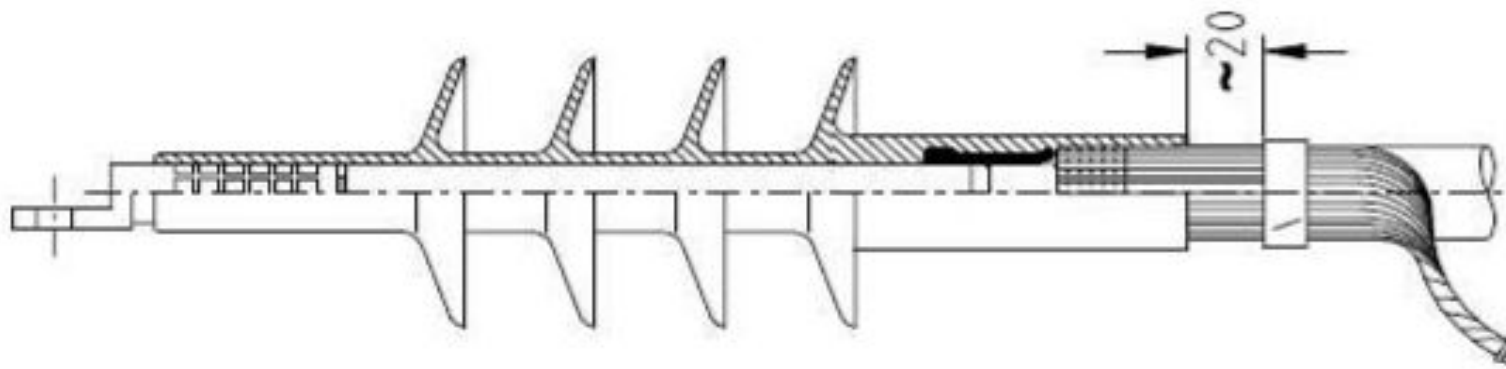


Figura 46. Colocação do isolador de silicone
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Aplicação de Terminais termocontráteis

- 1- As terminações a quente, basicamente, obedecem à mesma sequência estabelecida para as terminações empregadas em muflas.
- 2- Podem ser utilizadas interna ou externamente. Quando utilizada ao tempo, adicionam-se durante a execução uma ou mais saias.
- 3- Não devem ser usadas em ambientes de elevada poluição.

A terminação termocontrátil vem acompanhada de um kit de montagem constituído dos seguintes componentes:

Tubos termocontráteis.

Adesivos.

Malha de cobre.

Cordoalha de aterramento.

Conector de aterramento

Material de limpeza.

Instrução de montagem

- 1- Preparar o cabo da mesma maneira das muflas;
- 2- Aplicar o tubo de controle de campo elétrico que deve envolver a blindagem eletrostática;
- 3- Aplicar calor sobre o tubo de controle de campo elétrico, através de maçarico apropriado;
- 4- Envolver as extremidades da terminação de uma camada de fita adesiva;
- 5- Colocar sobre a terminação o tubo isolante;
- 6- Aplicar novamente calor sobre o tubo isolante;
- 7- Aplicar a quantidade necessária de saias, contidas no kit.

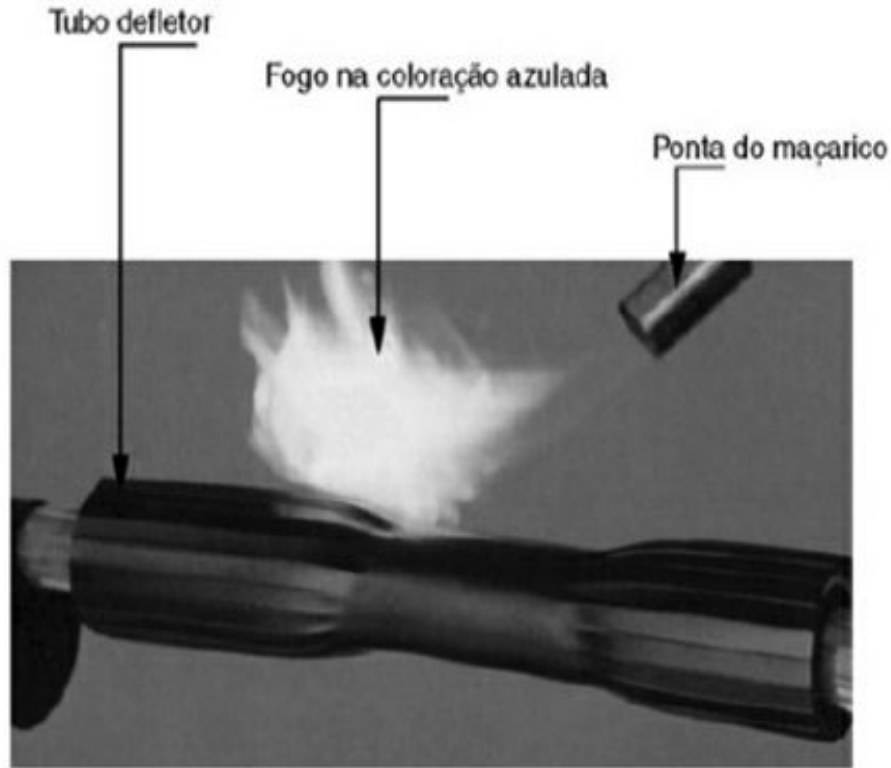


Figura 47. Aplicação de calor usando maçarico
Fonte: Livro Manual de Equipamentos Elétricos – 4ª edição

Aplicação de terminação a Frio

O cabo já deve ter sido preparado de forma semelhante à descrita anteriormente:

1- Limpe e remova a cobertura do cabo na extensão.



Figura 48. Limpeza e remoção da cobertura do cabo

Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>

2- Remova a fita separadora de poliéster.

3- Dobre os fios da blindagem para trás.



Figura 49. Preparação do aterramento

Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>

- 4- Aplique duas camadas de fita adesiva plástica a partir do terminal da cobertura.
- 5- Remova a semicondutora da extensão.
- 6- Remova a isolação da extensão.



Figura 50. Preparação do aterramento
Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>

7- Aplique fita adesiva sobre o condutor.

8- Limpe a isolação.

9- Aplique lubrificante.



Figura 51. Isolação e lubrificação

Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>

10- Introduza o isolante no cabo.



Figura 52. Isolação e lubrificação
Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>

Aplicação de muflas em ambientes poluídos

- Necessário utilizar corpo de porcelana com distância de escoamento superior àquela empregada em ambientes comuns.
- Dificulta a formação de centelhamento entre o ponto de conexão e o seu ponto de fixação com a terra;
- Quanto maior a distância de escoamento, maior o tempo para a limpeza da mufla.
- Com terminações a base de borrachas ou enfaixadas os efeitos das correntes de *flash over* são mais danosos.

Vídeos demonstrativos

Bibliografia

1. MAMEDE, F.J. *Manual de equipamentos elétricos*. 4. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2013.
2. BAS, Gökçen. *Electric Field Analysis In Stress Controlled High Voltage Cables*. Janeiro, 2015.
3. DÁVI, G.A. *Metodologia para avaliação e qualificação de terminações poliméricas de cabos isolados de média tensão*. Curitiba, 2008

Bibliografia

4. Instalação de terminais em painéis de média tensão.
<<http://www.kitacessorios.com.br/instalacao-de-cabos-em-paineis-e-cubiculos-blindados-4/>>