

Interligação Subterrânea 230kV PAL9 – PAL4  
Desenvolvimento do Projeto

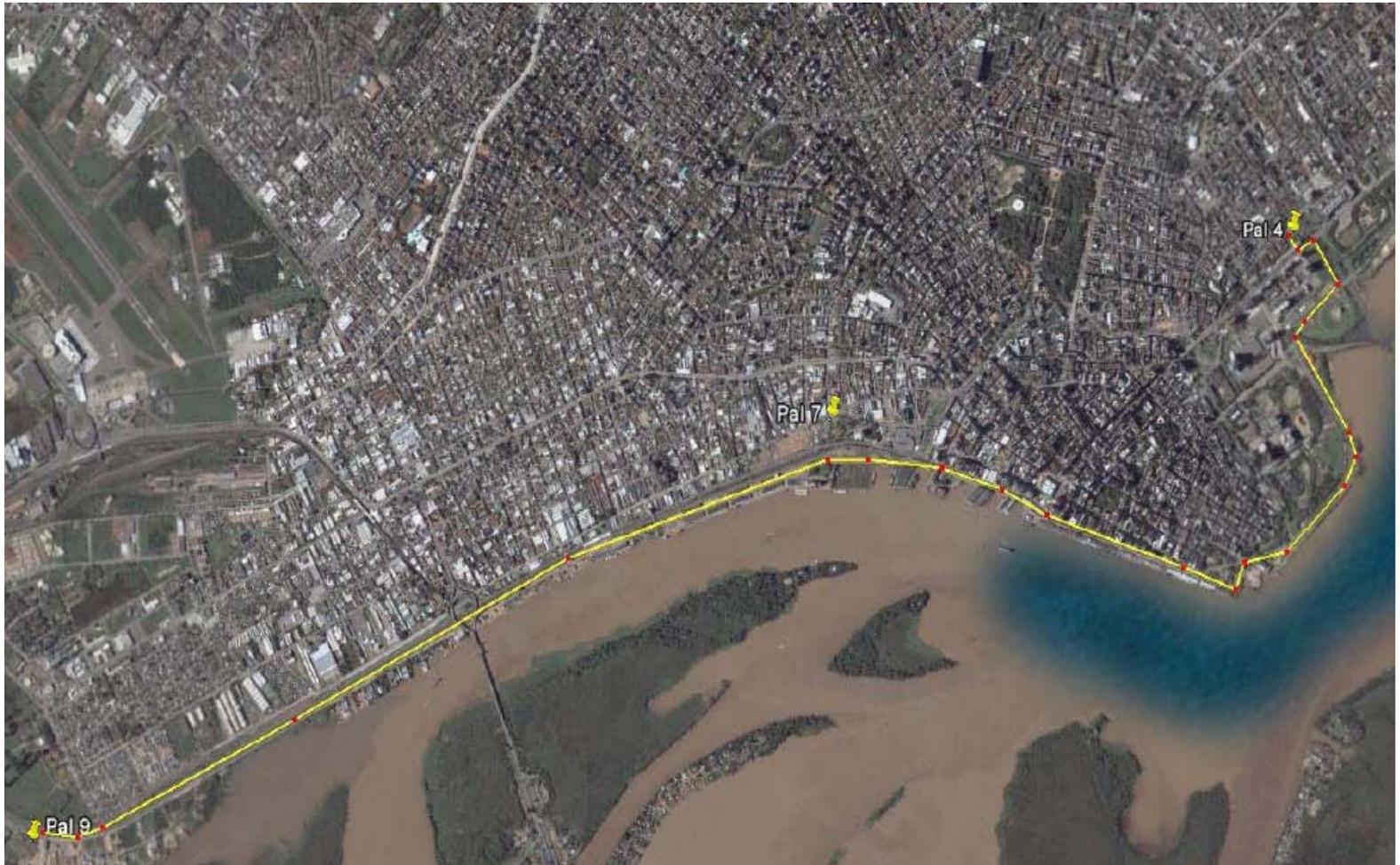
Autores:

Fumitaka Nishimura      Liliane Dias Cicarelli      Márcio Coelho  
Procable Energia e Telecomunicações SA

CABOS 2011 - MACEIÓ - Outubro/2011

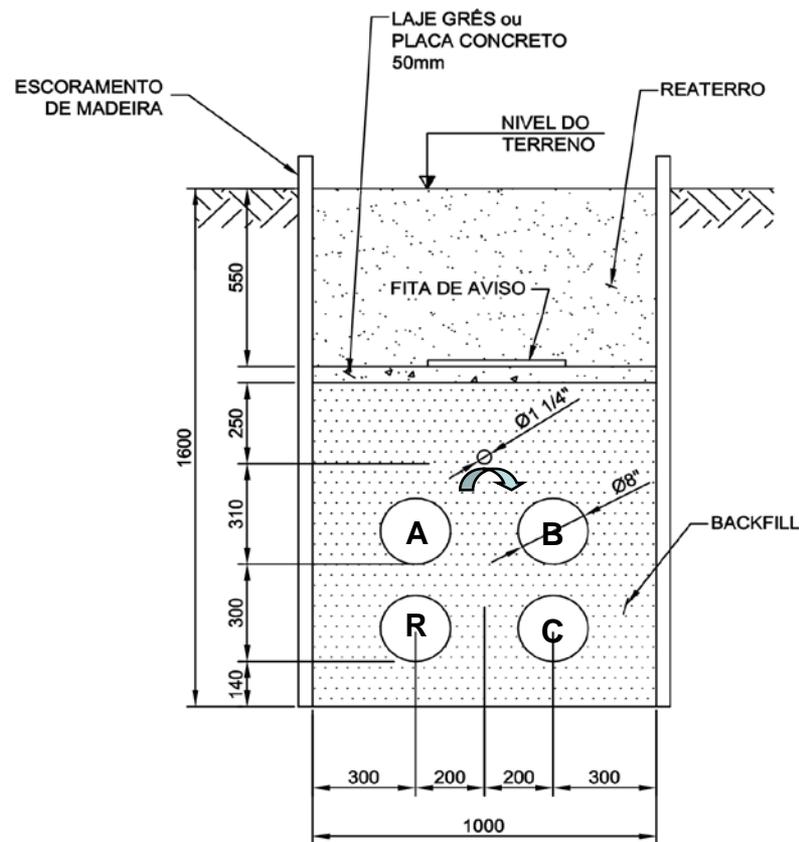
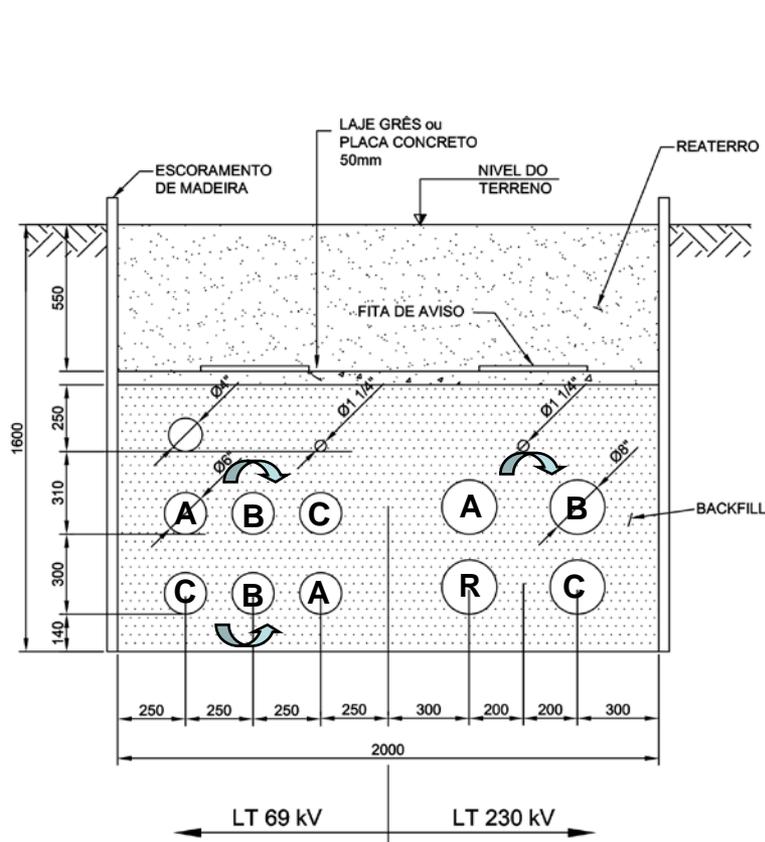
# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4

## ROTA DA LINHA DE TRANSMISSÃO



# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4

## CONFIGURAÇÃO BÁSICA DOS CABOS



Máximo Campo Magnético : 72  $\mu$ T  
(Máximo Permissível : 83,3  $\mu$ T)

# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4



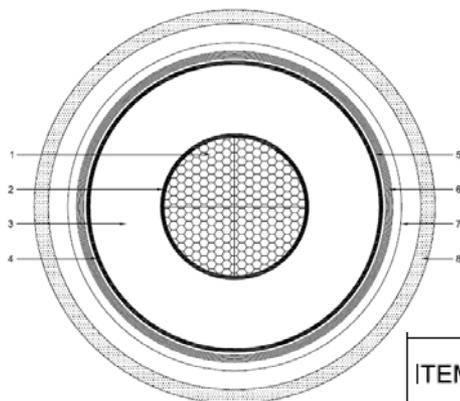
## REQUISITOS BÁSICOS DA LINHA DE TRANSMISSÃO PAL 9 – PAL 4

ITEM	CARACTERÍSTICA	UNIDADE	REQUISITO
01	Tensão Nominal	kV	230
02	Tensão Máxima Operativa	kV	242
03	Nível Básico de Isolamento	kVp	1050
04	Corrente Nominal	A	910 (362 MVA)
05	Fator de Carga	-	0.8
06	Corrente de Curta Duração	A	1100 A (438 MVA)
07	Corrente de Curto-Circuito Nominal	kA	40-0.3s (20 ciclos)
08	Corrente de Crista da Corrente Suportável Nominal	kA	104.0 (fator de assimetria 2.6)
09	Tempo Máximo de Interrupção dos Disjuntores	Ciclos	3 (0.05s)
10	Tempo Total de Eliminação das Falhas pela Proteção Unitária ou Irrestrita	ms	150 (15 ciclos)
11	Tempo Total de Eliminação de Falhas para LT de Interligação de Sistemas	ms	100 (6 ciclos)
12	Secção Transversal do Condutor de Alumínio	mm <sup>2</sup>	1400
13	Número de Cabos	-	4 (1 cabo reserva)

# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4



## SEÇÃO TRANSVERSAL DO CABO

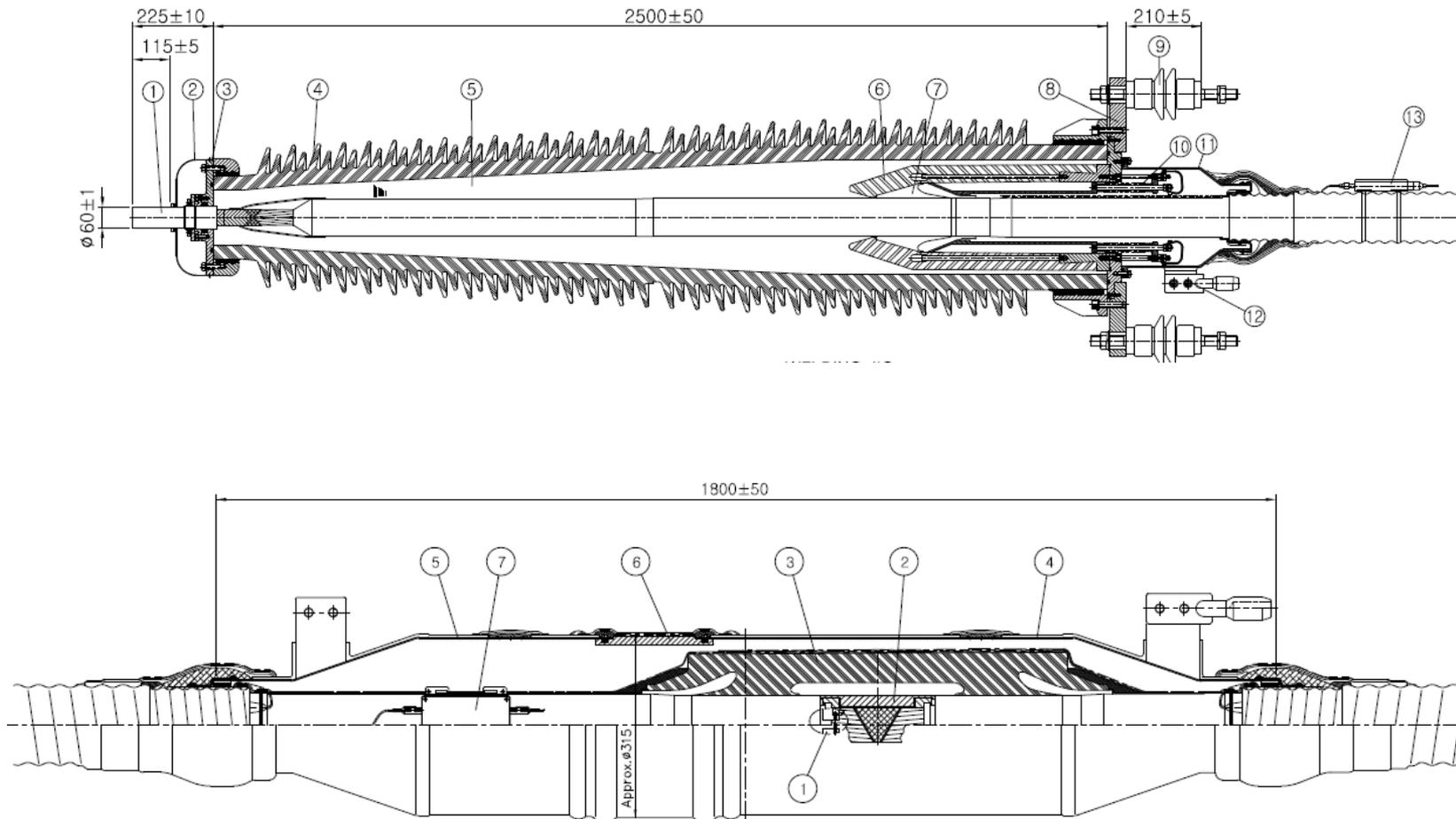


ITEM	DESCRIÇÃO	MATERIAL	ESPESSURA (mm)	Ø EXTERNO APROX. (mm)
1-	CONDUTOR	ALUMÍNIO H-19	-	46.4
2-	CAMADA SEMI-CONDUTORA INTERNA	COMPOSTO SEMI-CONDUTOR	NOMINAL 1,5	50,3
3-	ISOLAÇÃO	XLPE	NOMINAL 23,0	96,3
4-	CAMADA SEMI-CONDUTORA EXTERNA	COMPOSTO SEMI-CONDUTOR	NOMINAL 1,3	98,9
5-	CAMADA A PROVA D'ÁGUA	FITAS SEMI-CONDUTORAS ABSORVENTES	APROX. 0,5x4 CAMADAS	104,9
6-	CAMADA DE ACOLCHOAMENTO	FITA SEMI-CONDUTORA ABSORVENTE E FITA DE TECIDO COM FIOS DE COBRE	APROX. 1,0	106,2
7-	BLINDAGEM METÁLICA	ALUMÍNIO CORRUGADO	NOMINAL 2,7	125,1
8-	CAPA EXTERNA	MDPE	NOMINAL 4,5	134,3
CABO COMPLETO		DIÂMETRO TOTAL: APROX. 136 [mm] PESO: APROX. 16,36 [Kg/m] TESTE EM TENSÃO AC: 318 [kV/30min]		

# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4

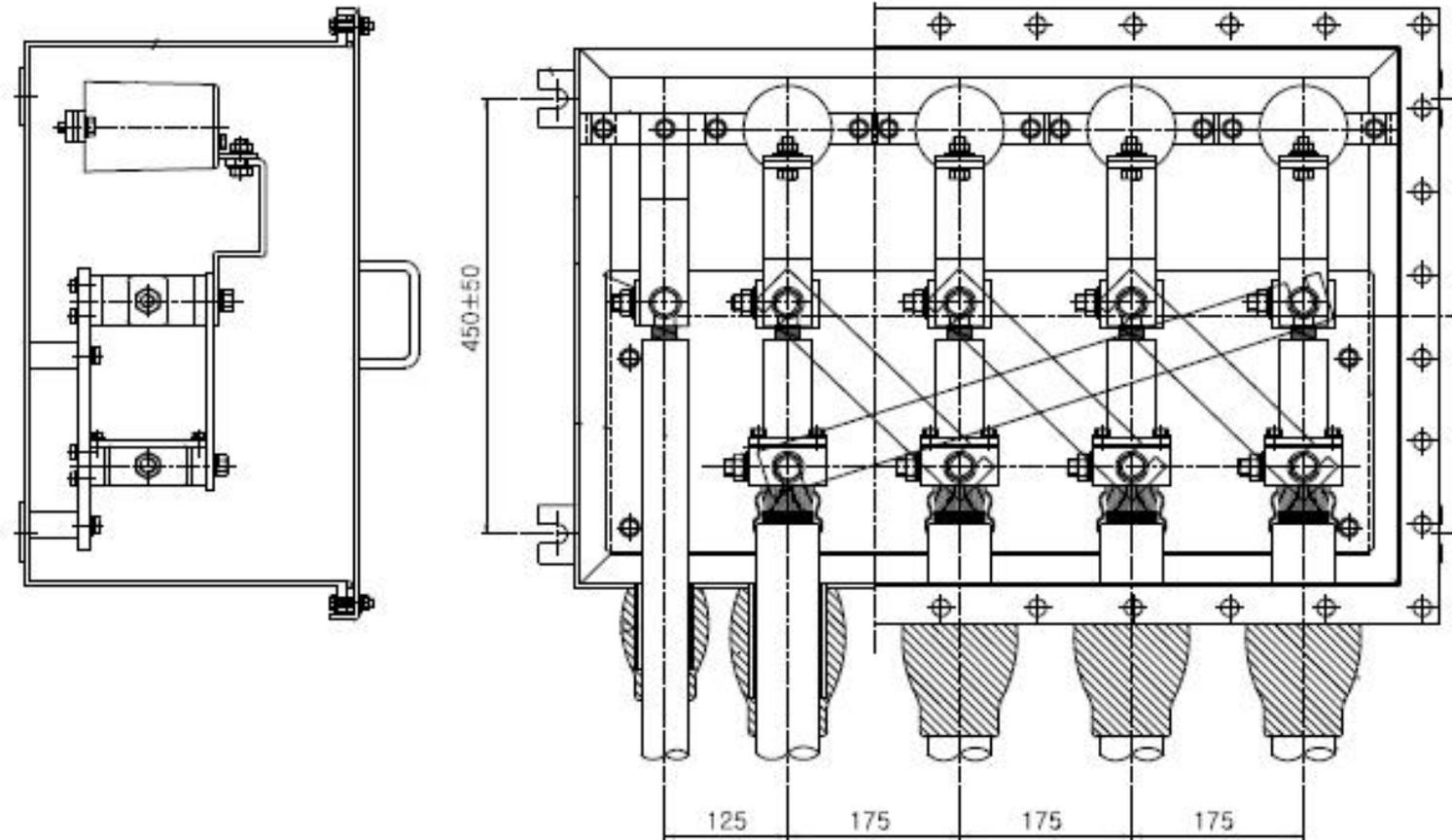


## TERMINAL EXTERNO E EMENDA SECCIONADA 230KV



# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4

## LINK BOX PARA CROSS-BONDING COM SVL



<b>Ensaio de Tipo Elétricos</b>	
1	Dobramento, Instalação de Acessórios e Descargas Parciais
2	Tangente Delta e Medição da Capacitância
3	Ensaio de Tensão Elétrica com Ciclos Térmicos
4	Impulso Atmosférico seguido de Tensão Elétrica Aplicada
5	Descargas Parciais
6	Resistividade Elétrica das Semi-Conductoras
7	Ensaio das Proteções Externas das Emendas Enterradas

<b>Ensaio de Tipo Não-elétricos</b>	
1	Verificação da Construção do Cabo
2	Tração e Alongamento na Isolação e na Capa Externa
3	Envelhecimento para Verificar Compatibilidade dos Materiais
4	Pressão a Alta Temperatura na Capa Externa
5	Deformação a Quente
6	Dispersão de Negro de Fumo
7	Retração na Isolação e na Capa Externa
8	Penetração de Água

<b>Ensaio de Rotina</b>	
1	Descargas Parciais
2	Tensão Elétrica Aplicada
3	Ensaio Físicos na Cobertura e Isolação
4	Ensaio de Tensão Corrente Contínua na Capa Externa

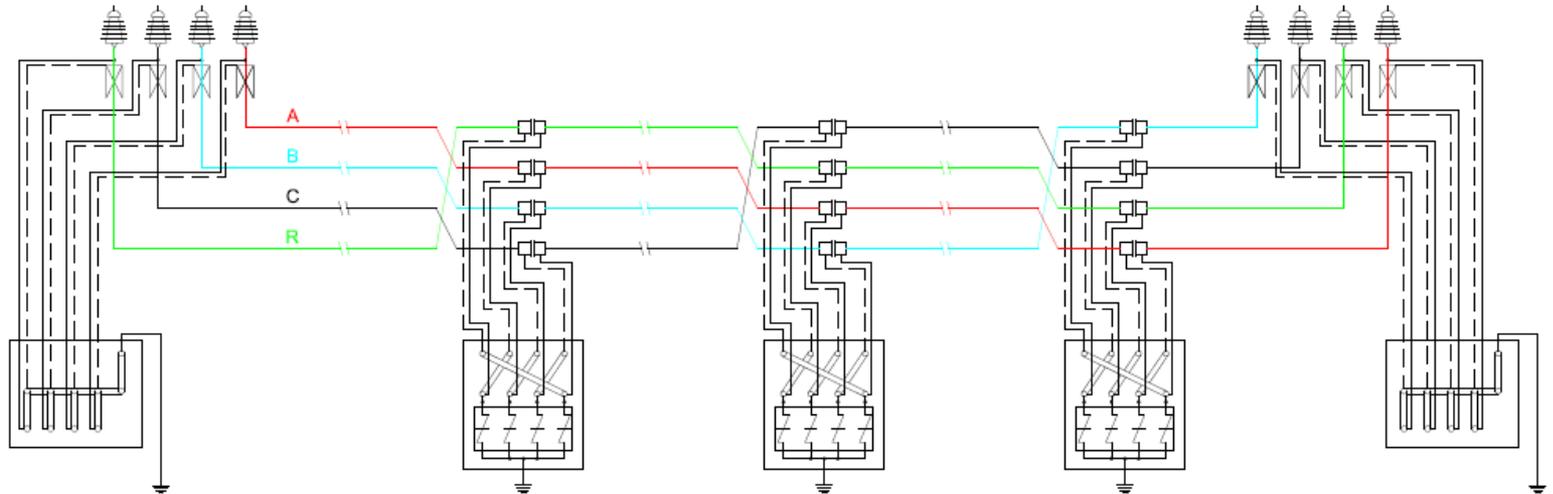
  

<b>Ensaio Após a Instalação</b>	
1	Ensaio de Tensão CA 216 kV Durante 1 Hora
2	Ensaio de Tensão Corrente Contínua na Capa Externa
3	Ensaio no Sistema Cross-Bonding

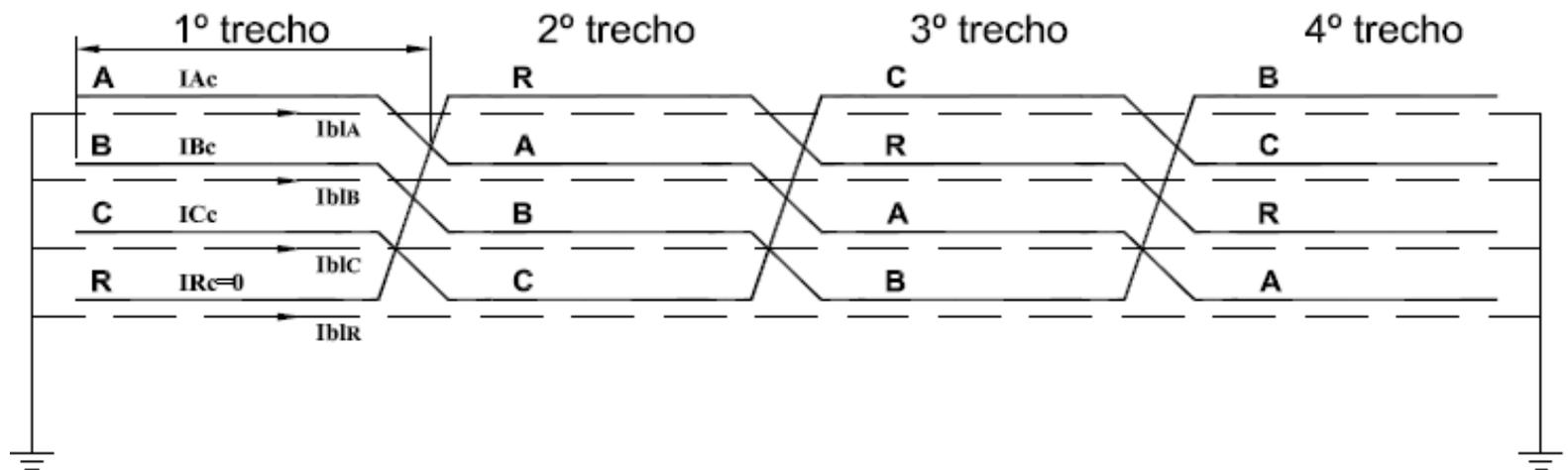
# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4



## SISTEMA CROSS-BONDING COM 4 CABOS

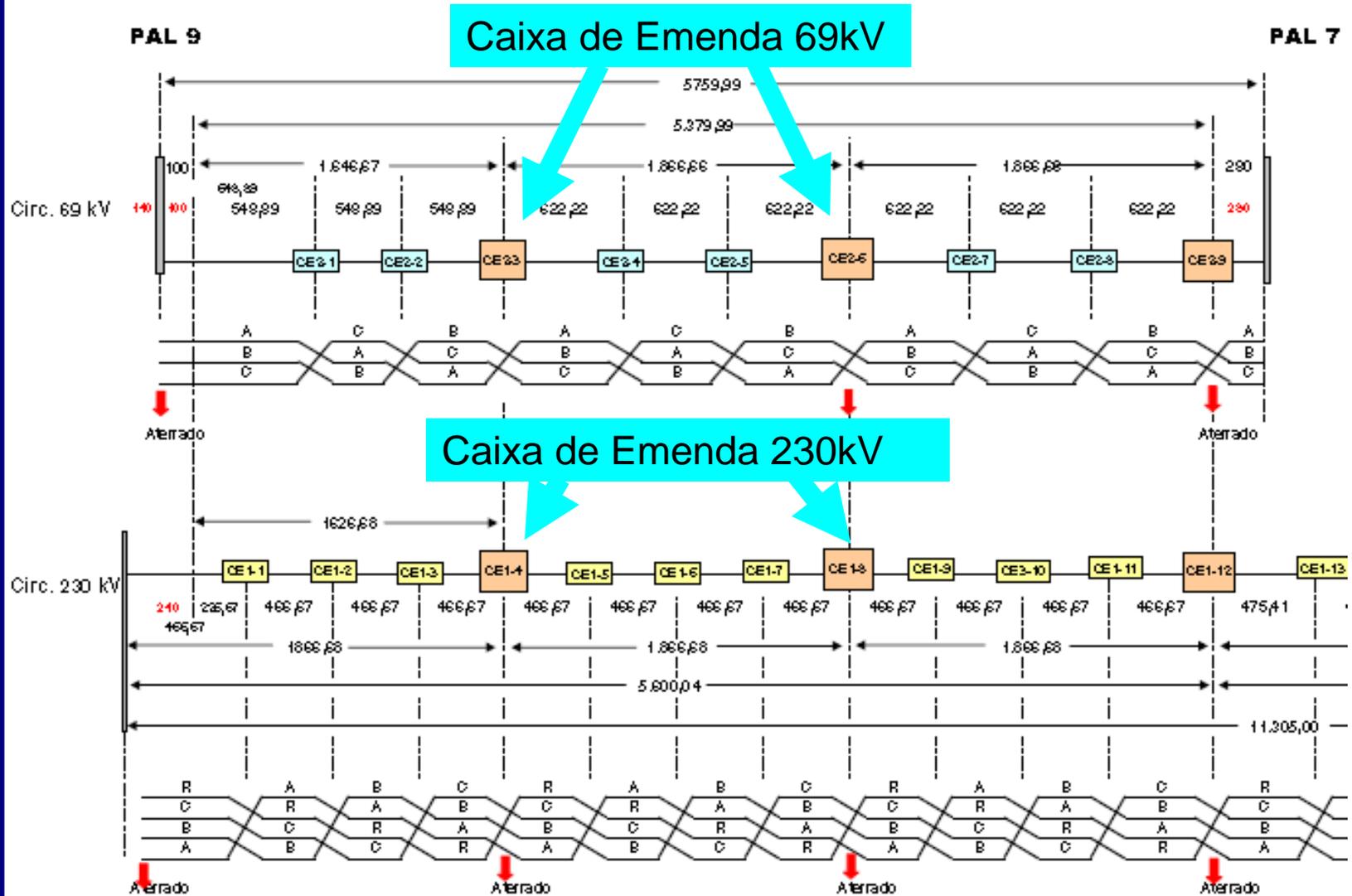


A corrente na capa metálica é nula



# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4

## SISTEMA CROSS-BONDING 69KV E 230KV



# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4



## CÁLCULO DA AMPACIDADE DO CABO

Cabo diretamente enterrado em duto com bentonita e backfill

Item	Condição	Temperatura (°C)		Ampacidade (A)
		Inicial	Final	
1	Regime Permanente com FC 100%	25	85	980
2	Regime Permanente com FC 80%	25	85	1018
3	Sobrecarga de 1 hora, com FC 100%	85	105	1895
4	Sobrecarga de 2 horas, com FC 100%	85	105	1600
5	Sobrecarga com duração de 3 horas, com fator de carga 100%	85	105	1500
6	Sobrecarga com duração de 4 horas, com fator de carga 100%	85	105	1460
7	Ampacidade do condutor curto-circuito, 0,3s (método adiabático)	85	250	246.000
8	Ampacidade da capa metálica curto-circuito, 0,3s (método não-adiabático)	75	180	42.000

# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4

## DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS ELÉTRICOS



Item	Descrição	Unidade	Valor
1	<b>1o. Caso: 2 circuitos 69kV e 1 circuito 230kV</b>		
	$Z1 = Z2$ a 90oC	$\Omega/\text{km}$	0,03128 + j0,23376
	$Z0$ a 90oC	$\Omega/\text{km}$	0,07301 + j0,08116
2	<b>2o. Caso: 1 circuito 230kV</b>		
	$Z1 = Z2$ a 90oC	$\Omega/\text{km}$	0,03121 + j0,23376
	$Z0$ a 90oC	$\Omega/\text{km}$	0,07307 + j0,07935
3	$C0 = C1 = C2$	$\mu\text{F}/\text{km}$	0,21123

Onde:

$Z1, Z2, Z0$  - Impedâncias de sequência positiva, negativa e zero, respectivamente

$C1, C2, C0$  - Capacitâncias de sequência positiva, negativa e zero, respectivamente

# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4

## ESTUDO DA COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO



Os estudos de coordenação do isolamento foram elaborados utilizando o software ATP. Verificou-se que as solicitações de sobretensões decorrentes do surto atmosférico não são superiores a 600kV conforme indicado abaixo.

Caso	Tensão Máxima (kV)	Margem de Proteção (%) <sup>*</sup>
<b>SE Porto Alegre 4</b>		
SE Pal 4 - Completa	315	58,0%
SE Pal 4, sem a linha para Pal 10	321	57,2%
SE Pal 4, sem a linha para Pal 10 e apenas um transformador em Porto Alegre 4	322	46,8%
<b>SE Porto Alegre 9</b>		
SE Pal 9 - Completa	295	60,7%
SE Pal 9, sem a linha para Pal 8	298	60,3%
SE Pal 9, apenas a linha para Cidade Industrial e dois transformadores	310	58,7%
SE Pal 9, apenas a linha para Cidade Industrial e um transformador	308	58,9%

LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4  
ESTUDOS DE MANOBRAS NA LT 230KV



Foram realizadas as seguintes simulações de manobra:

- Rejeição de Carga
- Avaliação da Energização do Cabo
- Análise da Tensão de Restabelecimento Transitória por Eliminação de Curto Circuito

Os estudos demonstraram que os valores de sobretensão temporária e transitória são relativamente baixos (inferiores a 500 kVp), inclusive quanto à dissipação de energia pelos para-raios.

# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4

## ESTUDOS DE MANOBRAS NA LT 230KV ESTUDO DE SOBRETENSÃO (60 Hz) NO CABO RESERVA



<b>Tipo de Falta</b>	<b>Elemento</b>	<b>Valor em kV rms</b>
Falta monofásica em Pal9	blindagem	2,60
	condutor	11,70
Falta bifásica em Pal9	blindagem	1,36
	condutor	1,34
Falta trifásica em Pal9	blindagem	1,69
	condutor	1,54
Falta monofásica em Pal4	blindagem	3,39
	condutor	17,00
Falta bifásica em Pal4	blindagem	4,10
	condutor	4,00
Falta trifásica em Pal4	blindagem	5,00
	condutor	4,60
Com corrente de carga de 910 A-rms	blindagem	0,45
	condutor	0,41

# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4



# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4



# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4



# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4



# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4



# LT SUBTERRÂNEA 230kV PAL9-PAL4



## **CONCLUSÃO**

- Pela primeira vez no país foi concebido um sistema Cross-Bonding com 4 cabos e, ainda, 2 circuitos 69 kV em paralelo;

- Os estudos mostram que os circuitos 69 kV e 230 kV operam praticamente sem influência eletromagnética entre si;

- As sobretensões transitórias nos condutores e nas capas metálicas são valores relativamente baixos (inferiores a 60% do NBI) e portanto não deveria ocorrer nenhuma descarga durante a operação;

- As sobretensões de manobra nos condutores e nas capas metálicas, os seus valores são relativamente baixos e portanto, abaixo do nível de suportabilidade dos equipamentos;

- O cabo reserva estará com uma extremidade energizada e a outra aberta e a sobretensão nesta é inferior ao nível de suportabilidade do cabo;

- A linha deverá ser submetida aos ensaios de comissionamento até o dia 20/11/2011



[www.procable.com.br](http://www.procable.com.br)

Phone: +55 11 4061-9100

Fax : +55 11 4061-9111

Obrigado !!!