

INTERESSADO: Luzville Engenharia Ltda.
Rua Dr. Gerkes de Sellos Rocha, 238. Santo Antônio.
Joinville, SC

ORDEM DE SERVICO: 57126

DATA DE EMISSÃO: 25/08/08 – REW

ENSAIOS EM CONJUNTO DE MANOBRA E CONTROLE DE MÉDIA TENSÃO

1. OBJETO DE ENSAIO:

- Conjunto de manobra e controle, com as seguintes especificações:

Especificações / Características	
Modelo	-
Ano de fabricação	2008
Classe de tensão	17,5 kV
Tensão de operação	17,5 kV
Tensão aplicada, 60Hz, 1 minuto	38 kV
Nível básico de impulso 1,2/50µs	95 kV
Frequência nominal	60 Hz
Corrente suportável de curta duração	25 kA
Valor de crista corrente suportável	63 kA
Corrente nominal	600 A*
Grau de proteção	IP- 40
Norma	NBR IEC 62271-200/2003

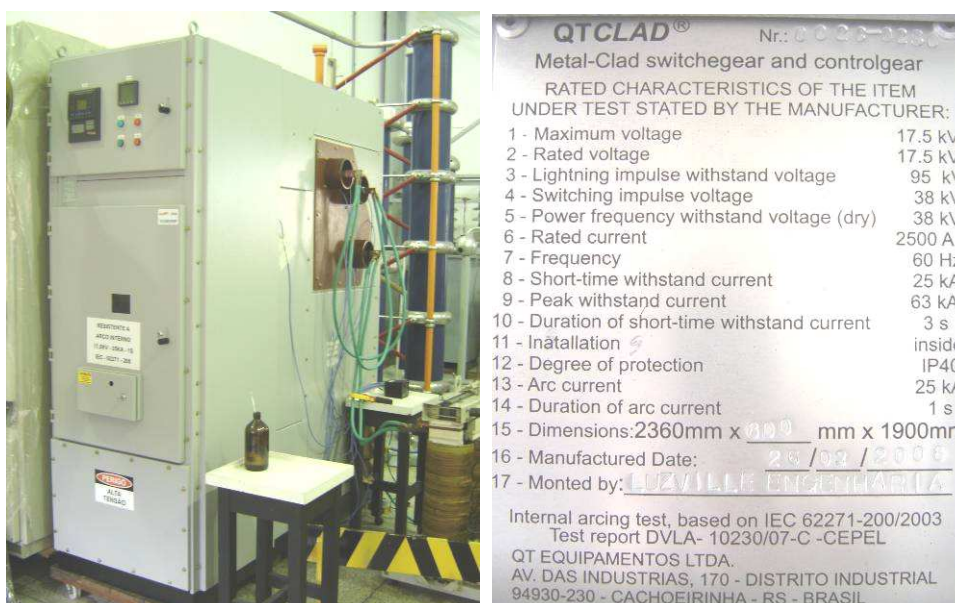


Fig.01 –Cubículo ensaiado e placa de identificação.

* Obs.: Por solicitação da Luzville Engenharia, o ensaio de elevação de temperatura foi realizado com corrente nominal de 600 A.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE BLUMENAU

Rua São Paulo, 3250 - CEP 89.030-000 - Blumenau SC - Fone: (47) 3221-6082 - Fax: (47) 3221-6001

C.N.P.J.: 82.662.958/0001.02 - Inscrição Estadual: 250.974.665 – www.furb.br/iptb - iptb@furb.br

2. OBJETIVO:

Realizar os seguintes ensaios no equipamento descrito anteriormente:

- Ensaio de elevação de temperatura;
- Ensaio de tensão suportável nominal de impulso atmosférico – 95 kV;
- Ensaio de resistência de isolamento;
- Ensaio de tensão suportável nominal a frequência industrial.

3. EQUIPAMENTOS/INSTRUMENTOS UTILIZADOS:

- 01 Gerador de impulso, Foster, 5 estágios, tipo Marx d/ya;
- 01 Divisor capacitivo com kilovoltímetro digital, Phenix, modelo KVM 200;
- 01 Divisor de tensão resistivo, Foster, tipo d/ya 442.
- 01 Transformador de ensaio, Foster, modelo D/YA442;
- 01 Transformador de ensaio, Waltec, tipo TTE, 15 kVA;
- 01 Variador de tensão trifásico, STP, modelo VTRE-170;
- 01 Osciloscópio digital, Tektronix, modelo TDS 3012, com drive 3/2 1.44 Mb;
- 01 Alicates amperímetro, Minipa, modelo ET-3880;
- 01 Analisador de isolação, Metrel, modelo TeraOhm 5kV.
- 01 Indicador digital de temperatura, Tecsystem, modelo NT538;
- 08 Termopares do tipo PT-100;
- 01 Termômetro de líquido em vidro, Precision.

4. EQUIPE EXECUTANTE:

- Rafael Eduardo Werlich, Engenheiro Eletricista, FURB/IPTB.

5. DATA E LOCAL DE REALIZAÇÃO:

Os ensaios foram realizados entre os dias 19 e 20/08/2008, no Laboratório de Alta Tensão, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Blumenau, da FURB.

6. INSPETOR:

- Fabrício O. R. Branco, Luzville;
- Tiago de Oliveira Silva, Luzville.

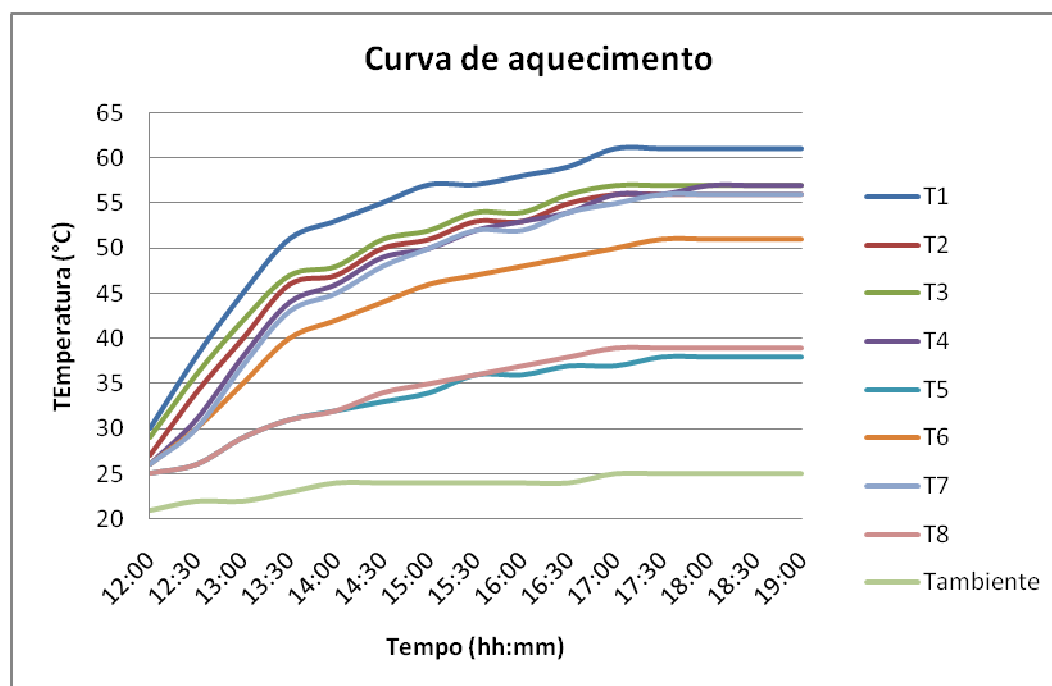
7. DESENVOLVIMENTO:**7.1. Ensaio de elevação de temperatura**

O ensaio foi realizado com aplicação de corrente elétrica monofásica nominal de 600 A em frequência industrial, em todas as fases e mantida até a ocorrência da estabilização da temperatura, verificada pela variação de no máximo 1°C

durante 1 hora consecutiva nas indicações das sondas PT-100.

Na tabela e gráfico a seguir as leituras das sondas PT-100.

Ensaio de aquecimento – 600 A									
Hora (h)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T ₅ (°C)	T ₆ (°C)	T ₇ (°C)	T ₈ (°C)	T _{ambiente} (°C)
12:00	30	27	29	26	25	26	26	25	21
12:30	38	34	36	31	26	30	30	26	22
13:00	45	40	42	38	29	35	37	29	22
13:30	51	46	47	44	31	40	43	31	23
14:00	53	47	48	46	32	42	45	32	24
14:30	55	50	51	49	33	44	48	34	24
15:00	57	51	52	50	34	46	50	35	24
15:30	57	53	54	52	36	47	52	36	24
16:00	58	53	54	53	36	48	52	37	24
16:30	59	55	56	54	37	49	54	38	24
17:00	61	56	57	56	37	50	55	39	25
17:30	61	56	57	56	38	51	56	39	25
18:00	61	56	57	57	38	51	56	39	25
18:30	61	56	57	57	38	51	56	39	25
19:00	61	56	57	57	38	51	56	39	25



T_1 (°C) - Barramento de saída – Conexão – Fase R (azul);
 T_2 (°C) - Barramento de saída – Conexão – Fase S (branco);
 T_3 (°C) - Barramento de saída – Conexão – Fase T (verde);
 T_4 (°C) - Borne do disjuntor – Parte traseira – Fase S;
 T_5 (°C) - Teto do compartimento de barras;
 T_6 (°C) - Conexão do TC – Fase T;
 T_7 (°C) - Conexão de entrada do disjuntor – Fase S;
 T_8 (°C) - Ambiente no compartimento do disjuntor;
 T_{ambiente} (°C) - Temperatura ambiente externa.



Fig.02 – Localização das sondas T_1 , T_2 , e T_3 , respectivamente.



Fig.03 – Localização das sondas T_4 , T_6 , e T_7 , respectivamente.

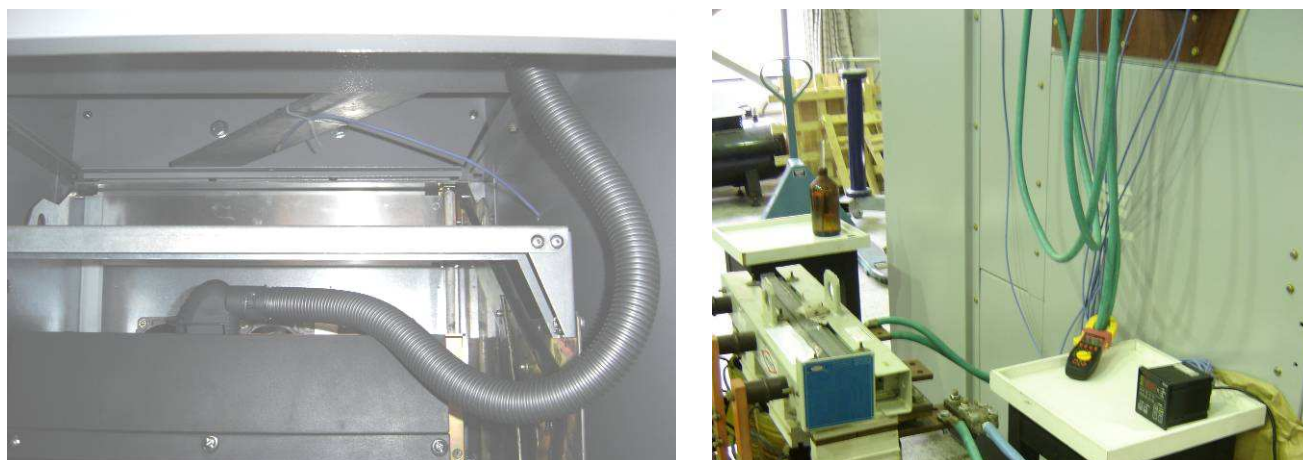


Fig.04 – Localização das sondas T_8 e T_{ambiente} , respectivamente.

A elevação de temperatura calculada é a diferença entre a temperatura medida nas sondas PT-100 para cada ponto (T_n) e a temperatura ambiente (T_{ambiente}) registrados no mesmo instante e no término do período de realização do ensaio. A T_{ambiente} foi tomada através de termômetro de mercúrio, localizado a um metro do quadro, imerso em óleo mineral.

Elevação de temperatura - (°C)							
$E_1(^{\circ}\text{C})$	$E_2(^{\circ}\text{C})$	$E_3(^{\circ}\text{C})$	$E_4(^{\circ}\text{C})$	$E_5(^{\circ}\text{C})$	$E_6(^{\circ}\text{C})$	$E_7(^{\circ}\text{C})$	$E_8(^{\circ}\text{C})$
36	31	32	32	13	26	31	14

7.2. Ensaio de tensão suportável nominal de impulso atmosférico

O ensaio de impulso atmosférico foi realizado em diferentes condições, conforme Tabela 9 da NBR IEC 60694:2006 ou Anexo B da NBR 6979:1998, descritas a seguir:

Aa – BCbcF (dispositivo de manobra fechado)

Bb – ACacF (dispositivo de manobra fechado)

Cc – ABabF (dispositivo de manobra fechado)

A – BCabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

B – ACabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

C – ABabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

a – ABCbcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

b – ABCacF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

c – ABCabF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

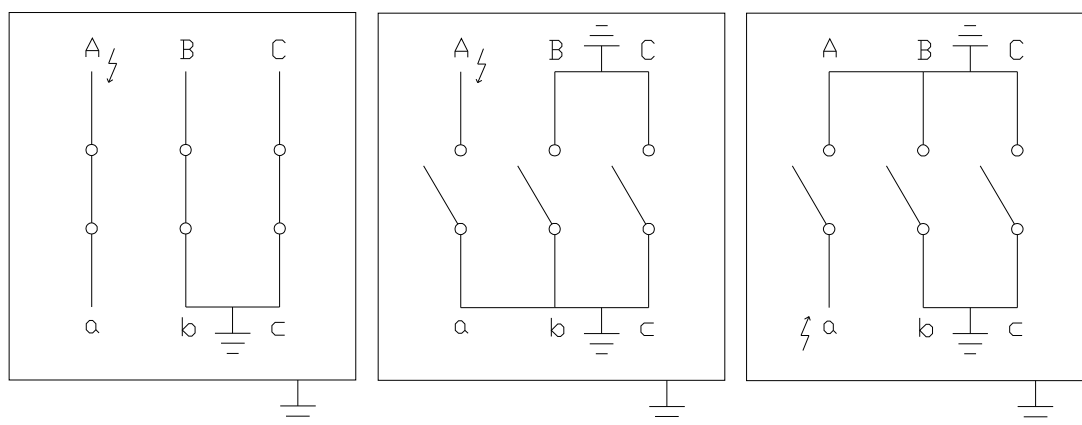


Fig. 05 – Esquemas para ensaio de impulso.

Legenda:

A – Entrada de alimentação – Fase A

B – Entrada de alimentação – Fase B

C – Entrada de alimentação – Fase C

- a** – Saída para a carga – Fase A
- b** – Saída para a carga – Fase B
- c** – Saída para a carga – Fase C
- F** – Invólucro metálico (massa)
- Dispositivo de manobra** – Disjuntor

Foram aplicados 15 (quinze) impulsos de polaridade positiva precedidos de 15 (quinze) de polaridade negativa, para cada condição descrita anteriormente. O valor de crista foi ajustado para 95 kV, com tempos de frente e cauda de 1,50 / 49,6 μ s, respectivamente, portanto dentro das tolerâncias exigidas pela NBR – 6936:1992, item 5.3.3(Tolerâncias para a tensão de ensaio).



Fig.06 –Cubículo no ensaio de impulso atmosférico.

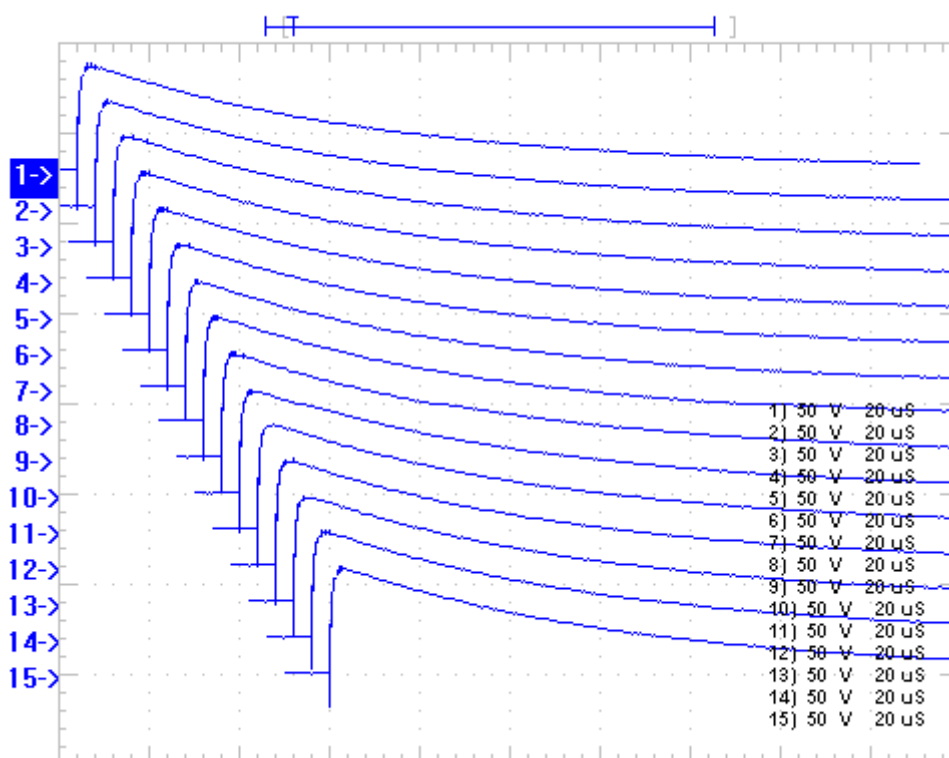
A seguir, os oscilogramas dos impulsos aplicados.

Obs.: Exemplo: 1º Caso - Aa – BCbcF – impulso aplicado em Aa com BCbcF conectados ao sistema de aterramento do gerador de impulso, estando o [dispositivo de manobra fechado](#).

Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25 °C	Umidade Relativa: 68 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: Aa – BCbcF (dispositivo de manobra fechado)

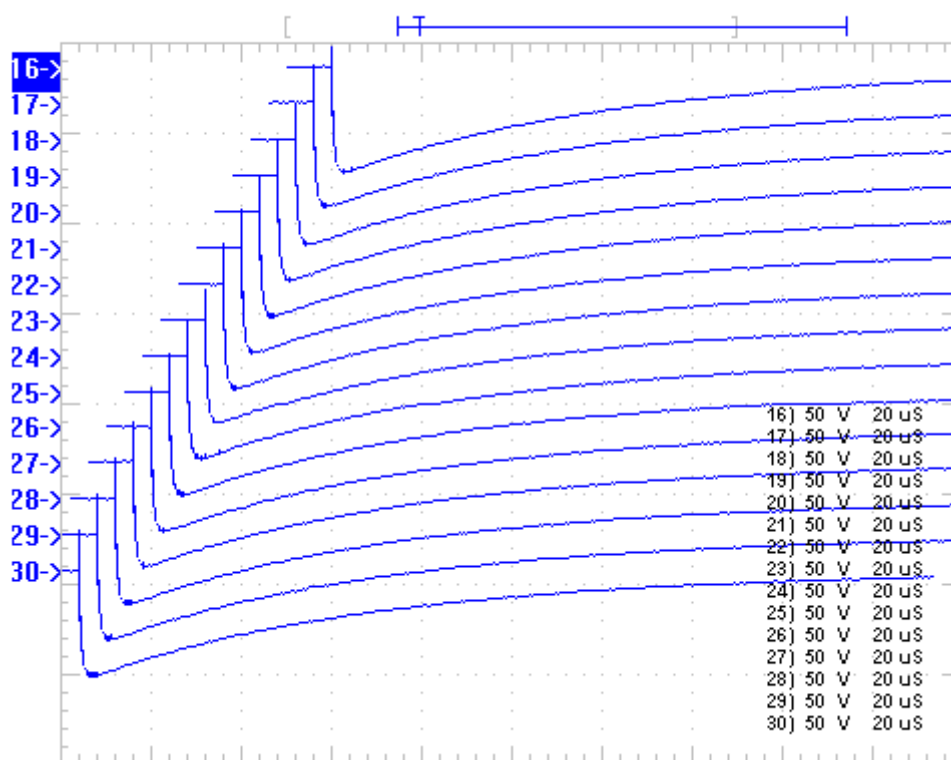
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25 °C	Umidade Relativa: 68 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: Aa – BCbcF (dispositivo de manobra fechado)

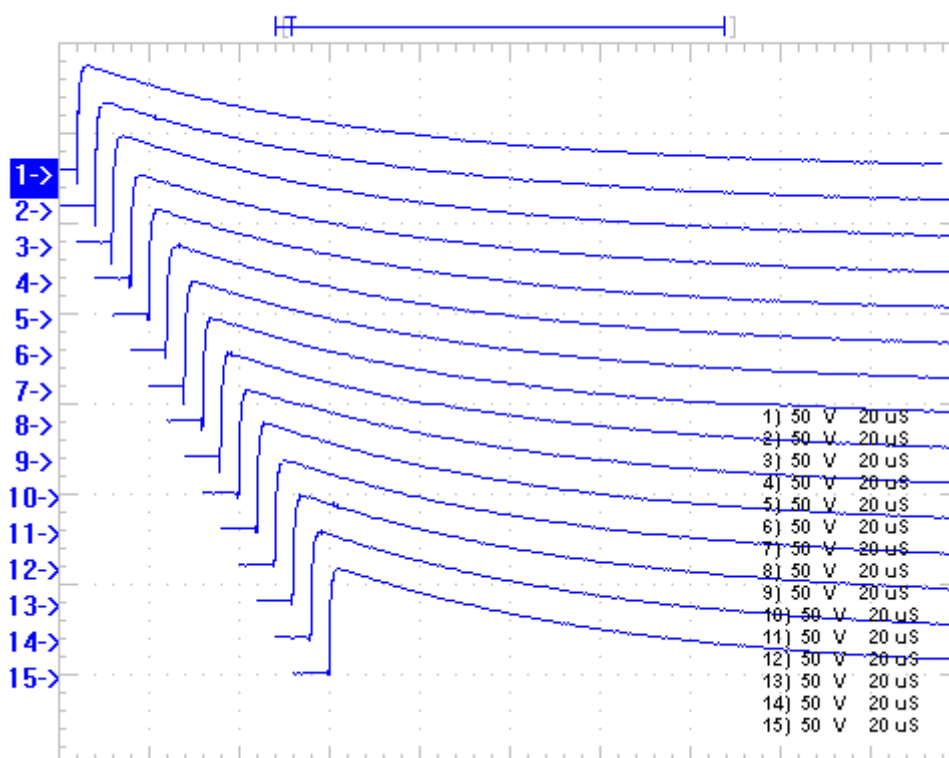
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 67 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: Bb – ACacF (dispositivo de manobra fechado)

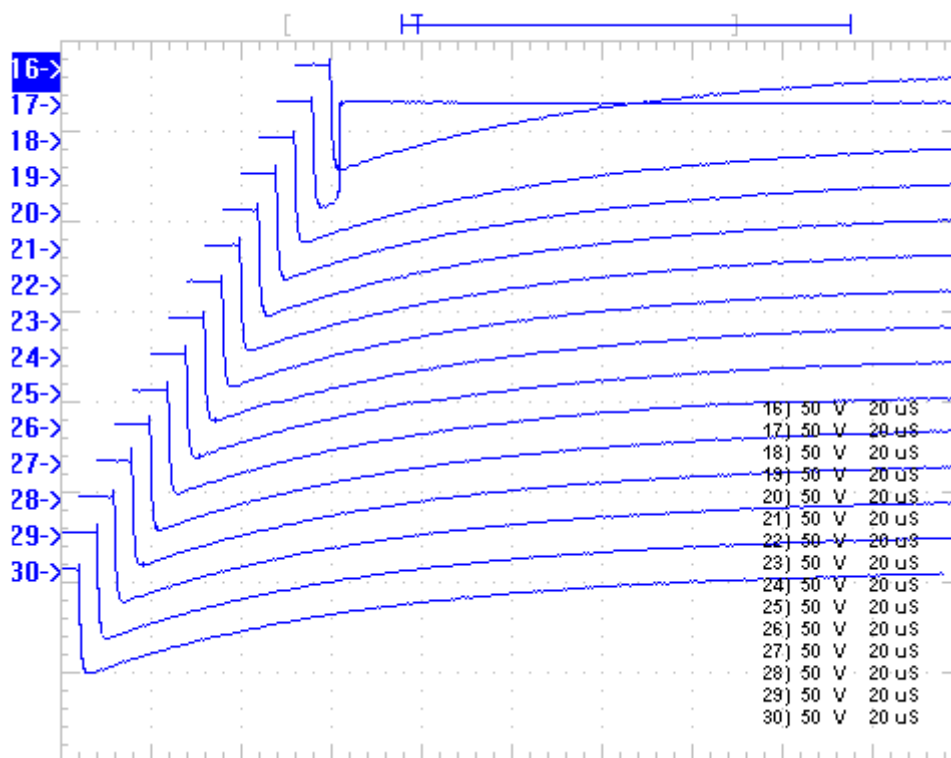
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 67 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: Bb – ACacF (dispositivo de manobra fechado)

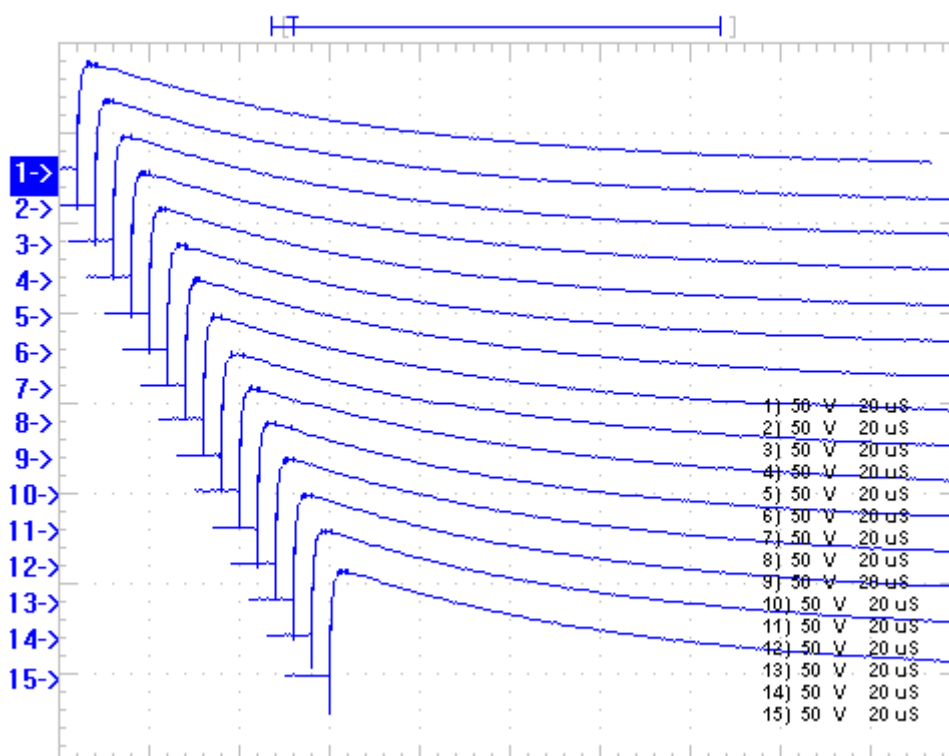
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,1 °C	Umidade Relativa: 68 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: Cc – ABabF (dispositivo de manobra fechado)

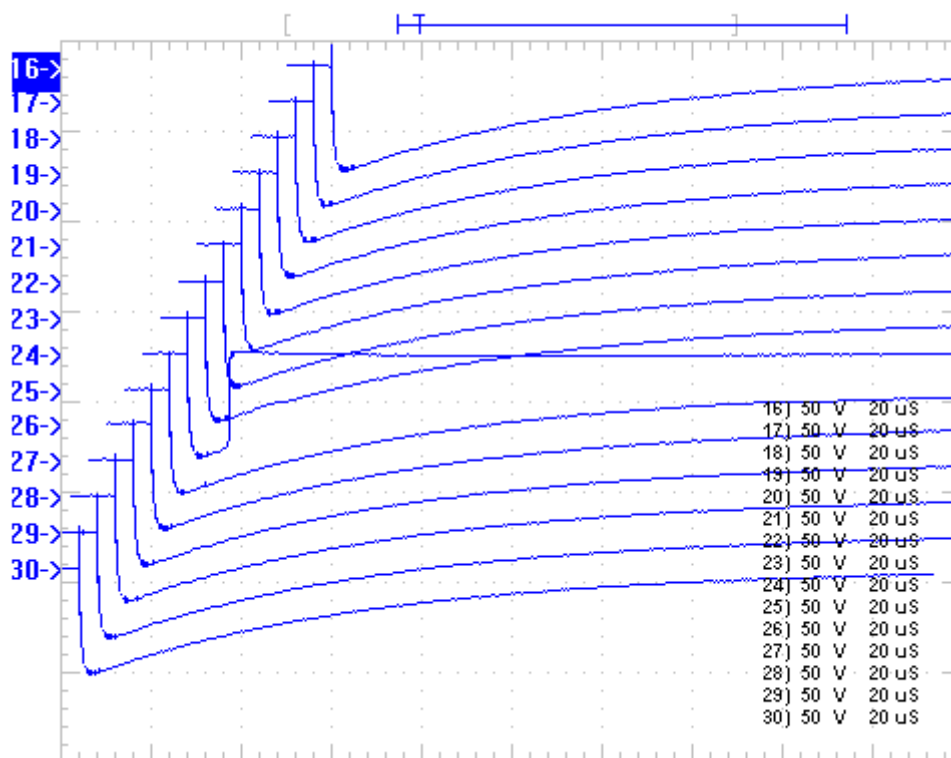
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,1 °C	Umidade Relativa: 68 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: Cc – ABabF (dispositivo de manobra fechado)

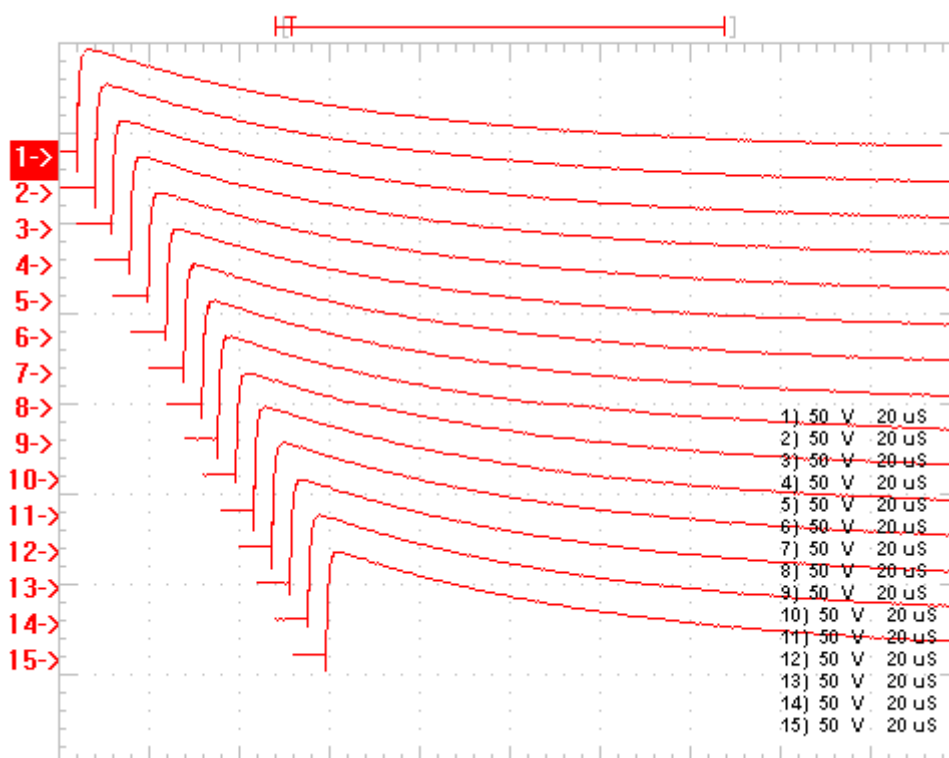
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 66 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: A – BCabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

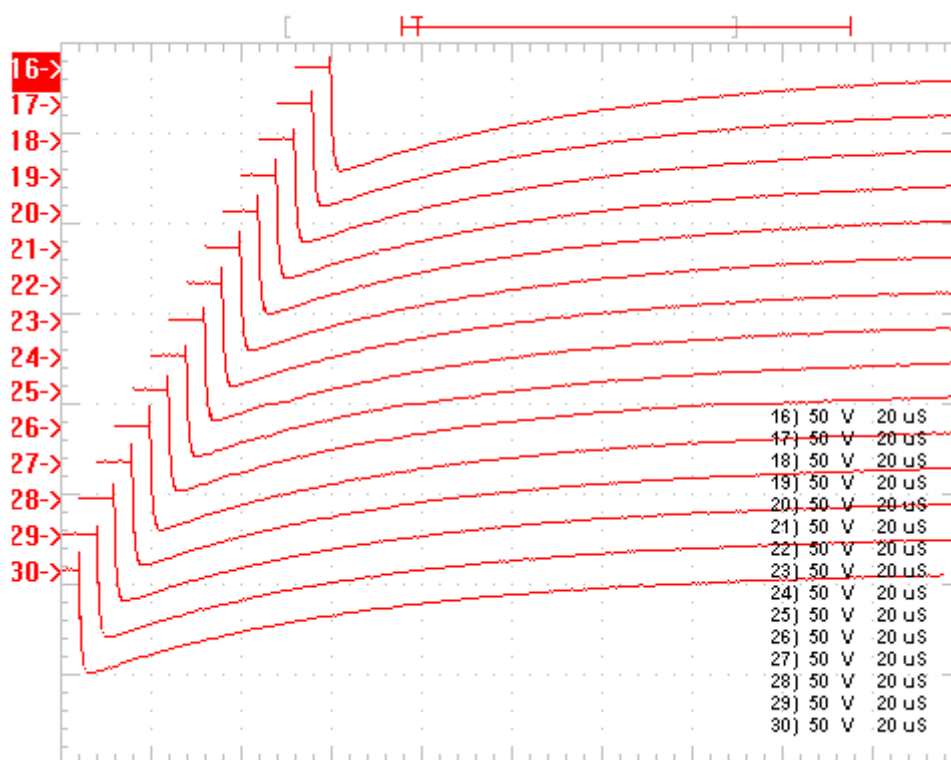
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 66 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: A – BCabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

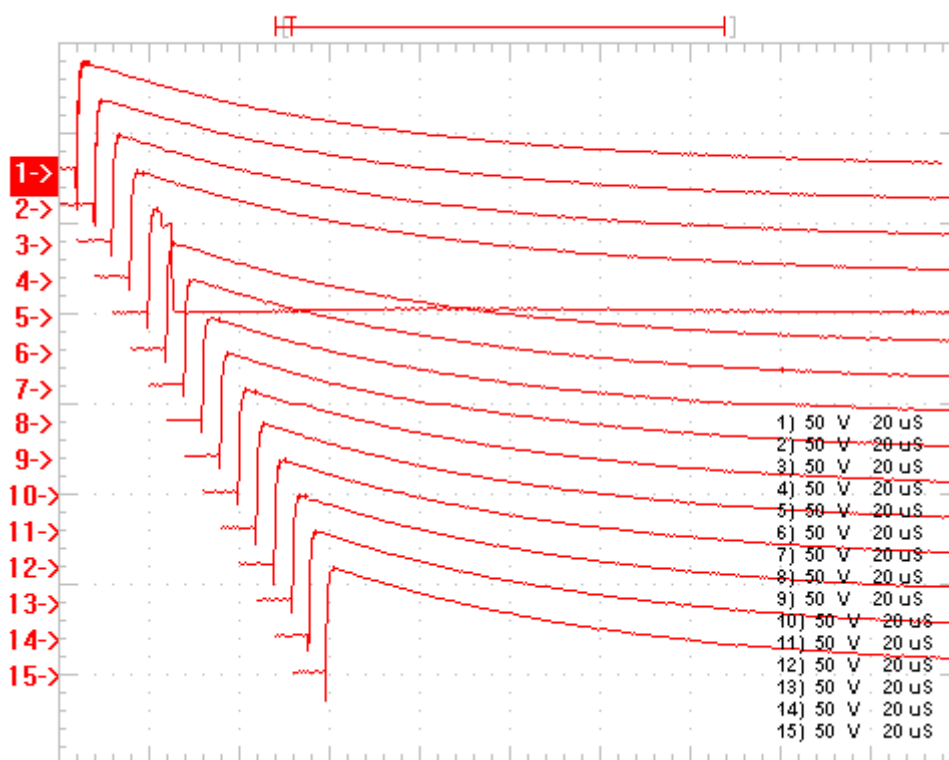
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 67 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: B – ACabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

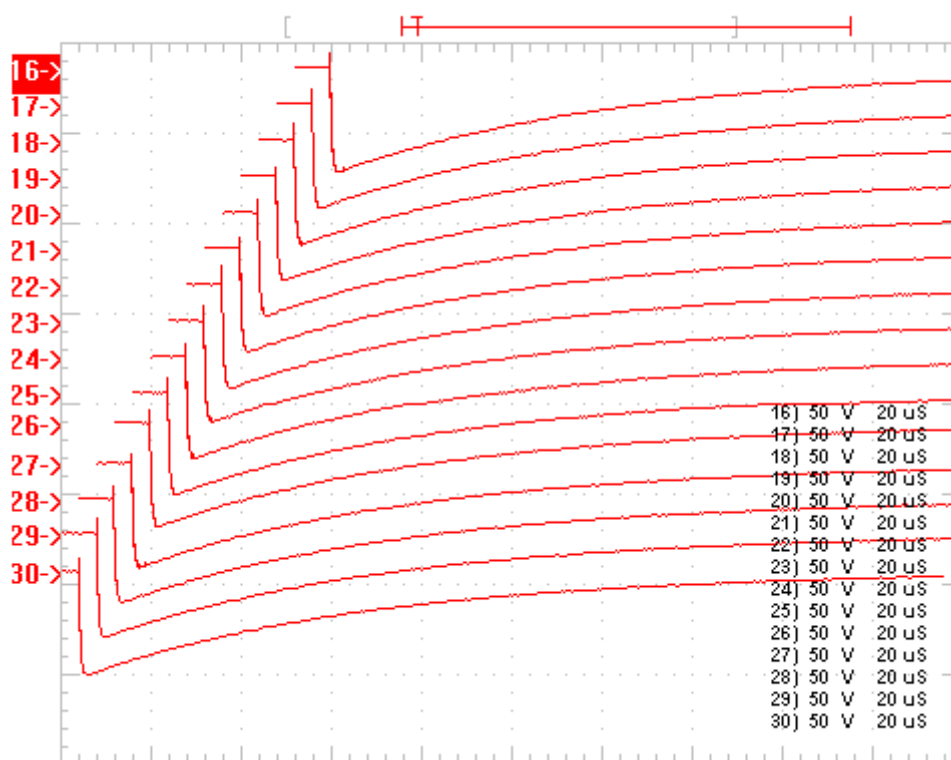
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 67 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: B – ACabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

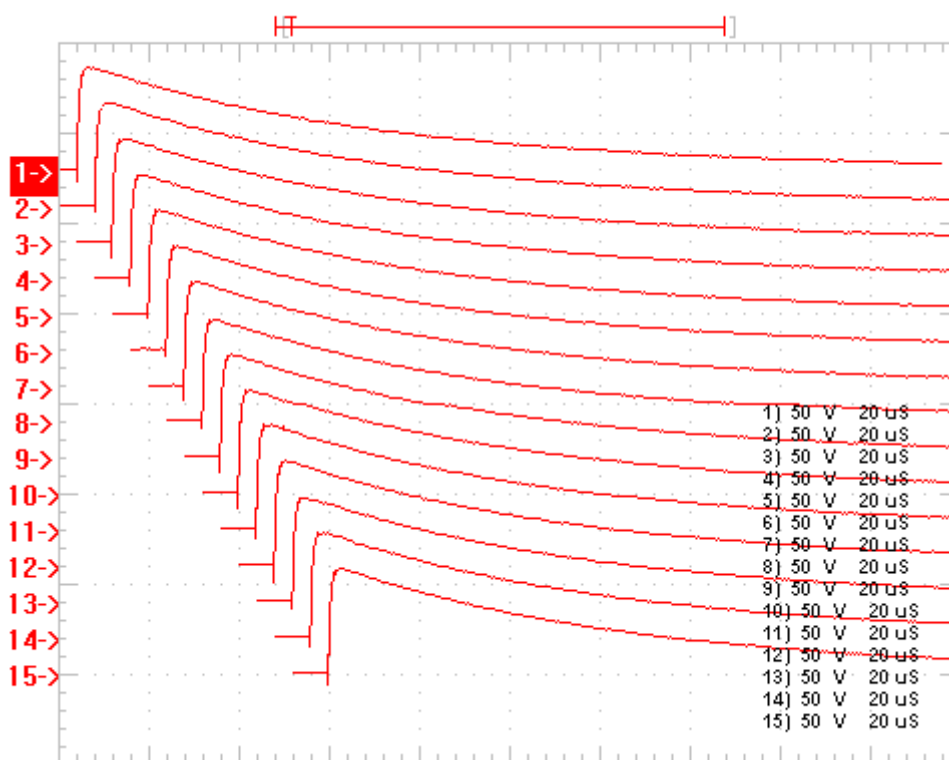
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 65 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: C – ABabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

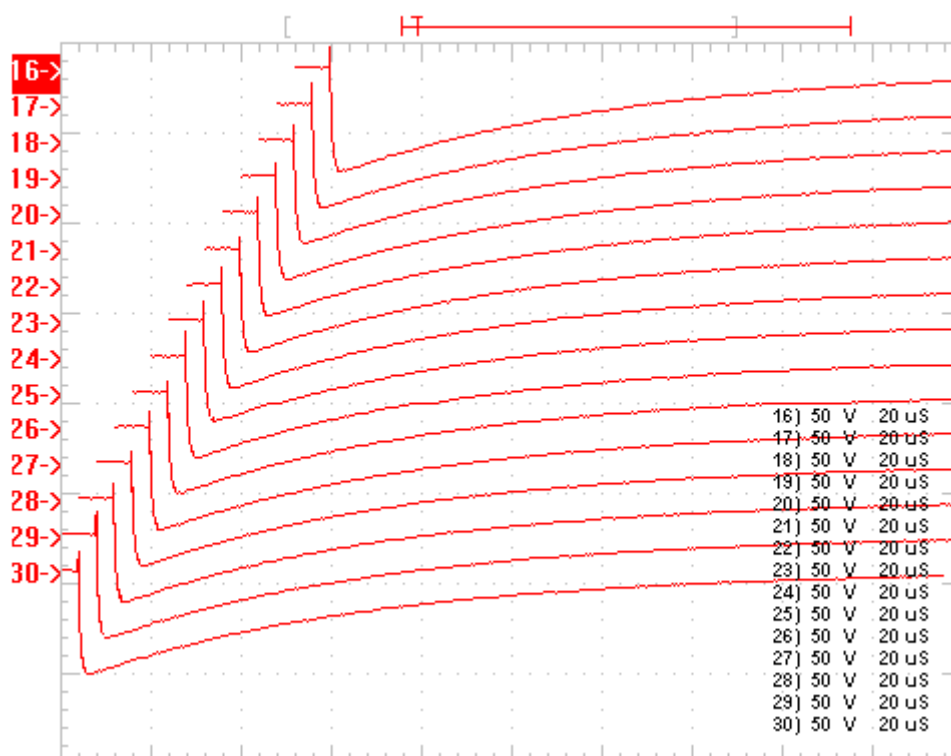
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 65 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: C – ABabcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

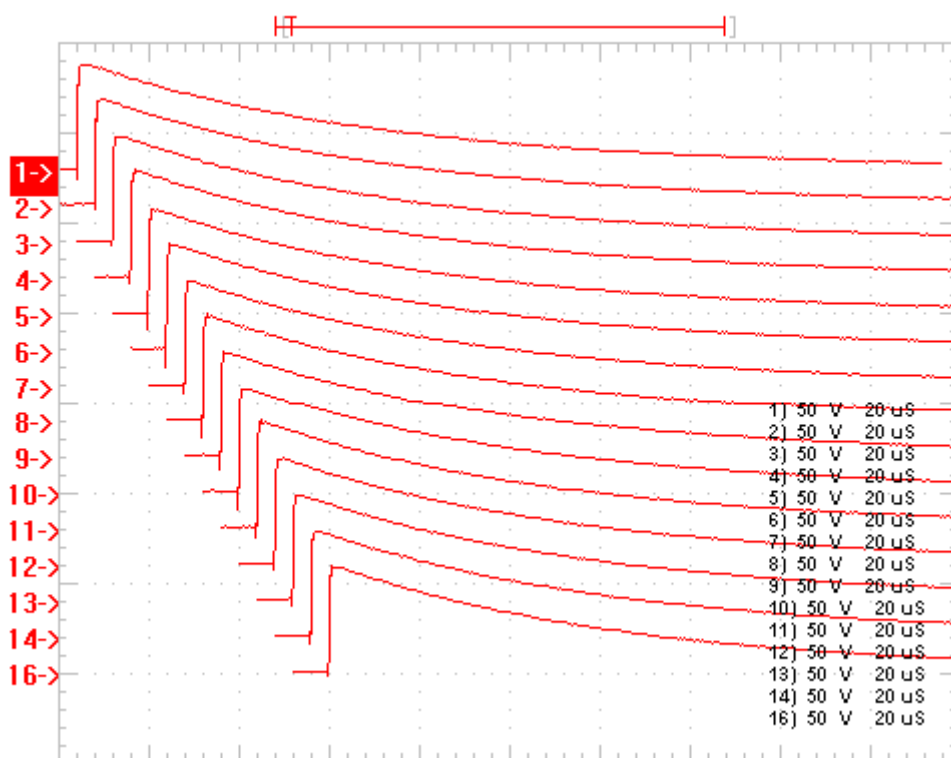
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 64 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: a – ABCbcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

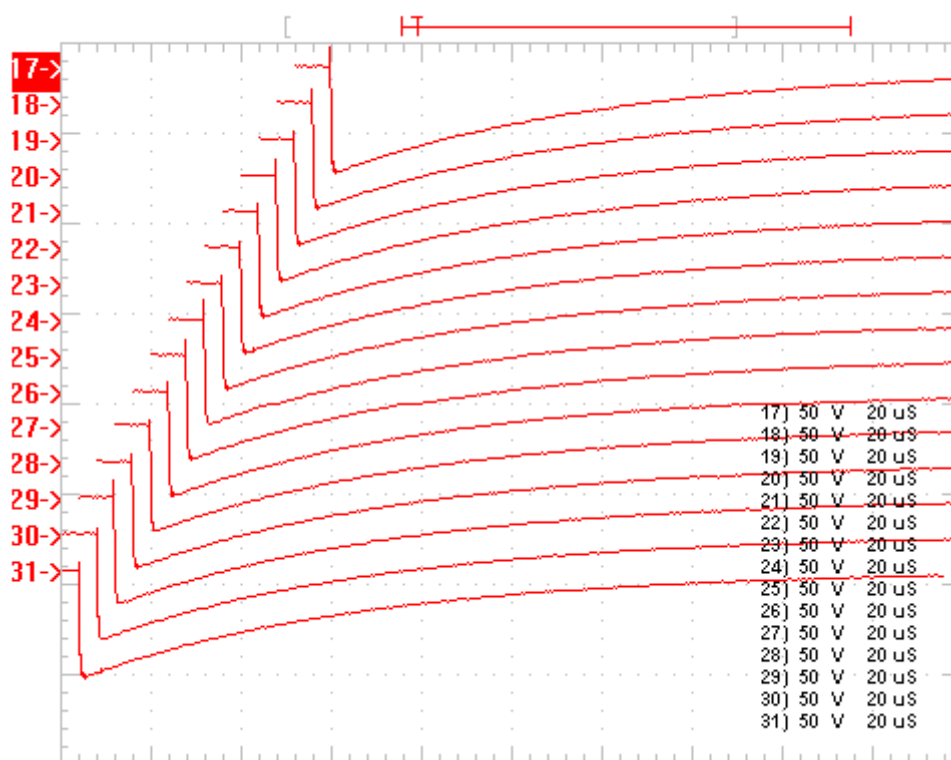
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 64 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: a – ABCbcF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

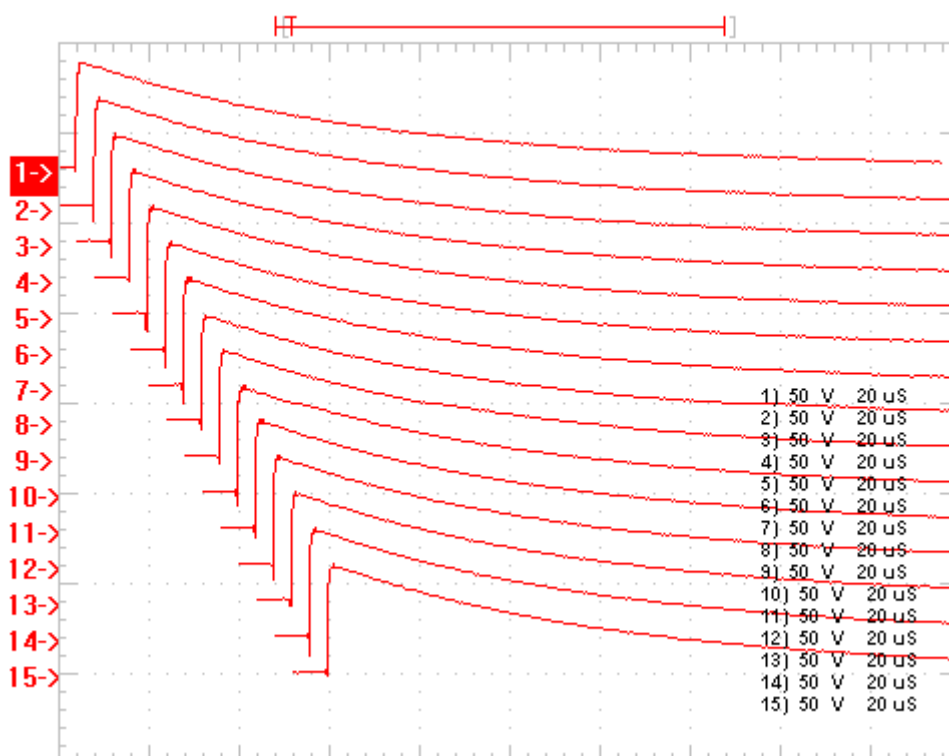
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 64 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: b – ABCacF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

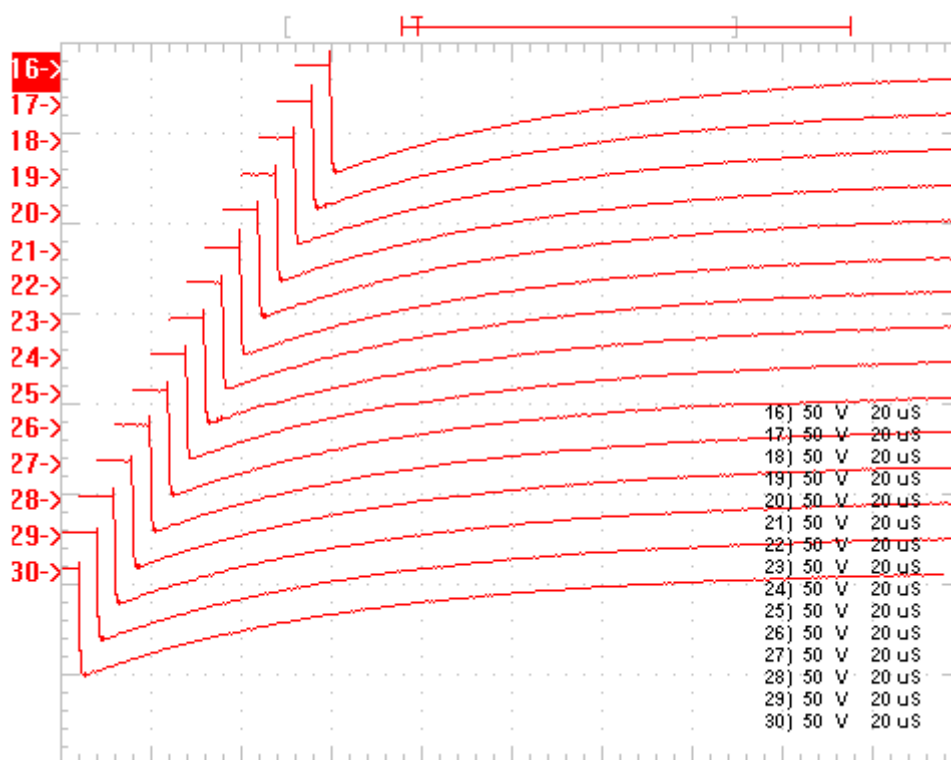
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 64 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: b – ABCacF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

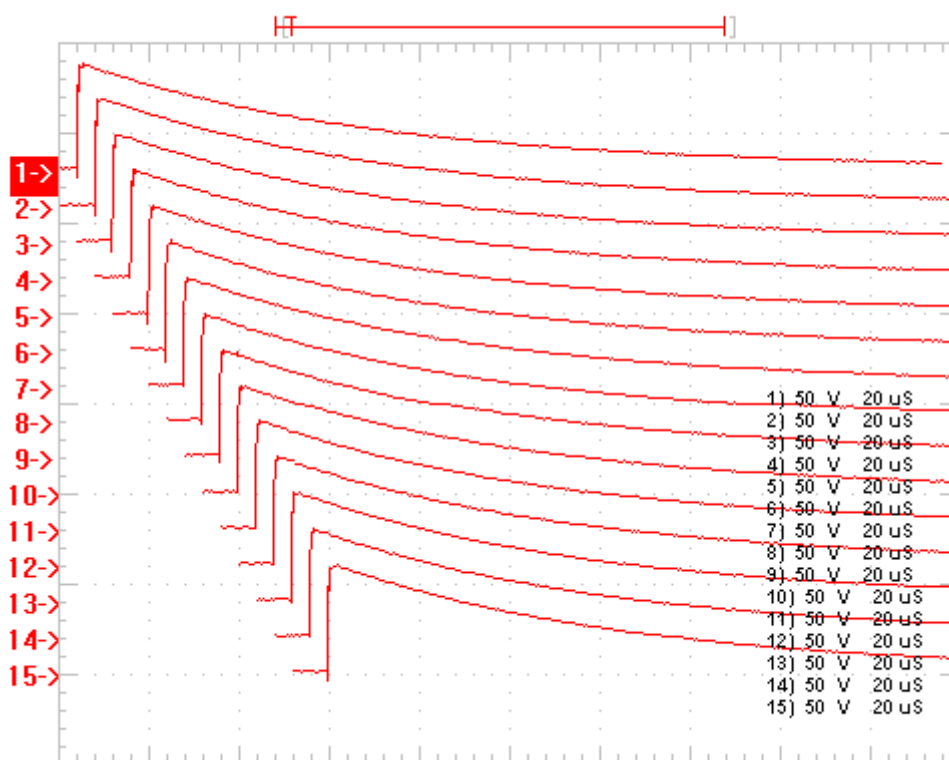
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 64 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Positiva (+)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: c – ABCabF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

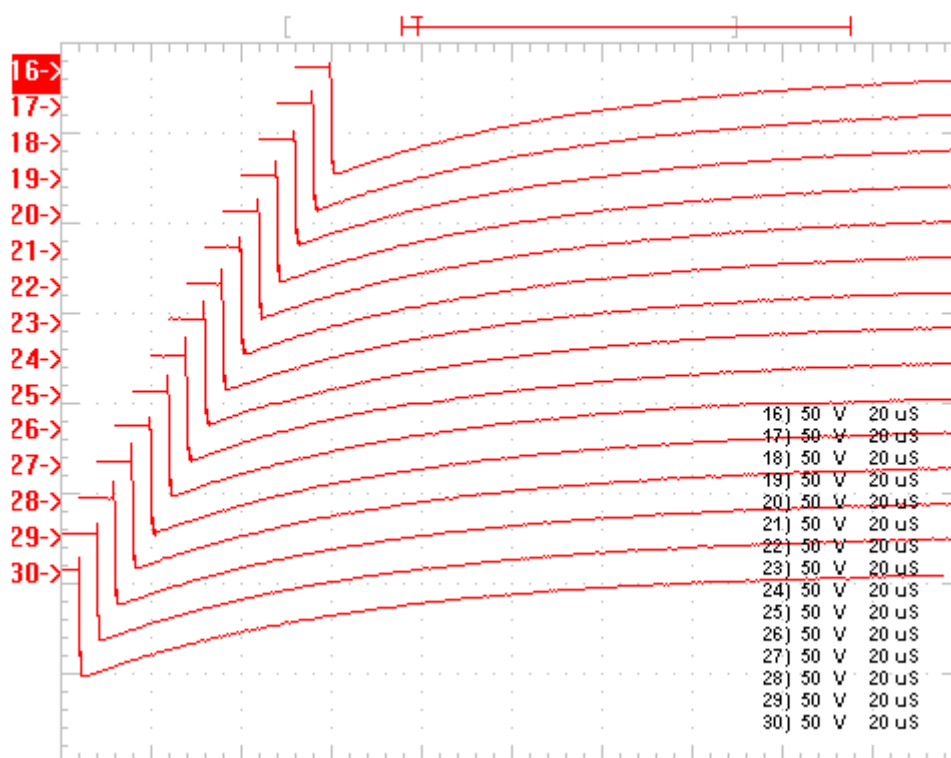
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Cubículo	Marca: Luzville	Tipo: -	Classe de Tensão: 17,5 kV
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 25,9 °C	Umidade Relativa: 64 %	Pressão Atm.: 1011 mbar	Forma de Onda: 1,50 x 49,6 µs
Tensão aplicada: 95 kV	Polaridade: Negativa (-)		Resultado: Aprovado

Configuração de Ensaio: c – ABCabF (dispositivo de manobra aberto e inserido)

OSCILOGRAMA



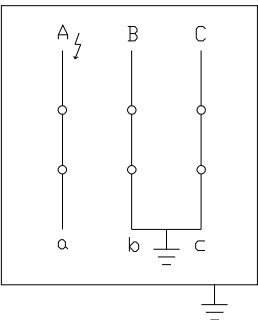
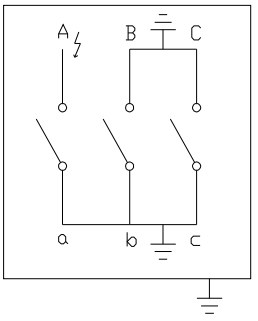
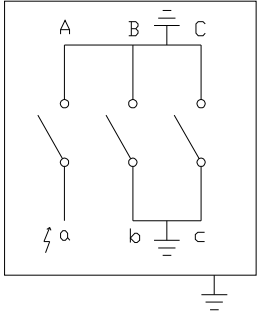
7.3. Ensaio de resistência de isolamento

Ensaio de resistência de isolamento – 5 kV _{DC} , 1 minuto	
Dispositivo de manobra aberto e inserido	GΩ
A-BCF	37,2
B-ACF	53,3
C-ABF	45,5
a-bcF	NR
b-acF	33,5
c-abF	NR
ABC-F	10,6
abc-F	25,4

*NR – Não realizado – Terminais do transformador de potencial (TP)

7.4. Ensaio de tensão suportável nominal a frequência industrial

Os valores nominais foram retirados da tabela A.3 da NBR 6979:1998.

Tensão suportável nominal à frequência industrial, 1 minuto				
Esquema	Configuração	kV _{eficaz}	Ocorrência de descarga disruptiva	
			Sim	Não
	A-BCbcF	34	-	X
	B-ACacF		-	X
	C-AbabF		-	X
	A-BCabcF	34	-	X
	B-ACabcF		-	X
	C-ABabcF		-	X
	a-ABCbcF	34	-	X
	b-ABCacF		-	X
	c-ABCabF		-	X

	ABC-abc-F	38	-	X
	Abc-ABC-F	38	-	X

8. REFERÊNCIAS:

- NBR IEC 62271-200:2007 – “Conjunto de manobra e controle de alta tensão Parte 200: Conjunto de manobra e controle de alta-tensão em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até e inclusive 52 kV”, ABNT, RJ;
- NBR IEC 60694:2006 – “Especificações comuns para normas de equipamentos de manobra de alta-tensão e mecanismos de comando”, ABNT, RJ;
- NBR 6979:1998 – “Conjunto de manobra e controle em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até 36,2 kV – Especificação”, ABNT, RJ;
- NBR 6936:1992 – “Técnicas de ensaios elétricos de alta-tensão – Procedimento”, ABNT, RJ.

Responsável pelo ensaio:

Rafael Eduardo Werlich
Engenheiro Eletricista
CREA – SC 67.633-7