



GLT/024

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

GRUPO III
GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

CABO OPGW - DESEMPENHO QUANTO A DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DE FURNAS

Maria das Graças Alvim (*)	Armando Isaac Nigri	Jorge M. Viegas Vianna	Daniel Brito Niedu
Claudia M. F. de Oliveira	Ricardo Perez Correa	Hamilton P. das Chagas	CENTRO DE PESQUISA DE ENERGIA ELÉTRICA
Afonso de Oliveira e Silva			(CEPEL)

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma descrição dos acidentes ocorridos e danos observados causados por descargas atmosféricas nos cabos OPGW das Linhas de Transmissão de FURNAS, e também os resultados dos ensaios efetuados em diversos cabos pára - raios convencionais e OPGW, bem como o critério de aceitação estabelecido por FURNAS com base no resultado desta pesquisa.

PALAVRAS CHAVE

Linha de Transmissão, Cabo OPGW, Descarga Atmosférica.

1.0. INTRODUÇÃO

FURNAS vem instalando cabos OPGW em suas linhas de transmissão, com o propósito de utilizar as fibras na transmissão de dados através do compartilhamento com empresas de telecomunicações, bem como modernizar os serviços de teleproteção, supervisão e controle do seu sistema elétrico.

Entretanto, nos primeiros mil (1000) quilômetros de cabos OPGW instalados foram observados diversos danos causados por descargas atmosféricas, durante e após a instalação.

Este fato gerou, na época, uma preocupação muito grande em torno da real possibilidade de utilização dos cabos OPGW em substituição a cabos pára - raios convencionais.

Para viabilizar os negócios de telecomunicações, mantendo a confiabilidade dos cabos OPGW compatível com a dos cabos pára - raios convencionais já instalados em suas linhas de transmissão, FURNAS, decidiu realizar diversos estudos e testes em cabos pára - raios convencionais e OPGW observando os danos

causados por descargas atmosféricas e correlacionando - os com os danos ocorridos nos testes realizados em laboratório. Hoje FURNAS já instalou cerca de 3.400km de cabo OPGW, sendo que noventa e três por cento (93%) dos cabos adquiridos foram importados de países que apresentam condições climáticas completamente diversas das do Brasil. Assim, foram necessárias adaptações aos projetos destes cabos para sua aplicação nas linhas de transmissão de FURNAS. Este trabalho descreve toda a pesquisa realizada por FURNAS para a criação de um critério para aceitação dos cabos OPGW a serem fornecidos e instalados em suas linhas de transmissão.

2.0. CABOS PÁRA - RAIOS CONVENCIONAIS DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE FURNAS

O sistema de transmissão de FURNAS é constituído de 17.000km de linhas de transmissão. Os cabos pára - raios convencionais instalados nestas linhas são, em sua grande maioria, cabos de aço galvanizado 3/8"EAR, com apenas 1000km de linha com cabo CAA Minorca. Nas proximidades das subestações são empregados cabos CAA pela sua maior suportabilidade às correntes de curto circuito .

Considerando que a experiência de FURNAS com relação à manutenção de cabos pára - raios estava restrita à corrosão em cabos de aço e ao rompimento de fios de alumínio por vibrações eólicas em cabos CAA, julgou - se, a princípio, que não haveria maiores problemas quanto à utilização de cabos OPGW.

Não havia nenhuma base para se antecipar a ocorrência de danos causados por descargas atmosféricas. Após a instalação de 1000km de cabos OPGW, surgiram os primeiros problemas descritos a seguir.

3.0. DANOS CAUSADOS POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NOS CABOS OPGW

Os registros de ocorrências dos acidentes causados por descargas atmosféricas nos cabos OPGW estão listados nas Tabelas 1 a 4 a seguir, onde estão indicados para cada LT seu comprimento, a data de entrada em operação e a designação do tipo do cabo, conforme a Tabela 6. Para cada vão estão indicados a data em que a ocorrência foi observada (DO) e o número (N) de fios rompidos na coroa externa do cabo.

TABELA 1
LT 750kV Foz do Iguaçu – Ivaiporã III (331km)

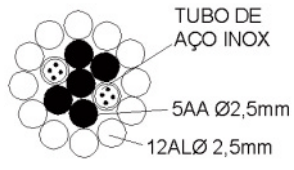


Diagrama de um cabo OPGW de 750kV. O cabo é composto por 5 AA (Alumínio) com diâmetro de 2,5mm e 12 AL (Aço Inoxidável) com diâmetro de 2,5mm, todos contidos dentro de um tubo de aço inoxidável. A data de entrada em operação é Março/99 e o tipo é D9.

Vão	DO	N	Vão	DO	N
151- 152	Fev/00	6	585-586	Fev/00	3
212-213	Fev/00	8	587-588	Fev/00	11
389-390	Fev/00	9	679-680	Fev/00	1
402-403	Fev/00	9	280-281	Jun/00	6
471-472	Fev/00	5	685-686	Jun/00	1

TABELA 2
LT 500kV Serra da Mesa – Gurupi (255km)

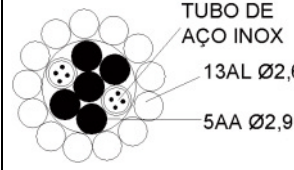


Diagrama de um cabo OPGW de 500kV. O cabo é composto por 5 AA (Alumínio) com diâmetro de 2,9mm e 13 AL (Aço Inoxidável) com diâmetro de 2,6mm, todos contidos dentro de um tubo de aço inoxidável. A data de entrada em operação é Março/99 e o tipo é D8.

Vão	DO	N	Vão	DO	N
131- 132	Mai/00	2	225-226	Mai/00	3

TABELA 3
LT 500KV Gurupi – Miracema I (255km)

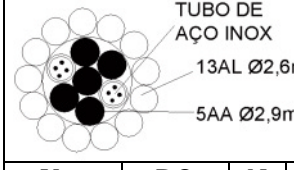


Diagrama de um cabo OPGW de 500kV. O cabo é composto por 5 AA (Alumínio) com diâmetro de 2,9mm e 13 AL (Aço Inoxidável) com diâmetro de 2,6mm, todos contidos dentro de um tubo de aço inoxidável. A data de entrada em operação é Março/99 e o tipo é D8.

Vão	DO	N	Vão	DO	N
011-012	Jul/99	2	448-449	Jul/99	5
372-373	Jul/99	1	448-449	Jul/99	2
392-393	Jul/99	11	023-024	Mai/00	(*)
114-115	Mai/00	(*)	287-288	Mai/00	(*)
162-163	Mai/00	(*)	489-490	Mai/00	(*)
166-167	Mai/00	(*)	502-503	Mai/00	(*)
246-247	Mai/00	(*)	22-23	Out/98	(#)

(*) Número de fios ainda não identificado. Cabo ainda não reparado.

(#) Rompimento total do cabo

TABELA 4
LT 500kV Angra – São José (144km)

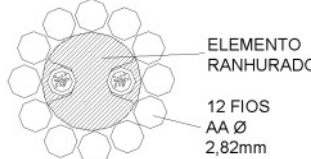


Diagrama de um elemento ranhurado com 12 fios AA de 2,82mm de diâmetro. A data de entrada em operação é Janeiro/99 e o tipo é C2.

Vão	DO	N
74-75	Agos/98	3

O dano ocorrido conforme a Tabela 4 foi observado durante a construção da LT, resultando no rompimento de dois fios com a perfuração da unidade óptica e foi reparado com a troca do cabo no vão (74-75) com inserção de apenas uma caixa de emenda óptica.

O dano ocorrido no vão (22-23) conforme a Tabela 3 também foi observado durante a construção, resultando no rompimento completo do cabo, quando ainda estava nas roldanas de lançamento, e na conseqüente queda do tramo inteiro no chão. Foi necessária a substituição da bobina inteira. Todos os demais danos relacionados nas tabelas 1, 2 e 3 ocorreram com a linha já em operação. O reparo foi realizado com emenda preformada. Não foi detectado nenhum problema com a unidade óptica após medição da atenuação óptica, efetuada com OTDR.

4.0. EFEITO DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NOS CABOS PARA - RAIOS

Os danos causados pelas descargas atmosféricas são devidos à energia transmitida pela corrente de continuidade, que é a corrente de pequena amplitude, longa duração e unidirecional, que flui após o impulso de corrente de descarga. Esta corrente é caracterizada pela carga total transportada (jidt).

Em laboratório o efeito desta corrente é simulado por uma corrente contínua, conforme prescrito na Norma ABNT NBR 14586[1], na qual são previstas quatro classes de ensaios, conforme mostrado na Tabela 5.

TABELA 5
Classes de ensaio

Classe	A	B	C	D
Corrente elétrica (A)	100	200	300	400
Tempo (ms)	500	500	500	500
Carga elétrica (C)	50	100	150	200
Tolerância (%)	±10	±10	±10	±10

O circuito previsto na NBR 14586 é apresentado na Figura 1, onde se observa que o eletrodo de descarga está ligado ao terminal positivo da fonte retificadora e o corpo de prova ao terminal negativo.

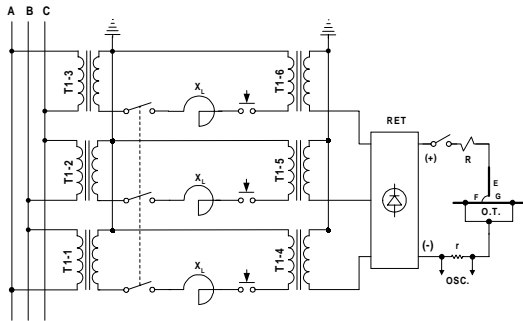


FIGURA 1

Esta disposição, que simularia uma descarga descendente de polaridade positiva, conforme mostrado na Figura 2b, é a única prevista na NBR 14586.

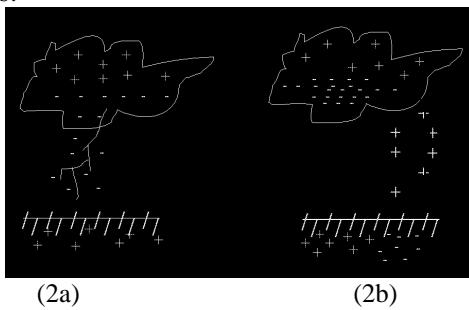


FIGURA 2

Entretanto, a análise dos dados obtidos pelo sistema de detecção de descargas atmosféricas de FURNAS mostrou que em diferentes regiões as descargas atmosféricas mais frequentes apresentam diferentes polaridades. Considerando que os efeitos de um arco de corrente contínua, como o utilizado nos testes, dependem de sua polaridade, foi decidido avaliar a influência da polaridade da corrente da descarga. Foi sugerido pelo CEPTEL inverter a polaridade do eletrodo ligando-o ao terminal negativo da fonte de corrente contínua, conforme são testados os materiais das aeronaves brasileiras [2], ao contrário do estipulado na NBR 14586 [1]. Deste modo os nossos estudos levaram em consideração a ligação do eletrodo de descarga ora ao terminal positivo, ora ao negativo da fonte retificadora, não alterando nenhum outro quesito da referida norma. A figura 3 mostra um exemplo da forma de onda onde o eletrodo foi ligado ao terminal negativo da fonte retificadora.

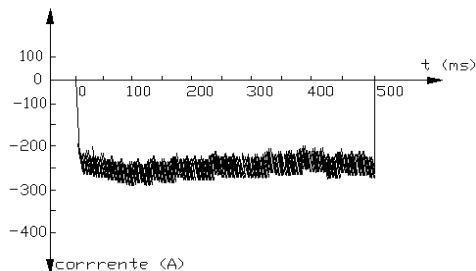


FIGURA 3

5.0. TIPOS DE CABOS ENSAIADOS

Foram ensaiados 24 tipos de cabo OPGW, designados por A1 a A9, B1 a B4, C1 e C2 e D1 a D9 e 4 tipos de cabos pára-raios convencionais designados por F1 a F4, com características contidas nas Tabelas 6 e 7.

Nestas tabelas foi adotada a seguinte simbologia:

AG: Fio de aço galvanizado

AA: Fio de aço - alumínio

AL: Fio de alumínio -liga

A: Fio de alumínio

CI: Coroa interna

CE: Coroa externa

RMC: Resistência Mecânica Calculada

TABELA 6
Tipos de cabos OPGW ensaiados

Designação OPGW	Composição da(s) coroa(s)	Diâmetro(mm)/RMC(daN)
(*)	TUBO DE ALUMÍNIO COM ESPAÇADOR METÁLICO FIOS AA OU AG	FIOS AA OU AG TUBO ALUMÍNIO
(**)	TUBO ALUMÍNIO FIOS AL FIOS AA	TUBO DE ALUMÍNIO FIOS AG
(***)		
(****)		
A1 (*)	7 AG ϕ 3,78mm	12,56/9.230
A2 (*)	10 AG ϕ 3,34mm	14,18/10.770
A3 (*)	8 AA ϕ 4,1mm	14,7/11.700
A4 (*)	7 AA ϕ 3,78mm	12,56/8.940
A5(*)	9 AA ϕ 3,8mm	15,1/14.400
A6(**)	9 AA ϕ 3,6mm	14,4/9.069
A7(**)	10 AG ϕ 3,1mm	13,4/7.474
A8(***)	4AA ϕ 3,3mm+4AL ϕ 3,3mm	12,1/5.000
A9(****)	12AG ϕ 3,08mm	15,5/11.351
	TUBO DE AÇO INOX FIOS AA OU AG	
B1	6 AG ϕ 3,78mm	11,16/7.910
B2	7 AG ϕ 3,0mm	10,00/5.948
B3	7 AG ϕ 3,2mm	10,64/6.875
B4	6 AA ϕ 3,6mm	10,80/7.144

Continuação Tabela 6

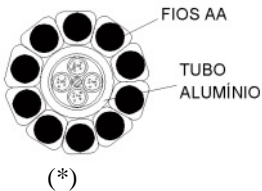
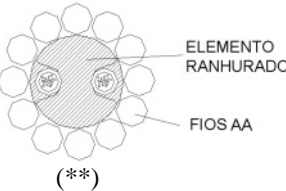
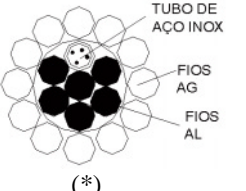
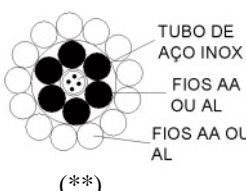
Designação OPGW	Composição da(s) coroa(s)	Diâmetro (mm)/ RMC(daN)
		
C1(*)	10AA ϕ 3,7mm	14,80/10.500
C2(**)	12AA ϕ 2,82mm	13,89/9.180
		
D1(*)	CE: 12 AL ϕ 3,00mm CI: 6 AG ϕ 3,00mm	15,00/8.300
D2(**)	CE: 10AA ϕ 3,44mm CI: 8 AL ϕ 2,16mm	14,80/12.170
D3(**)	CE: 12AL ϕ 3,60mm CI: 6 AA ϕ 3,60mm	18,00/11.385
D4(**)	CE: 13AL ϕ 2,85mm CI: 7 AA ϕ 2,85mm	15,20/8.100
D5(**)	CE: 10AA ϕ 3,44mm CI: 8 AA ϕ 2,16mm	14,80/14.770
D6(***)	CE: 12 AL ϕ 3,00mm CI: 5 AA ϕ 3,00mm	15,00/7.388
D7(***)	CE: 10 AG ϕ 3,3mm CI: 5 AL ϕ 2,6mm	14,40/11.000
D8(***)	CE: 13 AL ϕ 2,6mm CI: 5 AA ϕ 2,9mm	13,90/6.166
D9(***)	CE: 11 AL ϕ 2,6mm CI: 5 AA ϕ 2,5mm	12,50/4.800

TABELA 7

Tipos de cabos pára-raios convencionais ensaiados

Designação C. Pára-raios Convencional	Composição da(s) coroa(s)	Diâmetro(mm)/ RMC(daN)
F1 (3/8")	7 AG ϕ 3,05mm	9,52/6.990
F2 (3/8")	7 AA ϕ 3,05mm	9,52/6.800
F3 (Minorca)	CE 12 AL ϕ 2,44mm CI 7 AG ϕ 2,44mm	12,21/5.120
F4 (Dotterel)	CE: 12 AL ϕ 3,08mm CI: 7 AG ϕ 3,08mm	15,42/7.870

6.0. RESULTADOS E ANÁLISE DOS ENSAIOS

6.1. Resultados

A Tabela 8 apresenta os resultados dos ensaios dos cabos relacionados nas Tabelas 6 e 7. Nesta tabela foi adotada a seguinte simbologia:

DC : designação do cabo

TA : tração aplicada após a aplicação da descarga de corrente (%RMC)

A,B,C, D : classes de ensaios conforme Tabela 5

(+): polaridade positiva do eletrodo

(-): polaridade negativa do eletrodo.

TABELA 8

Resultados dos ensaios

DC	TA % RMC	Número de Fios Rompidos CE/CI							
		A (-)	A (+)	B (-)	B (+)	C (-)	C (+)	D (-)	D (+)
B2	50	2/0	-	-	-	-	1/0**	-	-
F1	50	0/0	0/0	-	0/0	2/0	0/0	-	1/0**
A9	50	1/0	-	1/0	-	1/0	0/0	2/0	0/0
A7	50	1/0	0/0	2/0	0/0	-	0/0	-	-
B3	50	1/0	-	-	-	-	2/0**	-	-
D7	45	1/0	-	-	-	-	0/0	-	-
A2	50	1/0	-	-	-	-	0/0	-	-
B1	50	0/0	-	-	0/0	-	0/0	-	-
A1	50	0/0	0/0	-	0/0	-	0/0	-	-
C2	50	-	-	3/0	3/0	5/0	4/0	-	-
F2	37	-	-	-	-	3/0	3/0	-	-
D2	41	-	-	-	-	-	3/0	-	-
D5	50	-	-	-	-	4/0	4/0	-	-
B4	50	2/0	1/0	2/0	2/0	-	2/0	--	-
A6	50	-	-	-	-	-	3/0	-	-
C1	50	-	-	-	-	-	4/0	-	-
A4	50	0/0	1/0	-	2/0	-	3/0	-	-
A5	50	-	-	-	-	-	3/0	-	-
A3	50	-	-	-	2/0	-	2/0	-	2/0
F3	50	-	3/0	-	5/0	5/0	7/2	-	6/3
D9	50	-	-	-	-	9/2*	9/2*	-	-
D8	33	-	4/0	-	8/2*	-	8/2*	-	8/2*
D4	50	3/0	3/0	4/0	5/0	-	7/0	-	-
D1	50	2/0	4/0	5/0	6/0	-	7/2*	-	-
D6	50	2/0	2/0	5/0	6/0	-	5/1	-	-
F4	50	-	-	-	-	5/0	5/0	-	-
A8	50	1/0	1/0	3/0	3/0	4/0	3/0***	-	-
D3	15	4/0	3/0	3/0	5/0	-	6/1	-	-

* perfuração da unidade óptica

**fios rompidos após tracionamento do cabo

*** fusão parcial do tubo metálico

Cada ensaio consistiu na aplicação de 3 a 5 impulsos em diferentes amostras. Após a aplicação de cada

impulso a amostra foi submetida a carga de tração TA. O número de fios rompidos indicado é o maior dos observados em cada ensaio.

6.2. Análise dos resultados

6.2.1. Geral

A análise dos resultados dos ensaios dos cabos pára-raios convencionais e OPGW mostra que o diâmetro e o material dos fios da coroa externa, bem como seu tipo de revestimento e também a polaridade do eletrodo de teste têm influência significativa na extensão dos danos.

Por este motivo, na Tabela 8, os cabos estão ordenados por tipo de material e dentro de cada tipo, por ordem crescente de diâmetros dos fios da coroa externa. Nos itens a seguir a análise é apresentada por tipo de material.

6.2.2. Fios de aço galvanizado (B2 até A1)

Os cabos OPGW e pára - raios convencionais constituídos por fios de diâmetros superiores a 3,0mm não apresentaram rompimentos de fios durante a aplicação das cargas elétricas de até 150C(+). Os cabos OPGW constituídos por fios de diâmetros inferiores a 3,34mm (A9 até A2) apresentaram rompimento de um fio com 50C(-), não ocorrendo o mesmo com o cabo pára - raios convencional F1.

Durante as aplicações das cargas elétricas de 100C(-), a 200C(-) romperam, no máximo, dois fios da coroa externa dos cabos OPGW.

O aço galvanizado apresentou um bom desempenho quando utilizado diretamente sobre a unidade óptica constituída por tubo(s) de aço inox, conforme configuração do cabo D7.

Após a aplicação das cargas elétricas há uma remoção da camada de zinco dos fios de aço, em cerca de 3 a 5 deles.

6.2.3. Fios de aço – alumínio (C2 até A3)

Os resultados dos ensaios não mostraram uma diferença significativa entre as duas polaridades.

Observa-se uma tendência na diminuição do número de fios rompidos com o aumento do diâmetro. Entretanto, o cabo C1, constituído por fios compactados, diâmetro 3,7mm, parece não seguir esta tendência.

6.2.4. Fios de alumínio – liga (6201) e alumínio (1350) (F3 até D3)

Os resultados dos ensaios não mostraram também uma diferença significativa entre as duas polaridades.

Para estes materiais observa-se que o número de fios rompidos é significativamente maior.

Nos cabos D9, D8 e D1 o tubo de aço inox da unidade óptica foi perfurado com 150C(+). No cabo A8 houve fusão parcial do tubo de alumínio sem perfuração, com 150C(+).

Em vários cabos ocorreu o rompimento de fios da camada interna, durante a aplicação das cargas elétricas ou durante o tracionamento.

7.0. REPRESENTATIVIDADE DOS ENSAIOS

Comparando os danos causados pelas descargas atmosféricas no cabo tipo D9, instalado na LT 750kV Foz do Iguaçu - Ivaiporã III Tabela (1), e no cabo tipo D8, instalado nas LT's 500kV Serra da Mesa - Gurupi e Gurupi - Miracema (Tabelas 2 e 3), com os danos observados nos ensaios, para estes cabos (Tabela 8), vemos que existe uma semelhança entre os números de fios rompidos no campo e no laboratório, para a classe C. Podemos considerar então que os ensaios são representativos das condições encontradas no campo.

8.0. CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DE FURNAS

8.1. Premissas

Os critérios foram estabelecidos levando em consideração as seguintes premissas:

- Tentar manter a confiabilidade do cabo OPGW similar à do cabo pára - raios convencional.
- Reduzir o número de desligamentos de linhas para reduzir futuras manutenções, tendo em vista a regulamentação para desligamentos no sistema elétrico brasileiro.
- Viabilizar o uso do cabo OPGW, não impondo limites às suas características que tenham o objetivo de evitar o reforço estrutural.
-

8.2. Critérios adotados

Como não se têm registros das intensidades das correntes de continuidade provenientes das descargas atmosféricas no Brasil, foi adotada a carga elétrica de 150C(+) para se testar cabos OPGW compostos por fios de aço-alumínio na coroa externa ou mesclados com aço-galvanizado. Os cabos OPGW compostos unicamente de fios de aço-galvanizado na coroa externa deverão ser avaliados com a carga elétrica de 150C(+) para verificar a área de abrangência da remoção da camada de zinco e com a carga de 50C(-) para avaliar o número de fios rompidos.

Os fios de alumínio - liga e alumínio não deverão ser utilizados na constituição da coroa externa do cabo, nem mesmo mesclados com fios de aço – alumínio e aço galvanizado.

Os fios de alumínio - liga poderão ser utilizados na coroa interna, porém deverá ser observado o efeito térmico/mecânico, quando o cabo for submetido ao

curto – circuito, para que não haja o engaiolamento destes fios.

Os fios de aço galvanizado não deverão ter diâmetros inferiores a 3,08 mm e deverão ser zincados a quente, com classe de galvanização B.

O número de fios de aço galvanizado da camada externa do cabo OPGW não deverá ser inferior a 10, tendo em vista o grande número de fios danificados, com a remoção da camada de zinco, quando se aplica a carga de 150C (+). A remoção da camada de zinco poderá acelerar o processo de corrosão do aço podendo provocar, com o tempo, a torção da unidade óptica, caso o cabo OPGW seja constituído por um tubo metálico e por uma única coroa de fios.

Os fios de aço – alumínio da coroa externa deverão ter diâmetro mínimo de 3,4 mm, para equiparar a massa de aço dos fios de aço galvanizado do cabo pára – raios ϕ 3/8” convencional.

Após a aplicação das cargas elétricas e das cargas limites de trabalho [1], o cabo OPGW deverá apresentar uma carga de ruptura remanescente que permita uma perfeita harmonia entre o número de fios restantes e a unidade óptica.

O critério de aceitação de Furnas resume-se em aceitar os cabos OPGW que apresentarem os seguintes resultados, quando submetidos às cargas elétricas :

TABELA 9
Critério de aceitação de Furnas

Carga elétrica aplicada	50C	150C
Polaridade do eletrodo	(-)	(+)
Número de fios rompidos aço-alumínio		
Coroa externa	NA	3
- Coroa interna (se aplicável)		0
- RMC remanescente após tracionamento		80%(- 10%)
Número de fios rompidos aço-galvanizado:		
- Coroa externa	1	1(*)
- Coroa interna (se aplicável)	0	0
- RMC remanescente após tracionamento	90%	90%

(*) Rompimento aceito somente se ocorrer após o tracionamento do cabo

9.0. CONCLUSÕES

- Os danos causados pelo efeito das correntes de continuidade nos cabos OPGW, nos testes realizados no CEPEL, são similares aos danos causados pelas descargas atmosféricas em cabos OPGW instalados nas linhas de transmissão de FURNAS.

- Os cabos OPGW constituídos por fios de aço galvanizado na coroa externa apresentam danos discrepantes em relação à polaridade do eletrodo, enquanto que os cabos OPGW constituídos por fios de

alumínio, alumínio - liga e aço - alumínio apresentam resultados similares para as duas polaridades.

- Os cabos OPGW constituídos por fios de alumínio-liga na coroa externa, muito utilizados na Europa e Canadá, não deverão ser utilizados em regiões do Brasil onde o nível cerâmico é elevado.

- Os cabos OPGW constituídos por fios de aço galvanizado na coroa externa apresentam bom desempenho quanto às descargas atmosféricas. A remoção da camada de zinco nos fios deverá ser levada em consideração para avaliar o seu desempenho futuro, com relação à corrosão.

- A NBR 14586 deverá ser revisada para considerar, também, o ensaio do cabo com o eletrodo ligado ao terminal negativo da fonte retificadora.

10. REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cabos pára-raios com fibras ópticas para linhas aéreas de transmissão (OPGW) - Determinação dos efeitos da descarga atmosférica - Método de ensaio. NBR14586

[2] MIL.STD.-1757A: “Lightning Qualification Test Techniques for Aerospace Vehicles and Hardware.

11. AGRADECIMENTOS

- Cledson Falqueiro (ELETROSUL)
- Fumitaka Nishimura (ALCOA FUJIKURA/ FUJIKURA)
- Luís Obara (FURUKAWA)
- Fernando Bastos (QUINTAS &QUINTAS)
- Cláudio Steinbruck (SIEMENS)
- Edvaldo Chaves de Oliveira (PIRELLI)