

Degradação óptica imposta aos cabos ADSS em linhas de transmissão

Marcos Ohlweiler da Silva



SUMÁRIO

1. Apresentação do Tema
2. Introdução aos Procedimentos de Rede ONS
3. Referencial Teórico
4. Metodologia de Pesquisa
5. Resultados
6. Conclusões

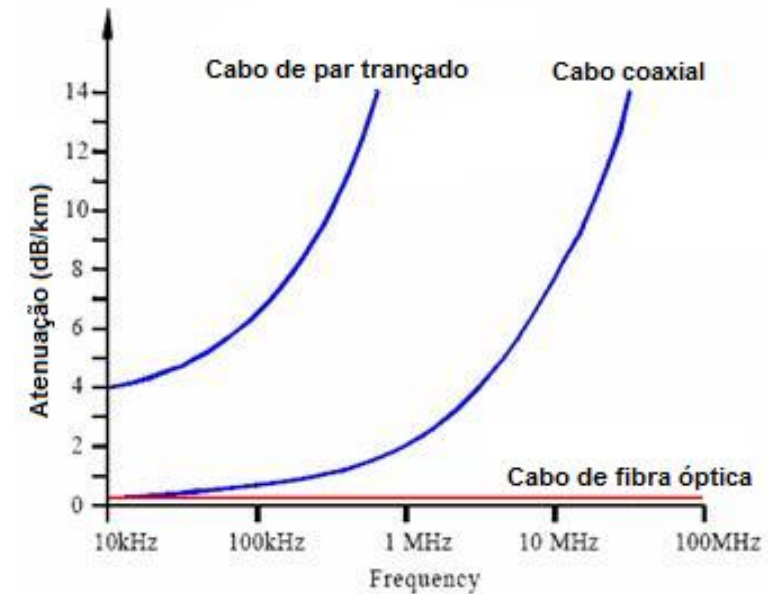




APRESENTAÇÃO DO TEMA

Fibra óptica

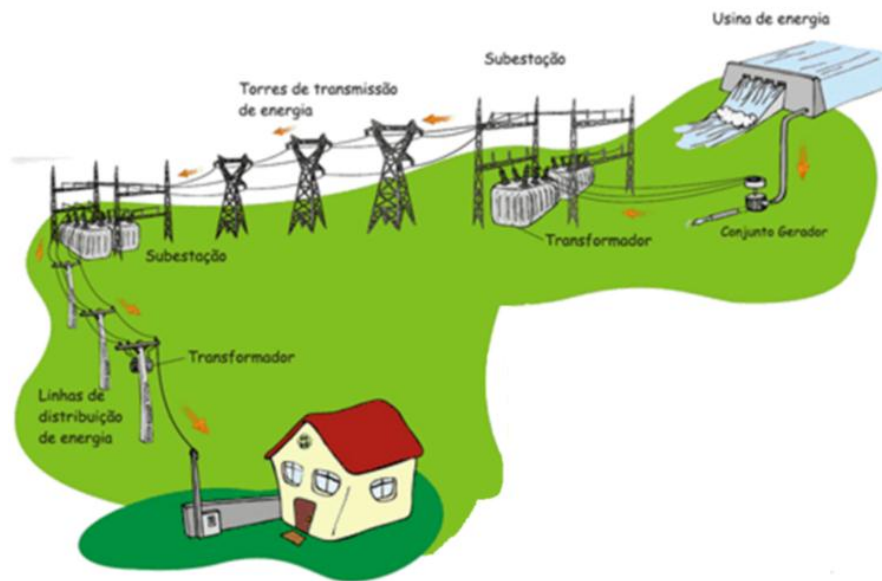
- é um dos canais de comunicação mais eficientes
- trafegam dados livres de influências eletromagnéticas
- sem limitação em função da relação sinal e ruído.





APRESENTAÇÃO DO TEMA

- A energia elétrica chega a praticamente todos os cantos do Brasil e até mesmo do mundo.
- Utilização de infraestrutura já existente para a instalação dos cabos ópticos.
- As linhas de transmissão tornaram-se um meio prático para se instalar a fibra óptica.





APRESENTAÇÃO DO TEMA

O cabo ADSS (All-Dielectric Self-Supporting) é amplamente utilizado pelas empresas transmissoras de energia em todo o Brasil, como por exemplo:

- ELETROSUL com 40 km;
- FURNAS com 254 km;
- A CEEE-GT possui em torno de 215 km de cabos ópticos ADSS instalados em suas linhas de transmissão, distribuídos em todo o Estado do Rio Grande do Sul.





INTRODUÇÃO AOS PROCEDIMENTOS DE REDE ONS

São documentos de caráter normativo elaborados pelo ONS, com participação dos agentes, e aprovados pela ANEEL, que definem os procedimentos e os requisitos necessários à realização das atividades de:

- Planejamento da operação eletroenergética;
- Administração da transmissão;
- Programação e operação em tempo real no âmbito do Sistema Interligado Nacional.





INTRODUÇÃO AOS PROCEDIMENTOS DE REDE ONS

Os serviços de telecomunicações que atendem ao Setor Elétrico são os de telefonia direta, telefonia comutada e de transmissão de dados, implementados entre as instalações dos agentes de operação e as instalações do ONS, para dar suporte às seguintes atividades voltadas para a operação do SIN - Sistema Interligado Nacional:

- (a) Operação em tempo real;
- (b) Normatização, pré-operação e pós-operação;
- (c) Planejamento e programação da operação;
- (d) Apoio e coordenação dos serviços de Telecom; e
- (e) Administração da transmissão elétrica.

(Módulo 13)





INTRODUÇÃO AOS PROCEDIMENTOS DE REDE ONS

Para assegurar que a rede básica do SIN atenda aos indicadores de desempenho, faz-se necessário que cada uma de suas instalações, com seus componentes integrantes - linhas de transmissão (LT), barramentos e equipamentos - apresentem, individualmente, características técnicas adequadas.

Os sistemas de proteção, supervisão e controle e de telecomunicações, por serem fundamentais para a segurança elétrica do SIN, incidem diretamente sobre o desempenho da rede básica. Nesse aspecto, o estabelecimento de requisitos mínimos para esses sistemas se justifica para garantir que cada instalação de transmissão contribua positivamente para o atendimento dos padrões referidos acima.

(Módulo 2)



INTRODUÇÃO AOS PROCEDIMENTOS DE REDE ONS

De forma geral, os sistemas de telecomunicações proveem canais, que são classificados em grupos distintos:

- Canais para teleproteção;
- Canais para transmissão de dados; e
- Canais para comunicação de voz.

Estes serviços devem ser oferecidos em três classes:

- Classe A;
- Classe B; e
- Classe C.



INTRODUÇÃO AOS PROCEDIMENTOS DE REDE ONS

Classe A

Deve apresentar **disponibilidade total de 99,98%**, apurada mensalmente, cujo valor de referência é o somatório dos últimos 12 (doze) meses. Isso implica uma **indisponibilidade máxima total**, num período de 12 (doze) meses, **de 1 (uma) hora e 45 (quarenta e cinco) minutos**. É o serviço prestado com recursos de telecomunicações **disponibilizados através de duas rotas**, que permitam monitoração de disponibilidade e apresentem, cada uma, uma disponibilidade de pelo menos 99%.

Classe B

Deve apresentar **disponibilidade total igual ou superior a 99%**, apurada mensalmente, cujo valor de referência é o somatório dos últimos 12 (doze) meses. A **indisponibilidade máxima total** num período de 12 (doze) meses é **de 87 (oitenta e sete) horas e 36 (trinta e seis) minutos**. Este serviço deve ser, preferencialmente, **disponibilizado através de uma rota** direcionada para a localidade designada pelo ONS.

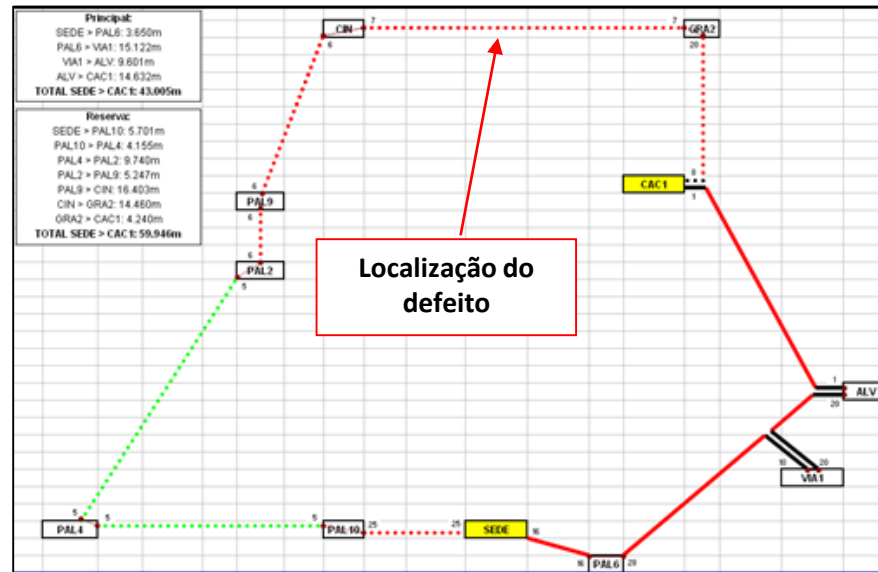
Classe C

Deve apresentar **disponibilidade total igual ou superior a 95%**, apurada mensalmente, cujo valor de referência é o somatório dos últimos 12 (doze) meses. A **indisponibilidade máxima total** num período de 12 (doze) meses é **de 438 (quatrocentos e trinta e oito) horas**. Este serviço é **uma rota** direcionada para a localidade designada pelo ONS.



METODOLOGIA DE PESQUISA

Este trabalho descreve a pesquisa e investigação para encontrar a origem de um defeito em cabos ADSS em linhas de transmissão do Grupo CEEE, apresentando os estudos de campo elétrico, as ferragens e acessórios utilizados em sua instalação, além da retirada do cabo e os resultados de análises realizadas quanto aos possíveis defeitos.



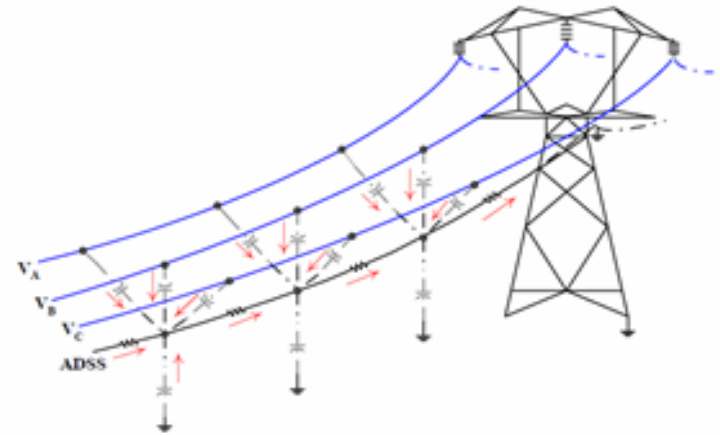


METODOLOGIA DE PESQUISA



Os cabos ADSS, em função de estarem instalados em linhas de transmissão e, portanto, sujeitos a um potencial elétrico elevado, devem possuir características que atendam tal instalação.

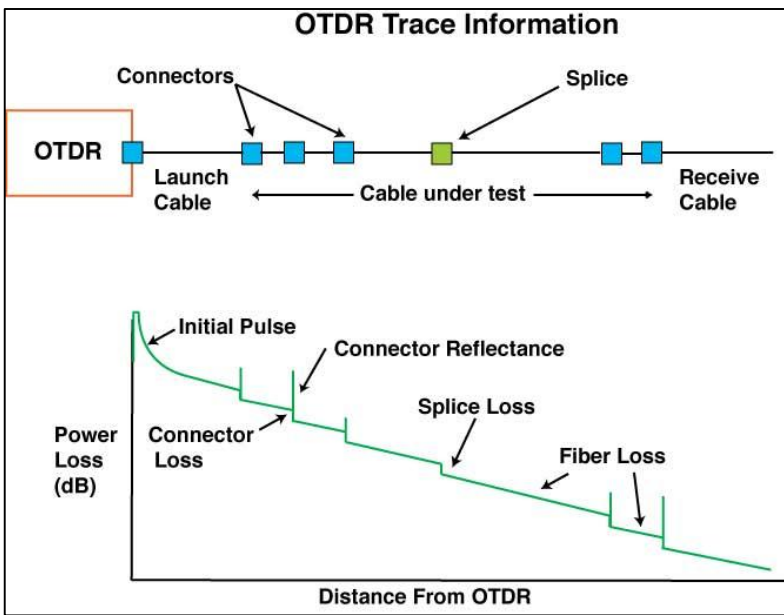
Os cabos devem possuir artifícios capazes de eliminar ou reduzir a degradação de sua capa externa em função do campo elétrico ou do envelhecimento do material.





METODOLOGIA DE PESQUISA

Para desenvolver uma análise completa do defeito, tanto de sua origem como de sua consequência, alguns procedimentos foram definidos, tomando como base:



O coeficiente de atenuação é definido como a perda dada em dB (decibéis) a cada unidade de comprimento (em quilômetros) da fibra, onde utiliza-se o comprimento total da fibra (L) para o cálculo:

$$\text{Coeficiente de atenuação} = (10 \times \log (P_s / P_e) / L)$$

Para o nosso caso, o limite é:

$$\text{Coeficiente de atenuação} = 0,200 \text{ dB/km}$$

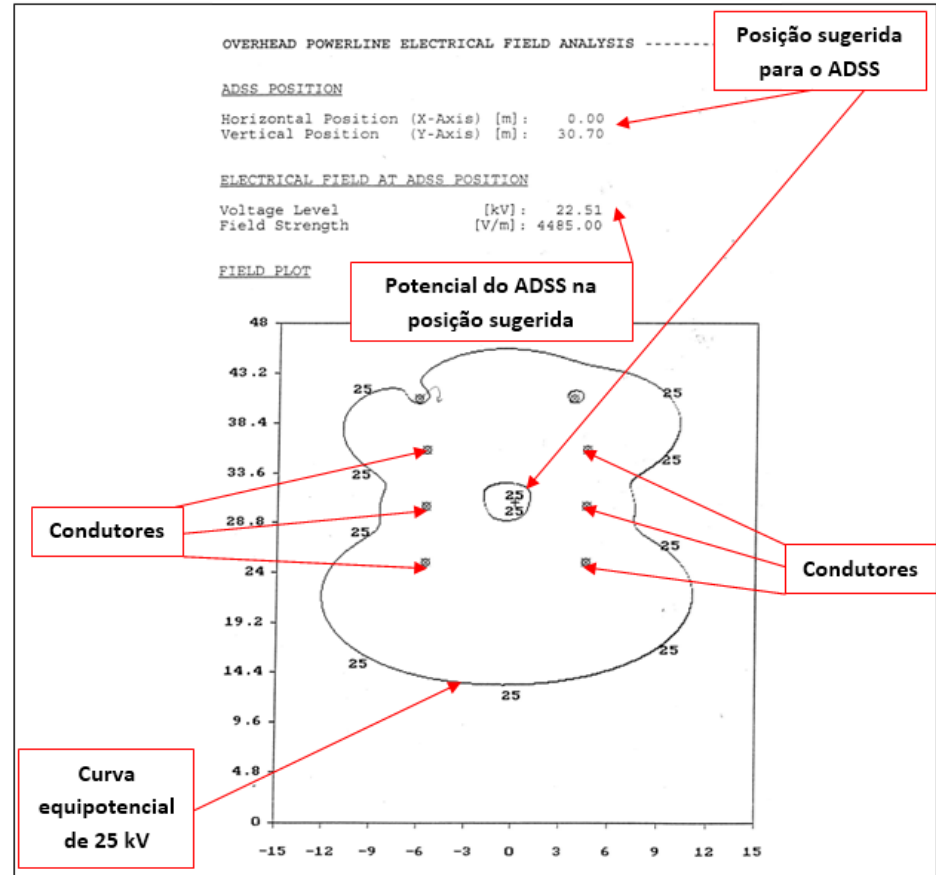
Atenuação óptica



METODOLOGIA DE PESQUISA

O campo elétrico vetorial é definido pelas suas componentes no espaço ao longo dos três eixos ortogonais, expressas pelo valor eficaz e direção. Para esse cálculo consideram-se, além da geometria da linha e de seu comprimento, o nível de tensão, as características elétricas (dos condutores e para-raios) e o ponto a ser verificado o campo elétrico (local de instalação do cabo ADSS).

Campo Elétrico

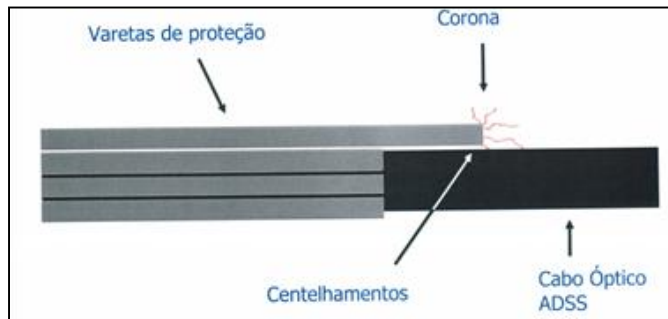




METODOLOGIA DE PESQUISA

O cabo óptico ADSS para ser fixado às torres das Linhas de Transmissão utiliza conjuntos metálicos de ancoragens ou de suspensões. Estes conjuntos, por serem metálicos e possuírem pequeno raio de curvatura nas pontas das varetas de proteção, intensificam o campo elétrico gerado pela Linha.

Em situações onde o campo elétrico nas pontas das varetas de proteção atinjam valores próximos a 25kV/cm, surge então, a ocorrência do efeito corona. A intensificação deste campo elétrico, sob um determinado ponto, em conjunto com a poluição existente na superfície dos cabos provocam a ocorrência de microcentelhamentos entre as varetas e a capa do cabo.

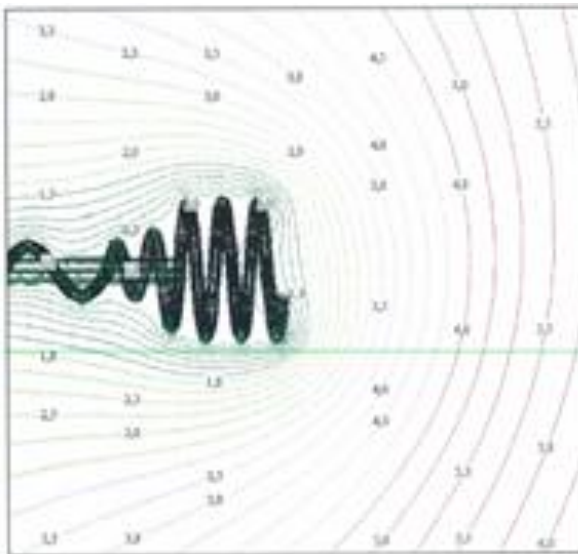


Efeito corona



METODOLOGIA DE PESQUISA

Porém, o campo elétrico nestas posições pode ser minimizado através da instalação do *Corona Coil*, ou seja, um dispositivo que reduz em até seis vezes a incidência deste campo. Para sua correta atuação, o *Corona Coil* deve ficar instalado exatamente nas pontas das varetas metálicas com a capa do cabo óptico.

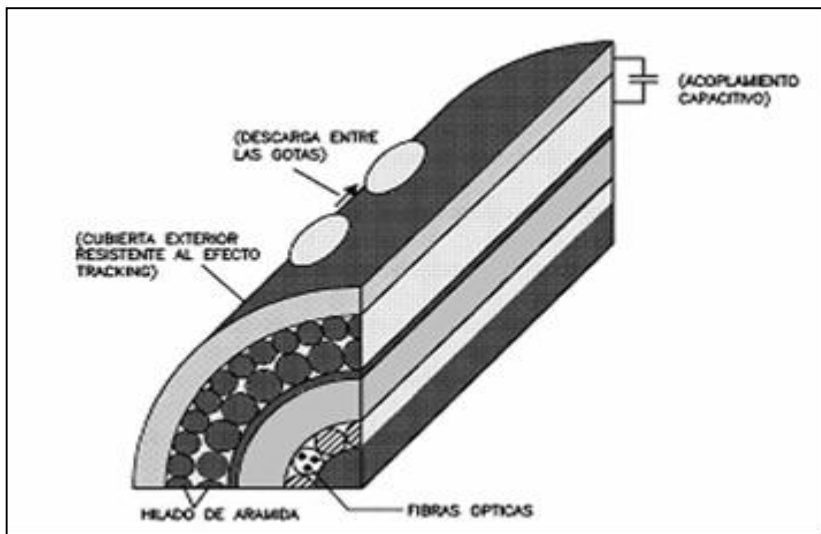


Efeito corona



METODOLOGIA DE PESQUISA

Trilhamento elétrico



Os processos naturais de umidificação, oxidação e contaminação das superfícies de isolantes elétricos empregados para uso externo (ao tempo) produzem uma elevada condução de corrente elétrica, com a diminuição da resistividade do material elétrico. A trilha é definida como um caminho condutor permanente formado na superfície do isolante.

A circulação de corrente em superfícies com a condutividade aumentada, como por exemplo, pela umidade, leva a um aquecimento do local que causa a evaporação da água e, conseqüentemente, diminui a condutividade e cria regiões secas (*dry band arcing*) com valores elevados de temperatura.



METODOLOGIA DE PESQUISA

Durante a repetição dos processos de umidificação e secagem da superfície, pequenos arcos ocorrem entre pontos mais condutores, produzindo a carbonização do material isolante (trilhamento) ou a perda do material (erosão). Este fenômeno é, portanto, caracterizado pela formação de resíduos carbonosos acompanhados por cintilações luminosas, chamadas correntes de fuga, e leva à deterioração do material isolante com a formação de trilhas.

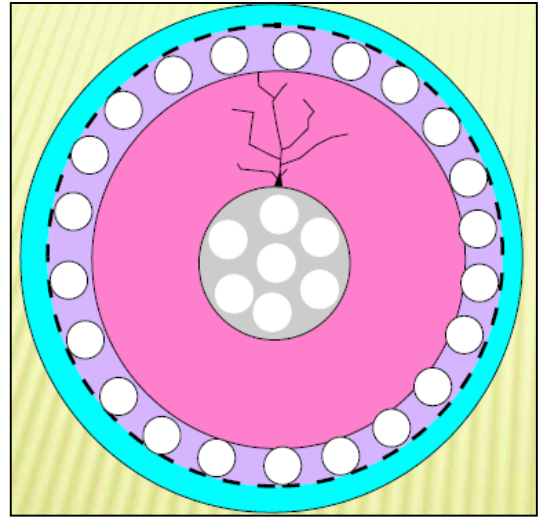


Trilhamento elétrico



METODOLOGIA DE PESQUISA

As arborescências foram inicialmente identificadas no final da década de 60 e são o principal fenômeno de degradação em materiais isolados em polietileno, o qual é a base do componente isolante utilizado em cabos ADSS. O fenômeno recebe o nome de arborescência devido ao formato geométrico das ramificações geradas pelo campo elétrico aplicado em formas de árvores.



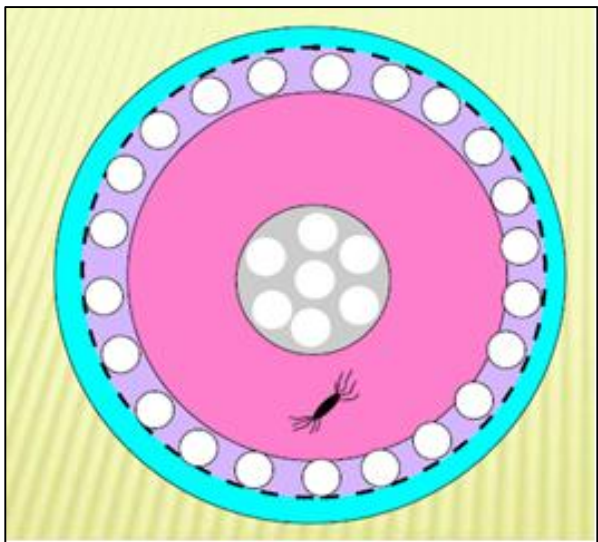
Arborescências



METODOLOGIA DE PESQUISA

Relaciona-se com a difusão de umidade ou vapor de água pelo dielétrico, comum aos materiais poliméricos que, apesar da aparência consistente e de baixa permeabilidade, têm essa característica.

A arborescência em água tem crescimento lento e a ruptura do material ocorre com seu processo de envelhecimento, em torno de dez anos de vida.



A arborescência em água consiste de caminhos filamentosares entre pequenas cavidades, paralelos ao campo elétrico, pelos quais a umidade penetra sob a ação de um gradiente elétrico.

Arborescências



RESULTADOS

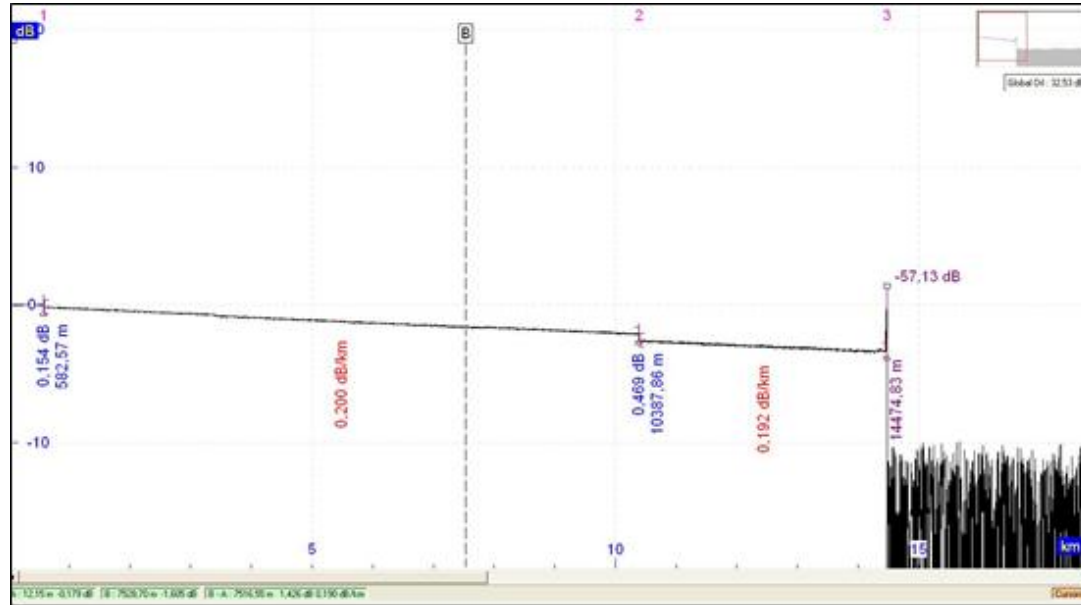
Definidos os procedimentos, as análises foram realizadas investigando cada possibilidade para causa do defeito:

- Testes de atenuação óptica;
- Revisão do Projeto Construtivo;
- Análise visual do cabo retirado;
- Microscopia em amostras do cabo óptico.





RESULTADOS

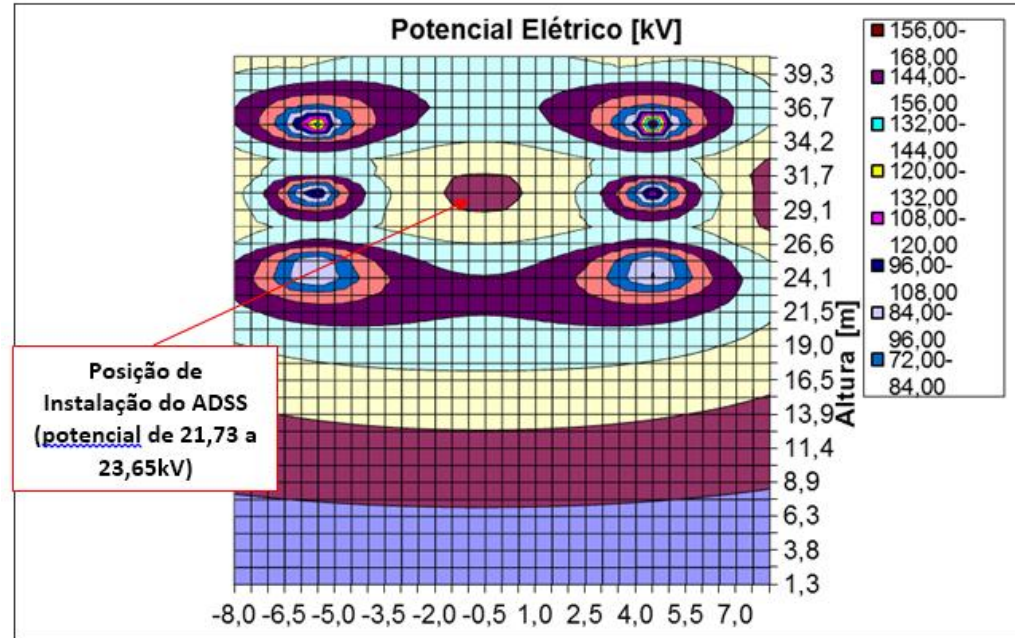


- Testes de atenuação óptica:

Os testes realizados no cabo óptico apresentaram diferenças em dois momentos (cabo instalado e cabo não instalado). **Coeficiente de atenuação $\geq 0,200$ dB/km**



RESULTADOS



- **Revisão do Projeto Construtivo:**

Para realizar o estudo do campo elétrico no qual o cabo está submetido, utilizou-se dois softwares que verificam o potencial elétrico no ponto de instalação do ADSS, sendo observado um valor próximo ao encontrado nos cálculos do projeto construtivo, aproximadamente 22,5 kV.



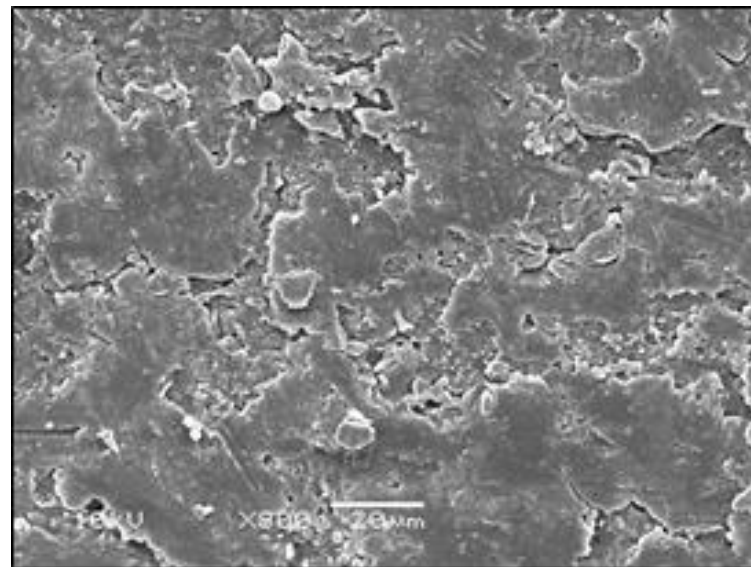
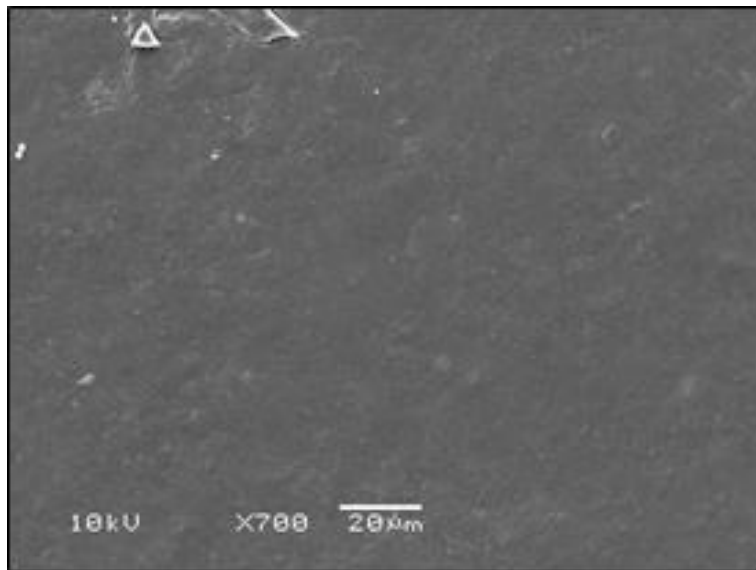
RESULTADOS

- **Análise visual do cabo retirado:**

- ✓ Primeiramente constatou-se que o dispositivo anti-corona estava instalado corretamente e que o cabo ADSS não apresentava sinais de danificação pelo efeito corona.
- ✓ Observou-se que o conjunto de ancoragem do cabo utilizado era o adequado e estava instalado corretamente, sem causar esforços físicos aos ADSS.
- ✓ Por fim, analisando-se a capa do cabo óptico não encontrou-se sinais de avaria em função do efeito denominado de trilhamento elétrico, pois não existia pontos de ressecamento da capa do cabo.
- ✓ Porém, ao analisar as fibras ópticas no interior do cabo, notou-se uma diminuição da capacidade de resistência mecânica das mesmas em relação às fibras convencionais.



RESULTADOS



- **Microscopia em amostras do cabo retirado:**

A capa do ADSS retirado de operação apresentou crateras na sua estrutura, sendo mais intensas onde o potencial elétrico ao qual o cabo estava submetido era maior, chegando aos 22,5kV constatados anteriormente. Já na amostra da capa do cabo óptico de estoque não foi observado degradação da estrutura, somente alguns pontos de sujeira superficial.



CONCLUSÕES

- ✓ A revisão do projeto construtivo não apresentou resultados significativos para originar a degradação do cabo óptico;

Considerando o vetor campo elétrico de cada condutor e de cada circuito sobre o ponto de instalação do cabo ADSS, a influência dos cabos para-raios, da estrutura da linha e do solo, conforme descrito no “Princípio de Superposição”, a qual afirma que, num dado ponto, os campos elétricos devidos a distribuições separadas de cargas, simplesmente se somam (vetorialmente) ou se superpõem independentemente.

- ✓ Em função do potencial elétrico a que estava submetido, além do fato de que o cabo não apresentava sinais visíveis de danificação em sua capa, descartou-se a possibilidade de má instalação ou dano em função dos efeitos corona ou trilhamento elétrico;



CONCLUSÕES

- ✓ Observando-se que a curva de atenuação de algumas fibras ópticas do cabo ADSS era diferente em dois momentos analisados (com esforço e sem esforço), concluiu-se que a origem do defeito estava associada aos esforços ao qual o cabo estava submetido em sua instalação;
- ✓ Somando-se à estes esforços, os fatores que influenciam na degradação da estrutura da capa do cabo, (campo elétrico, umidade e poluição), causaram a degradação da estrutura da capa em função do efeito de arborescência, identificada pelas imagens microscópicas obtidas na análise da estrutura;

A fim de se garantir a durabilidade das fibras ópticas, existem proteções externas em um cabo óptico com o intuito de se minimizar a possibilidade de ocorrência de fraturas microscópicas na superfície. Essas fraturas se propagam rapidamente em direção ao núcleo, reduzindo dramaticamente sua capacidade de suportar trações ou outros esforços mecânicos. Elas ocorrem em função de agentes externos, tais como umidade, variações de temperatura, contato com substâncias do ambiente e outros.



CONCLUSÕES

- ✓ Uma vez que a estrutura da capa do cabo foi rompida, as fibras ópticas do interior do mesmo estão sujeitas a diminuição de sua resistência mecânica, o que foi comprovado na análise visual das fibras. Este fato justifica o fato de que somente com o cabo instalado é que o defeito era identificado, pois o mesmo estava submetido a esforços requisitados pelo seu próprio arranjo construtivo, ou seja, um cabo autossustentado.





DÚVIDAS ????





Engenheiro Eletricista/Eletrônico pela Pontifícia Universidade Católica – RS (PUCRS, 2013), e Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt (ETEFGS, 2000).

Atuou como Técnico em Eletrotécnica na Kaissara Projetos e Engenharia, executando atividades de fiscalização de unidades consumidoras do Grupo B, e como Auxiliar Técnico V / F e Eletricista de Equipamentos na Companhia Estadual de Energia Elétrica – RS (CEEE), executando atividades de manutenção em relés de proteção e em equipamentos de subestações.

Atualmente trabalha como Técnico em Eletrotécnica na Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica - CEEE-GT, exercendo atividades de coordenação da Turma de Manutenção em Telecomunicações, responsável pela manutenção em redes e equipamentos de telecomunicações, e pelo gerenciamento de pequenos projetos e de compras.

Email: marcosos_1@hotmail.com

Tutoriais

Redes Ópticas I: Degradação Óptica Imposta aos Cabos ADSS em Linhas de Transmissão
Redes Ópticas II: Degradação Óptica Imposta aos Cabos ADSS em Linhas de Transmissão
Perdas Ópticas em Cabos OPGW (Optical Ground Wire)

<http://www.teleco.com.br/colaborador/marcossilva.asp>



Obrigado!

Marcos Ohlweiler da Silva

marcosos@ceee.com.br

51-3382.2630

