

XIV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

**REDES DE DISTRIBUIÇÃO COM ISOLADORES PILAR
E NÍVEL DE ISOLAMENTO 150 KV**

**VILSON LUIZ COELHO
PAULO CÉSAR BRITO GUIMARÃES
JOEL SILVA
JOÃO FRANCISCO VIEIRA**

CELESC – CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA S.A.

Palavras Chave:

nível de isolamento
isolador
sobretensão
descarga atmosférica
rede de distribuição

Foz do Iguaçu, 19 a 23 de Novembro de 2000

1- INTRODUÇÃO

A estrutura fundiária do Estado de Santa Catarina tem como principal característica as pequenas propriedades. Ainda hoje, apesar do êxodo rural, a população está distribuída em pequenas e médias cidades, não existindo grandes concentrações urbanas, característica da maioria dos estados das regiões sul e sudeste. Objetivando o atendimento a esta população, a Celesc investiu significativamente ao longo dos anos em eletrificação rural, tanto que hoje 96% das propriedades rurais estão eletrificadas, prevendo-se chegar a um índice de 100% ao final de 2001. Isto determinou características especiais ao sistema Celesc de distribuição de energia elétrica. De todo sistema primário de distribuição, 70% refere-se a redes não urbanas, sendo que 67% destas são em sistema monofásico. A carga média instalada por quilômetro deste sistema é 22kVA, tendo-se em média 2 transformadores instalados.

O padrão de construção destas redes seguiu obviamente o padrão vigente no país por muitos anos, ou seja, redes aéreas com condutores nus, isoladores do tipo pino e postes de concreto em sua maioria, devido às experiências negativas com postes de eucalipto tratado e as dificuldades na sua manutenção. Esta era a alternativa mais barata para atender pequenas cargas, basicamente de iluminação, o que não requeria grandes cuidados quanto a confiabilidade.

Atualmente percebe-se que além da redução gradativa dos índices de desempenho imposta pelo órgão regulador, também o grau de exigência dos consumidores quanto à confiabilidade, mesmo em regiões não urbanas, vem aumentando significativamente. Índices de desligamento, até então normais, não são mais aceitos. Exemplo típico disto são os aviários, muito comuns na região oeste do Estado. Estes requerem aquecimento no inverno e refrigeração no verão sob pena de perdas significativas na produção.

Os seguidos investimentos que a Empresa vem fazendo na manutenção do sistema existente não tem surtido efeito, ou seja, nos últimos anos os índices de desligamento ficaram oscilando em torno de um valor sem apresentar uma tendência de queda.

Uma análise de todos os fatores aqui apresentados aliados à morfologia do terreno e às condições climáticas predominantes levou a área de normalização da Celesc estudar um padrão alternativo para as ampliações e reformas de redes de distribuição não urbanas como veremos a seguir.

2- DIAGNÓSTICO DO SISTEMA

2.1- Os Desligamentos e Suas Causas

Uma análise dos indicadores de desempenho da Celesc no período 1993/1997, Tabela 1, indica que os índices de DEC/FEC ficaram em torno de 28 e 18 respectivamente, sendo que o pior índice ocorreu exatamente em 1997, quando o DEC apresentou um aumento de 9% sobre o ano anterior.

Tabela 1

ANO	DEC(h)	FEC(int.)
1993	28,31	18,21
1994	29,47	19,88
1995	26,29	17,83
1996	27,32	17,35
1997	29,71	19,25
MÉDIA	28,22	18,50

O gráfico da Figura 1, por sua vez, indica que neste mesmo período, apenas quatro causas, “Descargas Atmosféricas”, “Ignorada”, “Meio Ambiente Animal”, e “Vegetação na Rede”, respondem por mais de quarenta por cento (40%) dos desligamentos em todo o sistema Celesc.

Uma análise individual por região mostra que a causa “Sobrecarga” somente é significativa nas regionais de Joinville e Blumenau, onde estão as maiores cidades do Estado, e conseqüentemente onde ocorrem as maiores concentrações de carga.

Nas demais regionais, onde predominam as redes não urbanas, cerca de 60% das interrupções do sistema devem-se as quatro primeiras causas (Gráfico da Figura 2).

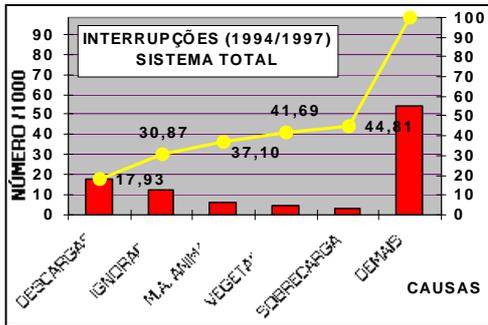


Figura 1

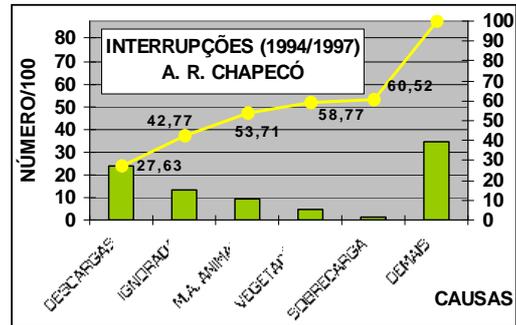


Figura 2

2.2- Custos dos Desligamentos

O número de interrupções não programadas, sustentadas no sistema de distribuição Celesc no ano de 1997, foi de 76.000, gerando um DEC de 29,71 horas.

Através de informações tais como, tarifa média de venda de energia, fator de potência médio, fator de carga, custo de deslocamento médio para atendimento mais a estimativa do custo social do kWh interrompido, é possível avaliar o custo total destes desligamentos, conforme Tabela 2.

Tabela 2

Custos	US\$ x 1000
Atendimento	3.000,00
kWh Interrompido	1.700,00
Social (Estimado)	70.300,00
Total	75.000,00

Este valor foi 37% maior que o total investido pela Empresa, naquele ano, em distribuição.

3- ANÁLISE TÉCNICA

3.1- Continuidade dos Índices de Desempenho

Constata-se em 2.1 que os investimentos feitos no sistema de distribuição não estavam sendo eficientes, já que os valores de DEC/FEC não apresentavam tendências de redução. É evidente que a ampliação de recursos em investimentos e manutenção poderia melhorar os índices de qualidade, porém dificilmente se atingiria os níveis de empresas do sudeste cujo DEC é inferior a 15 horas e que possuem boa parte do sistema com redes isoladas, protegidas ou subterrâneas.

O padrão de rede até então utilizado pela Celesc, sistema aéreo nu, baseia-se em padrões americanos da década de 40, e que por isso mesmo apresenta uma defasagem tecnológica que prejudica os índices de confiabilidade e a necessária qualidade exigida pelos atuais consumidores.

3.2- Desempenho da Rede de Distribuição (RD) Frente às Descargas Atmosféricas

Observa-se pelas Figuras 1 e 2 que a principal causa de desligamentos no sistema Celesc é a Descarga Atmosférica (DA). Somente em 1997, 34% das ocorrências foram causadas por DA. Isto deve-se principalmente às condições climáticas e às características da rede.

3.2.1- Influência do Índice Cerâmico

O índice cerâmico médio em Santa Catarina está em torno de 80 dias com trovoadas/ano, sendo que o centro-oeste apresenta valores máximos que podem chegar até 120.

De acordo com a literatura técnica sobre o assunto, pode-se usar a equação 1 para calcular, a partir do índice cerâmico, a densidade de raios para a terra:

$$N_g = 0,04 I^{1,25} \quad (1)$$

onde N_g é a densidade de raios em raios/km²/ano e I o índice cerâmico.

Para o índice cerâmico médio apresentado tem-se uma densidade em torno de 9 (raios/km²/ano). Considerando que a área de concessão da empresa é aproximadamente 90.000km², conclui-se que esta área é atingida anualmente por cerca de 800.000 raios.

Desta forma além da grande probabilidade das sobretensões induzidas tem-se também a probabilidade de ocorrência de descargas diretas em áreas abertas (descampados), que pode ser calculada pela equação 2:

$$N = A N_g 10^{-6} \quad (2)$$

onde N é o número estimado de descargas diretas e A a área efetiva da rede, dentro da qual os raios cairão diretamente sobre a rede, que é calculada pela equação 3:

$$A = 6 H L \quad (3)$$

onde H é a altura e L o comprimento da rede em metros.

Considerando uma das regionais da Empresa, Lages, onde predominam os planaltos, com 4.420km de redes não urbanas, altura média de 10m, e aplicando estas fórmulas, conclui-se que somente nesta região, aproximadamente 2.400 descargas atingirão diretamente a rede de distribuição anualmente.

3.2.2- Influência do Nível de Isolamento das Estruturas

Quanto às características das redes, pode-se afirmar que o baixo nível de isolamento das estruturas e o desempenho irregular dos pára-raios são os principais responsáveis pelo elevado número de desligamentos.

A grande maioria das sobretensões no sistema de distribuição, são provenientes de raios que atingem pontos próximos as redes, devido a proteção natural em volta destas, tais como árvores, edifícios, montanhas e também a pouca altura das estruturas. Além disso as descargas diretas são mais raras, obviamente, porque a área efetiva da rede, mesmo em descampados, é muito menor que a área total, o que reduz significativamente a probabilidade de uma descarga direta. Desta forma o nível de isolamento é fator importante no projeto da rede. Através do gráfico da figura 3, é possível analisar o comportamento das redes frente as sobretensões, de acordo com o nível de isolamento das estruturas.

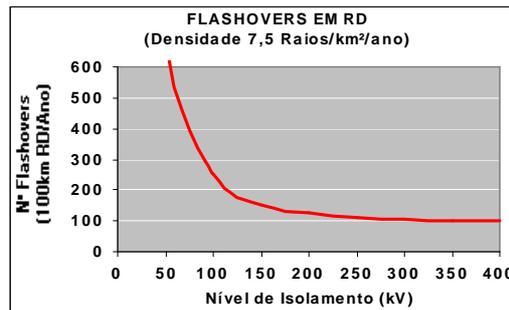


Figura 3

Através da fórmula 4 é possível também estimar o valor da sobretensão induzida na rede, U (kV), por uma descarga que tenha atingido um ponto próxima a ela.

$$U = 30 (H/d) I \quad (4)$$

Onde I é a corrente do raio em kA, H a altura dos condutores acima do solo e d a distância do raio à rede em metros.

Inicialmente as redes de distribuição eram construídas com postes e cruzetas de madeira. O gráfico da figura 4 mostra que a madeira possui um ótimo comportamento frente ao impulso, o que deixava as estruturas com um bom nível de isolamento.

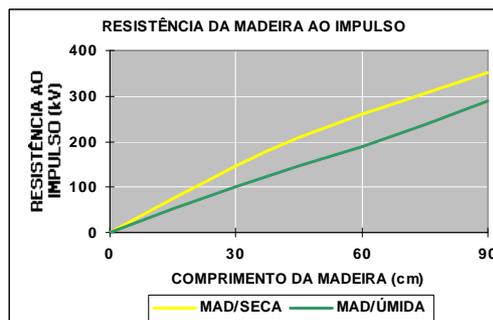


Figura 4

No entanto com o passar do tempo, a baixa vida útil dos postes de eucalipto preservado, e a escassez da madeira de lei, levaram ao uso indiscriminado dos postes e das cruzetas de concreto, tanto que os circuitos monofásicos, que representam 50% do total de redes primárias da Celesc, estão construídos em sua grande maioria com postes de concreto e isoladores de pino.

Significa dizer que estas redes possuem um baixo nível de isolamento, em torno de 95 kV, o mesmo do isolador de pino (quando não perfurado).

3.2.3- Influência dos Pára-Raios

Estudos efetuados pelo PROQUIP (Programa de Equipamentos da Eletrobrás), comprovaram o desempenho irregular dos pára-raios com invólucro de porcelana e blocos de carboneto de silício (SiC), devido principalmente a estanqueidade. A presença de umidade no interior dos pára-raios provoca, durante a passagem de um surto, aumento tanto da corrente subsequente, quanto da tensão residual o que acarreta uma série de problemas ao sistema, desde o rompimento de elos-fusíveis e/ou atuação dos desligadores automáticos até a queima de transformadores.

Quanto às características elétricas do SiC, estudos indicam o mau comportamento destes pára-raios frente às descargas múltiplas, devido à grande quantidade de energia a que são submetidos os blocos.

A Celesc não aplica mais estes tipos de pára-raios no seu sistema, porém a quantidade existente ainda é muito grande, indicando que os problemas vão persistir enquanto a grande maioria destes equipamentos não for substituída.

3.3- A Causa “Ignorada”

São classificadas como provenientes de causa “Ignorada” todas as interrupções, cuja causa verdadeira não foi possível aos operadores identificar.

Analisando a curva de frequência da causa “Ignorada” e comparando-a com as curvas das causas DA e “Vegetação na Rede”, percebeu-se que o comportamento destas são semelhantes atingindo os máximos e mínimos ao mesmo tempo. Desta forma, acredita-se que apesar de muitas serem as possíveis causas reais de desligamentos, provavelmente as mais frequentes são: atuação indevida de elos-fusíveis, seja por defeito próprio, por corrente de surto ou corrente subsequente de pára-raios, ou ainda por descoordenação com desligadores automáticos de pára-raios, descargas em isoladores ou buchas de equipamentos e vegetação na rede, todas elas ligadas diretamente a DA ou “Vegetação na Rede”.

3.4- Análise Final

Uma análise global dos itens anteriores permitiu concluir que 40% (podendo chegar a 60% nas redes não urbanas) dos problemas nas redes de distribuição da Celesc devem-se às Descargas Atmosféricas, aos contatos acidentais da RD com a vegetação, e aos curtos-circuitos provocados pelos pássaros “joão-de-barro” e seus ninhos (casas de barro).

Quanto às ações necessárias, percebe-se que simplesmente com uma atuação mais eficaz das áreas de manutenção, é possível reduzir sensivelmente os índices relativos as duas últimas causas mencionadas. Porém quanto a primeira e mais significativa, DA, tornou-se necessário a realização de estudos por parte da Empresa, quanto a aplicação de novos padrões e/ou tecnologias no sentido de melhorar a qualidade de serviço.

4- ALTERNATIVAS DE PADRÕES DE REDES

De acordo com o diagnóstico e as análises feitas nos itens anteriores, estão apresentadas a seguir, três alternativas de padrão de rede de distribuição as quais foram estudadas e definidas suas aplicações.

4.1- Rede Primária Isolada com Cabos Multiplexados

Tipo de rede de distribuição com cabos multiplexados auto-sustentados e constituídos por condutores fase isolados e blindados.

Tem como principais vantagens a redução acentuada do DEC/FEC, melhor desempenho frente às sobretensões atmosféricas, vegetações na rede e maior segurança para eletricitas e terceiros.

Como desvantagem pode-se destacar o seu elevado custo de implantação, de 4 a 5 vezes superior ao da rede convencional, o que faz com que sua utilização seja recomendada apenas nos casos de atendimento de cargas importantes em regiões densamente arborizadas.

4.2- Rede de Distribuição Compacta

Rede de distribuição primária com cabos dotados de cobertura protetora de material polimérico que reduz a corrente de fuga em contatos acidentais com objetos aterrados, apresentando uma configuração bem mais compacta que a rede convencional.

Utiliza um cabo mensageiro para a sustentação, fixado à posteação por meio de braços metálicos e espaçadores losangulares poliméricos, instalados em intervalos regulares ao longo do vão. Este mensageiro pode ser dotado de fibras ópticas, o que possibilita a empresa utilizá-lo não apenas como um meio de comunicação interno como também uma oportunidade de novos negócios nas áreas de transmissão de dados, voz e imagem.

São grandes as vantagens deste sistema sobre o convencional:

- redução de 10 a 15 vezes do DEC/FEC;
- possibilidade de construção de vários circuitos na mesma posteação;
- melhor desempenho frente a “vegetação na rede”;
- redução da frequência e da área de podas de árvores;
- melhor desempenho frente a descargas atmosféricas;
- maior segurança para eletricitistas e terceiros;
- menor perda e maior regulação;
- redução das manutenções tanto preventivas como corretivas;
- preservação do meio ambiente pela não utilização de madeira;
- melhoria da imagem da empresa.
- As desvantagens deste padrão, para a sua aplicação no sistema Celesc, são as seguintes:
- não possui desempenho comprovado na região litorânea, onde a tensão de distribuição é 13,8 kV;
- na região central e oeste do Estado a tensão de distribuição é 23,1 kV, o que torna esta opção cara, com um custo de implantação, no mínimo, 2 vezes maior que o da rede convencional. Isto inviabiliza temporariamente a sua utilização em redes não urbanas já que estudos preliminares indicam que, dadas as características do sistema Celesc, sua aplicação só seria economicamente viável quando o custo de implantação estiver em torno de 30% maior que o da rede convencional.

Desta forma, a Empresa está contratando um projeto de pesquisa que avaliará o comportamento dos diversos tipos de cabos cobertos na região litorânea e atualmente está recomendando às áreas de projeto, que as redes compactas sejam usadas somente em reformas e ampliações de redes urbanas, onde existe uma maior concentração de carga, que requerem maior confiabilidade e conseqüentemente, retorno do investimento num prazo menor.

4.3- Rede de distribuição com Isoladores Tipo Pilar

Trata-se da rede de distribuição convencional, aérea com condutores nus, porém substituindo o isolador de pino pelo isolador pilar. Este isolador apresenta uma série de vantagens sobre o isolador de pino, ou seja:

- é maciço e imperfurável, reduzindo a zero as interrupções por perfuração de isolador;
- possui grande resistência aos choques mecânicos minimizando os casos de vandalismo;
- possui grande resistência mecânica, proporcionando a utilização de estruturas menores e em menor quantidade;
- o sistema de fixação, com parafuso auto-travante aliado a resistência mecânica, permite o seu uso diretamente no poste, ou seja cruzetas;
- baixo nível de rádio-interferência.

A Celesc iniciou estudos com este tipo de isolador no início da década de 90, sendo que, nesta época utilizou-se isoladores padrão americano (normas ANSI), com ferragem na cabeça para a fixação dos condutores e carga mínima de ruptura de 1250daN. Estes isoladores possuíam um custo de aquisição 20 vezes maior que o isolador convencional, representando um alto custo de implantação se comparado a RD normal.

Assim sendo, as “redes pilar” (redes com isolador tipo pilar, instalados diretamente nos postes) implantadas restringiram-se a áreas piloto, onde procurou-se acompanhar o seu desempenho na orla marítima, pois o fato deste isolador poder ser instalado diretamente no poste, faz com que o mesmo fique posicionado horizontalmente, tornando-o auto lavável e conferindo-lhe um bom desempenho na orla marítima.

Recentemente empresas em conjunto com ABNT, resolveram fazer uma adaptação do padrão americano à realidade brasileira.

Foi criado um isolador padrão distribuição (NBR 12.459) com carga mínima de ruptura de 800daN e com a cabeça convencional, ou seja, sem a ferragem para fixação do cabo.

Com estas mudanças o custo do isolador pilar caiu sensivelmente, e o seu uso em redes não urbanas passou a ser uma alternativa viável como será apresentado a seguir.

5- REDES DE DISTRIBUIÇÃO COM ISOLADORES DO TIPO PILAR, PADRÃO CELESC

De acordo com 4.3, a Empresa passou então a estudar a possibilidade de utilizar o isolador pilar como padrão para as redes não urbanas e algumas adaptações, do projeto desenvolvido no passado, às necessidades atuais, permitiram transformar esta opção numa alternativa viável, com uma qualidade de fornecimento satisfatória.

O resultado deste estudo foi a padronização de um único isolador pilar, tanto para o sistema de 13,8kV da região litorânea, quanto para o de 23,1kV da região centro-oeste. Este isolador sem ferragem na cabeça, com nível de isolamento 150kV e carga de ruptura mínima de 800daN, pode ser observado na figura 5, e as estruturas desenvolvidas para a sua utilização, nas figura 6 e 7.

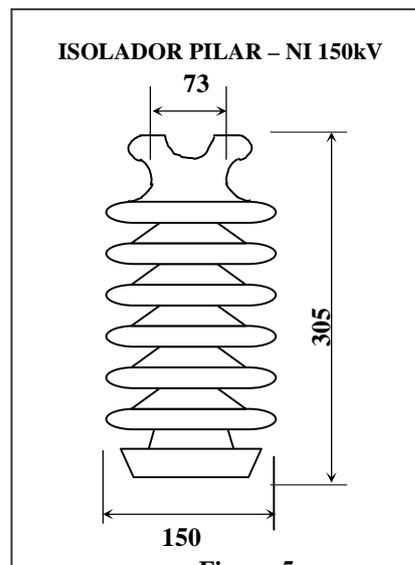


Figura 5

5.1- Critérios Adotados na Padronização do Isolador e Estruturas

- A escolha do nível de isolamento 150 kV deve-se ao apresentado nos itens 2 e 3, e a literatura técnica, que recomenda para redes de distribuição, um nível de isolamento de 150 kV, o que pode ser confirmado quando se interpreta a equação 4 e o gráfico da figura 3. De acordo com este último, a opção por 150 kV permite estimar uma redução de cerca de 50% nos desligamentos provocados por sobretensões de origem atmosférica;
- O isolador com nível de isolamento 150kV, tem distância de escoamento de 530mm, concedendo-lhe desta forma, um bom desempenho frente a poluição por névoa salina, presente na região litorânea;

- A altura de 305mm concede-lhe um melhor desempenho frente às ações dos pássaros João-de-barro, pois dificulta o curto-circuito condutor /ninho feito pelo próprio pássaro;
- A carga mínima de ruptura de 800daN, resulta numa carga de trabalho constante de 400daN (a mesma da cruzeta), valor este quatro vezes maior que o garantido pelo conjunto isolador de pino/pino para isolador;
- A cabeça convencional, sem ferragem, semelhante a do isolador de pino, pode ser usada na grande maioria das situações e a opção por um pescoço de 73mm deveu-se ao seu uso na posição horizontal, diretamente no poste, ou seja, nestas condições a amarração é submetida a esforços de arrancamento, e o uso de uma cabeça maior, reduz a probabilidade de arrancamento do pré-formado ou rompimento do pescoço;
- A instalação dos isoladores diretamente no poste, resulta em estruturas mais compactas, melhorando o desempenho da RD frente a “vegetação na Rede”;
- A distribuição dos isoladores ao longo do poste, provoca também uma redução de até 15%, no esforço resultante no topo, o que em determinadas situações pode proporcionar redução de custos com o uso de postes menores;
- As estruturas com cabo guarda, figura 7, foram desenvolvidas prevendo-se o seu uso em regiões abertas onde a probabilidade das descargas diretas é maior. Estudos comprovam que o uso combinado do cabo guarda com pára-raios instalados ao longo da rede, reduz significativamente as sobretensões no sistema.

5.2- Considerações sobre as Estruturas

- Os padrões de estruturas apresentados nos desenhos correspondem a redes com vãos até 80m, para vãos maiores, recomenda-se que a distância entre os isoladores seja de no mínimo 1 (um) metro;
- As estruturas tipo P1 e TP são indicadas para ângulos de deflexão de até 20°, ângulos maiores requerem o uso da P2 quando os isoladores devem ficar posicionados na bissetriz do ângulo e submetidos a esforços de compressão;
- A transformação de um circuito horizontal simples (isoladores em cruzeta, condutores posicionados horizontalmente), para um circuito vertical (isoladores instalados diretamente no poste, condutores dispostos verticalmente), deve sempre ser feita a partir de uma estrutura tipo N4 em vãos pequenos, para que as distâncias mínimas entre os condutores, no meio do vão, sejam mantidas;
- Esta transformação, quando em circuitos duplos, requer a utilização de uma estrutura de transferência, onde os dois circuitos necessitam uma defasagem de 400mm na estrutura vertical, para que, no meio do vão, a distância mínima entre os condutores dos dois circuitos, seja mantida (vide figura 8);
- O aumento do nível de isolamento dos isoladores requer um aumento do nível de isolamento dos equipamentos, tais como chaves fusíveis e chaves faca;
- Recomenda-se, nos alimentadores expressos, o uso de no mínimo um conjunto de pára-raios poliméricos 10kA, a cada 1000 metros;
- Em regiões críticas a aplicação de pára-raios deve ser analisada de forma isolada;
- Testes com pré-formados, indicam que as amarrações suportam normalmente os esforços de arrancamento, quando os condutores são tracionados com 800daN em um ângulo de deflexão de 20 graus;
- As estruturas verticais são recomendadas em ampliações de rede, já que necessitam o uso de posteação mais alta para a manutenção das distâncias mínimas ao solo, nos casos de reforma, podem ser utilizadas as estruturas convencionais, sendo que nestes casos, devido a sua resistência mecânica, os isoladores pilar não requerem o uso de estruturas tipo N2, as quais podem ser substituídas por N1;
- Nas estruturas P3 e P4 recomenda-se o uso de isoladores bastão, NI 150kV, tendo em vista a facilidade de instalação e a redução da mão de obra.

5.3- Resultados Esperados

Considerando as características técnicas dos isoladores e das estruturas, conforme apresentado em 5.1 e 5.2, estipulou-se o valor de 40% como um valor razoável de redução nos desligamentos das Redes Pilar.

6- RESULTADOS FINAIS

6.1- Custo de Implantação

Apesar do custo do isolador pilar ainda estar em torno de 3 a 4 vezes maior que o custo do isolador de pino, o custo final das “Redes Pilar”, esta em média somente 5% mais caro. Isto deve-se às boas características mecânicas dos isoladores e ao fato das estruturas não usarem cruzetas e mãos francesas.

Quanto as redes convencionais com isolador pilar, a eliminação da estrutura N2, leva a um custo final médio, apenas 7% mais caro. Este custo varia em função da bitola do cabo, no caso do 1/0 CA aproxima-se de zero.

6.2- O Índice de Desligamentos das Redes Implantadas

Numa das regiões mais críticas do estado, a partir da reforma de um alimentador com o novo isolador padronizado, iniciou-se um trabalho de acompanhamento dos índices de desligamento de todos os alimentadores.

A tabela 3 mostra a evolução dos índices no período anterior e posterior a construção da rede. A reforma foi feita apenas no alimentador 4 e, conforme esperado, somente neste houve uma redução significativa nos desligamentos (59%).

N.º Alimen-tador	ANTES		DEPOIS		Variação %
	Desl. /100km /ano	% da Média	Desl. /100km /ano	% da Média	
1	109	0,38	137	0,68	25,69
4	44	-0,27	18	-0,51	-59,09
5	61	-0,10	52	-0,17	-14,75
Média	71	0,00	69	0,00	-3,27

Tabela 3

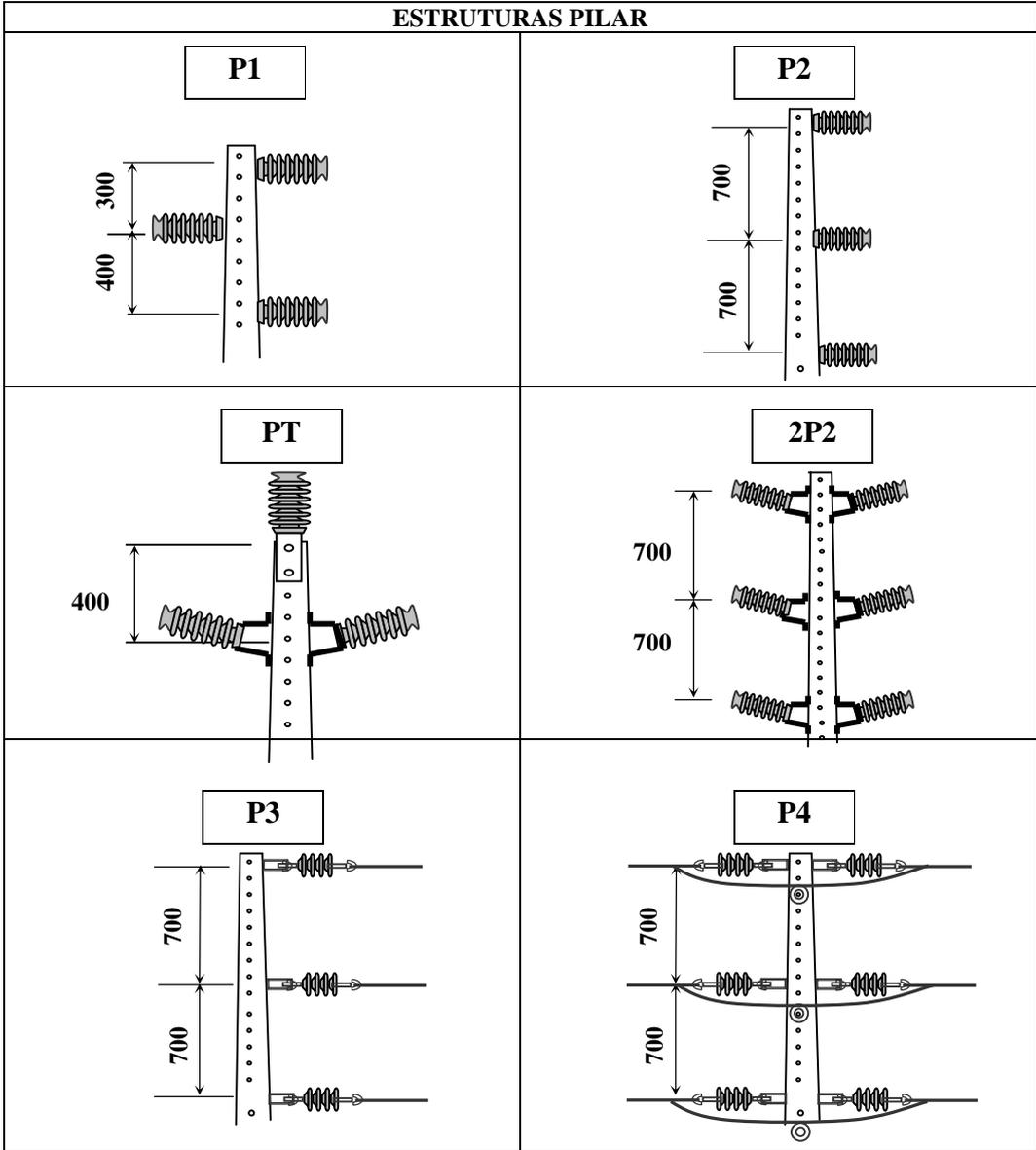


Figura 6

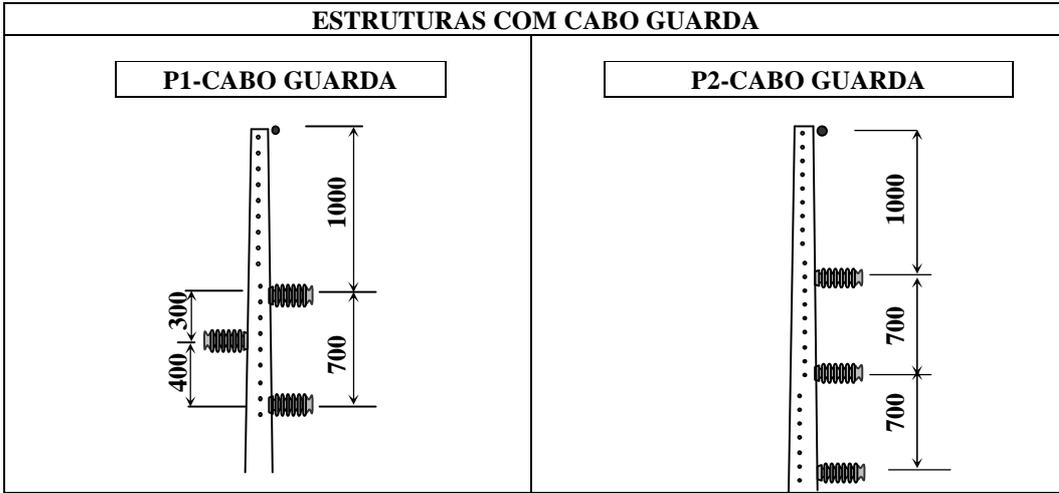


Figura 7

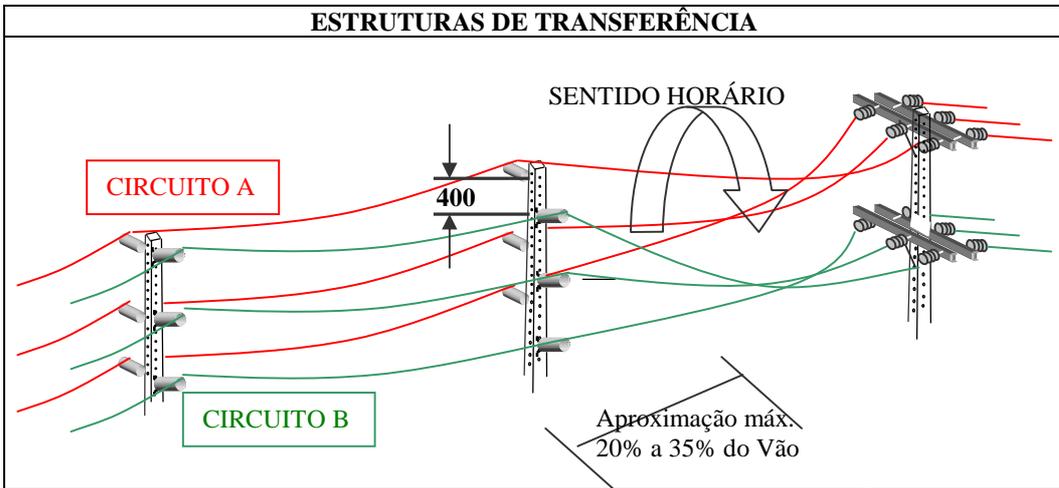


Figura 8

7- BIBLIOGRAFIA

- STOTZ NETO, Adolfo. Utilização de isolador pilar em redes de distribuição. Blumenau : XI SENDI, 1992.
- COELHO, Vilson Luiz. et all. Melhoria do desempenho da rede de distribuição com o uso de pára-raios ZnO/10kA. São Paulo : XIII SENDI, 1997.
- CAMPOS, Manoel Borges. et all. Metodologia para avaliação de desligadores automáticos. São Paulo : XIII SENDI, 1997.
- . Desenvolvimento de metodologia p/ avaliação da estanqueidade de pára-raios.
- . Avaliação do desempenho elétrico de pára-raios de distribuição.
- HUSE, Jostein. Lightning surge protection in low voltage electric power distribution systems, including consumers installations and equipment, compact course. São Paulo : V SIPDA, 1999.
- DARVENIZA, Mat. A practical approach to lightning protection of sub-transmission and distribution systems, short course. São Paulo : V SIPDA, 1999.
- YOKOYAMA, Shigeru. Lightning protection of medium voltage overhead distribution systems. São Paulo : V SIPDA, 1999.
- NOSAKI, Shiguematsu et. all. Application methodology of lightning surges protection in primary overhead distribution lines. São Paulo : V SIPDA, 1999.

DADOS DO AUTOR RESPONSÁVEL:

Nome: Vilson Luiz Coelho
Cargo: Engenheiro, Chefe da Divisão de Normas e Estudos de Materiais e Equipamentos de Distribuição
Av. Itamarati n.º 160 – Itacorubi – Florianópolis – SC
Tel.: (0XX48)231-5651
Fax.: (0XX48)231-5649
e-mail: vilsonlc@celesc.com.br