

Grupo de Estudo de Sistemas de Distribuição-GDI

Utilização de condutores isolados pré-reunidos autossustentados de média tensão em locais de densa vegetação

**GLEYTON RAFAEL DA SILVA GOIS(1); CAROLINA PINCHEMEL TEXEIRA(1); ALEXSANDRO LEMOS RUEL(1);
ALBERT RODRIGUES BIZZO(1); DIOGO GOMES DE ALMEIDA(1);
Enel(1);**

RESUMO

Neste artigo será apresentada a utilização de condutores isolados pré-reunidos autossustentados, conhecido com Elicord, o qual é aplicável em regiões de vegetação densa. Serão abordados os aspectos construtivos da rede de distribuição, especificando os materiais utilizados, principalmente estruturas e tipos de condutores. Será apresentado o quantitativo em km de rede que foi executada na zona de concessão da Enel Distribuição Rio e as premissas que são utilizadas na estimativa de cálculo de melhoria nos indicadores de continuidade com a utilização deste tipo de rede assim como um exemplo real feito na região de Teresópolis.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade de Fornecimento, Rede Isolada, Vegetação

1.0 - INTRODUÇÃO

Até o final do ano de 2015, a Enel Distribuição Rio possuía 31 km de rede isolada. Com a implementação do projeto de melhoria da qualidade de fornecimento de energia, no final do ano de 2018 ela chegou a um total de 221 km, sendo a maior parte destes executados no ano de 2017 conforme mostra a figura 1.



FIGURA 1 – Evolução da construção de rede isolada na Enel Distribuição Rio

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

Devido à densa vegetação que afeta algumas regionais da área de concessão da Enel Distribuição Rio, está sendo implementando uma nova topologia de composta por condutores eletricamente isolados e estruturas de sustentação em dimensões reduzidas baseado no modelo de construção utilizado pela “Enel Distribuizone” (responsável pela distribuição de energia elétrica na Itália), essa tipologia de rede apresenta grandes vantagens em relação ao aumento da confiabilidade do sistema, principalmente quando considerado o contato da rede com galhos que causam defeitos intermitentes. Na Enel Distribuição Ceará esse tipo de rede está começando a ser utilizada em regiões de poluição salina.

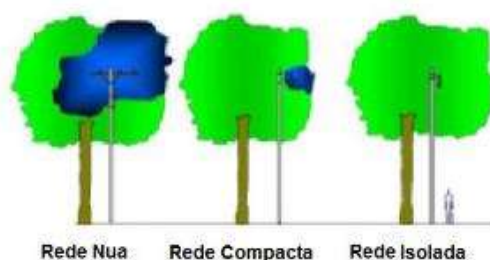


FIGURA 2 – Área de poda para os tipos de redes de distribuição

2.0 - DESENVOLVIMENTO

2.1 Descrição dos materiais utilizados

2.1.1 Condutor

Os condutores utilizados são em cabos pré-reunidos, classe 12/20 kV, especificados na tabela 1. Estes condutores são constituídos de 03 (três) fases, unipolares, de alumínio, com blindagem em tubo longitudinal de alumínio ou fios de cobre e um cabo mensageiro (elemento de sustentação), em cordoalha de aço aluminizado ou aço galvanizado (REIS, 2016,p. 2). Em regiões de poluição salina a cordoalha de sustentação deverá possuir uma cobertura de proteção em XLPE.

Tabela 1 – Características dos condutores

Cabo multiplexado de alumínio – 12/20 kV				
Seção nominal (mm ²)	Corrente admissível (A)	Tração de ruptura (Elemento de sustentação) kN	Diâmetro Nominal (mm)	Peso nominal (kg/km)
3 x 35 + 1 x 50 mm ²	140	59,8	54	1600
3 x 50 + 1 x 50 mm ²	170	59,8	56	1800
3 x 95 + 1 x 50 mm ²	255	59,8	63	2400
3 x 150 + 1 x 50 mm ²	340	59,8	69	3100

A utilização da blindagem nos condutores visa:

- Assegurar que a perfuração do dielétrico sensibilizará a proteção;
- Tornar o cabo efetivamente isolado, garantindo a segurança dos eletricitistas e eventualmente de terceiros ao toque (REIS, 2016, p. 3).

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

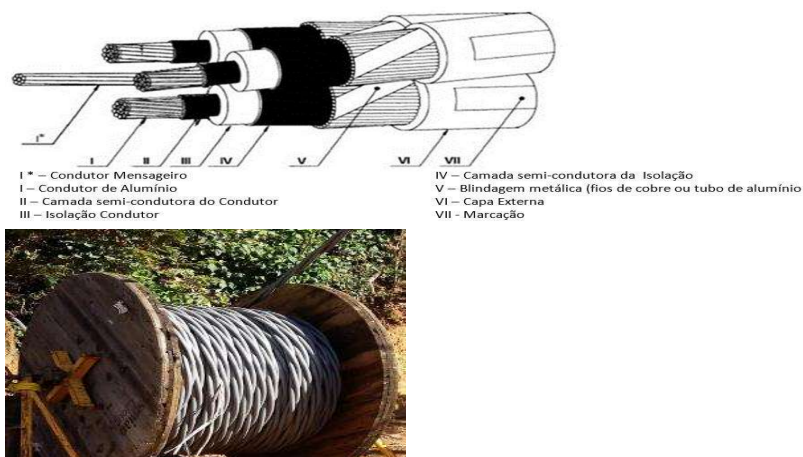


FIGURA 3 – Cabo isolado (Elicord)

2.1.2 Aterramento

O sistema de aterramento deve ser multi-aterado, devendo o elemento de sustentação ser aterrado na malha de terra dos equipamentos ao longo da rede (REIS, 2016, p. 3). Todos os postes e estruturas devem ser aterrados.

O elemento de sustentação das redes primárias isoladas pode ser interligado com o neutro da rede secundária, em todas as estruturas que houver aterramento (REIS, 2016, p. 4).

A blindagem metálica dos condutores fase deve ser aterrada ao longo da rede em todas os terminais e emendas, conectando a cordoalha da emenda ou do terminal ao elemento de sustentação. Recomenda-se conectar a blindagem de cada cabo individualmente ao elemento de sustentação (REIS, 2016, p. 4).

2.1.3 Estruturas

Os postes utilizados são em concreto. O vão básico será de 40 metros quando existir rede secundária e 80 metros quando existir somente rede primária. Vãos maiores podem ser projetados mediante análise específica (REIS, 2016, p.14).

As estruturas mais utilizadas são:

- **Suspensão:** Nesse tipo de estrutura, o condutor é suspenso por dois elementos: suporte de suspensão (F-60) e grampo de sustentação (F-62). Esse tipo de estrutura é utilizado para vãos em tangência e ângulo de deflexão externo máximo de 30°.

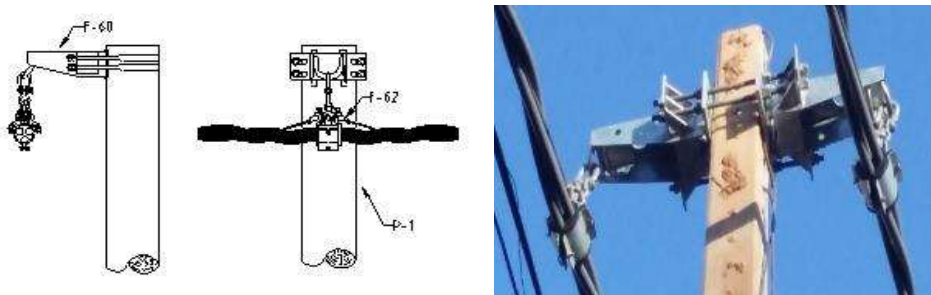


FIGURA 4 – Estrutura de suspensão

- **Ancoragem:** Para ancoragem do cabo, são utilizados dois elementos: suporte de fixação F-61 e

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

conjunto grampo de ancoragem F-63. Esse tipo de estrutura é utilizado em transições de tipo de rede, emendas, derivações, instalação de equipamentos, a cada 300 metros de rede e em ângulo de deflexão superior a 30°.

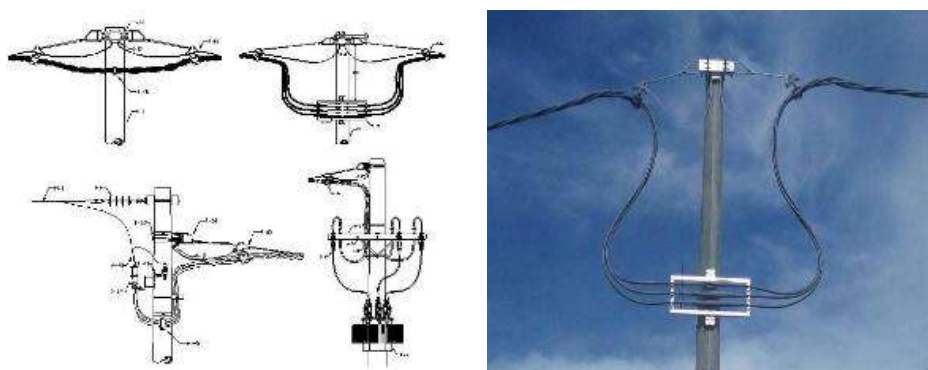


FIGURA 5 – Estruturas de ancoragem

2.1.4 Engastamento

O engastamento do poste é feito conforme a figura 6, as dimensões são em função da altura e esforços mecânicos.

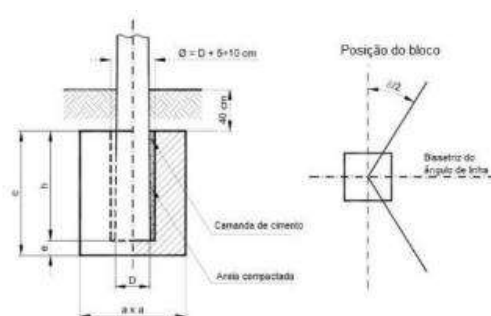


FIGURA 6 – Engastamento

2.1.5 Construção

Durante o lançamento e montagem da rede isolada deve ser preservada a integridade do cabo bem como respeitar o seu raio de curvatura mínimo. A instalação do cabo deve ocorrer evitando que o mesmo arraste no chão ou contra corpos fixos, a figura 7 ilustra esta operação.



FIGURA 7 – Lançamento de um condutor isolado

O lançamento do cabo deve ser precedido da fixação de roldanas nas próprias estruturas, aptas a evitar que os raios de curvatura ultrapassem aos valores mínimos especificados.



FIGURA 8 – Roldanas múltiplas por estruturas passantes (suspensão)

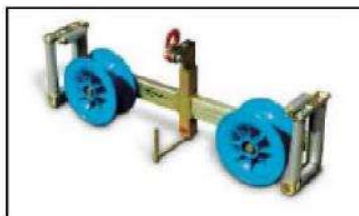


FIGURA 9 – Roldana dupla

Após a fixação das roldanas deverá ser lançado um cabo guia (figura 10) para que os cabos de potência possam ser instalados, utilizando puller e o suporte de bobina com frenagem.



FIGURA 10 – Cabo Guia

Para fixação do condutor no cabo guia utiliza-se a camisa de puxamento conforme figura 11 abaixo:



FIGURA 11 – Camisa de puxamento

Na figura 12 são esquematizados à direita o puller ao qual é conectado o cabo guia e a esquerda o suporte de bobina munida de freio.



FIGURA 12 – Fase inicial: tração do cabo

Na figura 13 se vê a ferramenta a ser utilizada para desenrolar o cabo a partir da bobina; tal ferramenta (bobina elevada) é munida de disco de freio que permite a extensão do cabo, sempre em tração, sem que o mesmo arraste no chão. A execução da extensão “freada” além de evitar que o cabo arraste no chão, reduz o risco que ocorram estresses anormais no cabo (puxões) durante a fase de trabalho.



FIGURA 13 – Freio



FIGURA 14 – Puller

2.2 Ganho nos indicadores de continuidade

O escopo do projeto de instalação da rede isolada considera a substituição do condutor em média tensão dos trechos dos alimentadores que possuem alta taxa de falha. Esse recondutoramento atua diretamente na redução do número de interrupções na rede reduzindo o indicador FEC e consequentemente o DEC.

Para definir o tipo de condutor a ser aplicado, foram analisadas as falhas da rede e o ambiente onde o alimentador está inserido, sendo aplicado rede isolada em alimentadores que estão em áreas com alta taxa de

falha devido a vegetação e rede compacta nas demais áreas, atentando que em regiões de poluição salina estão sendo utilizados condutores engraxados (AAAC) e cabos isolados com cordoalha de sustentação cobertura com proteção em XLPE.

A rede isolada além de trazer o benefício de redução de falha na rede, também permite reduzir as podas realizadas pela equipe da manutenção da rede, trazendo um benefício direto na redução do OPEX.

Para a escolha dos alimentadores que seriam beneficiados com o projeto e para o cálculo do benefício nos indicadores de qualidade foram realizados os seguintes passos:

- Classificação dos alimentadores de acordo com a taxa de falha;
- Análise detalhada das causas das interrupções e dos dispositivos que operaram;
- Identificação dos trechos a serem reconduzidos.

Na figura abaixo, foram descritas as causas que serão evitadas e/ou reduzidas com a ação do reconduzimento utilizando rede isolada:

Tabela 2 – Causas

Causas
Objeto na rede
Animais
Vegetação ou árvore
Vento
Descarga atmosférica
Corrosão
Poluição

Para cada trecho da rede foi identificado o DEC e FEC relacionados as causas acima e priorizados os projetos que trariam o maior benefício nos indicadores.

Para o ganho de DEC se aplica a equação 1 a seguir:

$$Benefício DEC_p = \frac{\left(\left(\frac{(\sum (ConH_p \times B)) \times 65\% \times E_R}{E_T} \right) - (E_R \times Prog) \right)}{C_T} \quad (1)$$

- Benefício DEC_p: Ganho em DEC do ponto elétrico (Horas);
- ConH_p: Consumidor hora por causa registrado no ponto elétrico do projeto;
- B: Percentual de benefício esperado para as causas de falhas registradas no trecho;
- 65%: Fator moderador do benefício;
- E_T: Extensão MT do circuito (km);
- E_R: Extensão MT do trecho reconduzido (km);
- Prog: ConH de Programada média consumido por reconduzimento por km de rede (ConH/km);
- C_T: Total de clientes da distribuidora.

Para o ganho de FEC se aplica a equação 2 a seguir:

$$Benefício FEC_p = \frac{\left(\left(\frac{(\sum (ConI_p \times B)) \times 65\% \times E_R}{E_T} \right) - (E_R \times Prog) \right)}{C_T} \quad (2)$$

- Benefício FEC_p: Ganho em FEC do ponto elétrico (Vezes);
- ConI_p: Consumidor afetado por causa registrado no ponto elétrico do projeto;
- B: Percentual de benefício esperado para as causas de falhas registradas no trecho;
- 65%: Fator moderador do benefício;

- ET: Extensão MT do circuito (km);
- ER: Extensão MT do trecho reconduzido (km);
- Prog: Conl de Programada média consumido por reconduzimento por km de rede (ConH/km);
- Ct: Total de clientes da distribuidora.

A seguir foi estimado o ganho nos indicadores de continuidade a partir de um projeto implementado na rede da Enel Distribuição Rio, especificamente no alimentador FAG04 da regional Serrana. Este alimentador foi escolhido pela presença de uma alta taxa de falha, devido principalmente à vegetação.

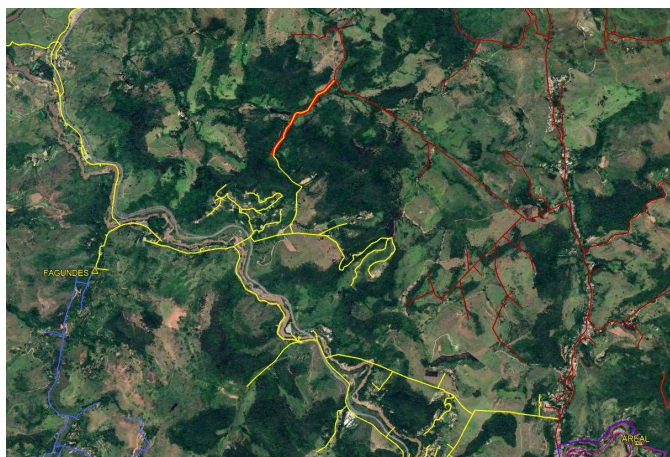


FIGURA 15 – Trecho do reconduzimento em azul

Tabela 3 – Informações

Base	Postes Instalados	Quantidade de rede (km)
Teresópolis	104,0	5,0



FIGURA 16 – Pontos relevantes do projeto 1/3



10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

FIGURA 17 – Pontos relevantes do projeto 2/3



FIGURA 18 – Pontos relevantes do projeto 3/3

Considerando o trecho reconduzido espera-se uma melhoria no DEC de 59% e no FEC de 65%.

2.3 Trabalhos futuros

Verificar o ganho real do projeto fazendo uma análise econômica de quanto é o gasto para ser executada uma rede isolada e quanto ela trará de benefício nos indicadores de continuidade e em redução de OPEX pela diminuição de podas.

3.0 - CONCLUSÃO

É notável que a implantação da rede isolada é eficaz em áreas de vegetação densa e que pode ser verificado na estimativa realizada. Ela também pode ser utilizada em regiões de poluição salina mas a cordoalha de sustentação deverá possuir uma cobertura de proteção em XLPE. Para conseguir estes bons resultados é fundamental a capacitação técnica dos profissionais que constroem este tipo de rede, principalmente na confecção de emendas e terminais, que são os pontos mais vulneráveis a defeitos. Comparado com outros tipos de tecnologias de cabos, a localização de defeitos e a realização de manutenções corretivas são mais complexos e demorados.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ENEL. Padrão de estruturas Ampla PEA-033/2016 R-01 Rede aérea isolada de média tensão em condutores pré-reunidos autossustentados – 15 kV. Niterói, 2016.
- (2) ENEL. Medium voltage aerial bundled cables. Global, 2018.
- (3) Rigioni, Marcelo. Estudo comparativo de configurações de redes de distribuição de energia elétrica. Porto Alegre, 2016.

- (4) VELASCO, D. N. G et al. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de energia elétrica no contexto da arborização urbana. Acesso em 26/03/2018, disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n4/31690.pdf>
- (5) Fink, Adriano. Viabilidade das redes compactas protegidas na distribuição de energia elétrica. Rio Grande do Sul, 2013.
- (6) F. Nishimura, L. D. Cicarelli, J. P. Martins. "Rede Aérea Isolada e Protegida de Média Tensão". Eletricidade Moderna, n.241, pp. 68-73, 1994.
- (7) Dias. Edmilson, Souza. Willian, Silva.Fernando. Cabos de média tensão. Acesso dia 27/03/2018, disponível em: <https://www.osetoelettrico.com.br/cabos-de-media-tensao/>
- (8) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Procedimentos de Distribuição – PRODIST, Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica.
- (9) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Procedimentos de Distribuição – PRODIST, Módulo 1 – Introdução.
- (10) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA – ABRADÉE. Acessado em 26/03/2018, disponível em: <http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica>

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Nome: Gleyton Rafael da Silva Gois

Fomação: Engenharia Elétrica / Universidade Veiga de Almeida / 2014

Experiência Profissional:

- Ampla (Enel Distribuição Rio) – 18/04/17 a Hoje
Cargo: Analista Júnior Engenheiro Eletricista Planejamento.
- Abengoa Construção Brasil Ltda – 01/08/15 a 27/11/15
Cargo: Assistente Técnico da ATEXXIII.
- Abengoa Construção Brasil Ltda – 03/03/15 a 31/07/15
Cargo: Técnico de Ofertas Júnior setor de Ofertas/Linha de Transmissão.