

Estruturas de Emergência Tipos Tuiuiú e HU para LD's 69 e 138 kV

Autor: Feitosa, D.T

E-mail: dfeitosa@enersulnet.com.br

ENERSUL – Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A

E-mail: ddem@enersul.com.br

1. Palavras – chave

Estruturas de Emergência Tipos Tuiuiú e HU para LD's 69 e 138 kV - Estruturas tipos Tuiuiú e HU - Ramal de Emergências - Tipos de Estruturas de Emergências.

2. Resumo

A estrutura de emergência tipo Tuiuiú, foi idealizada em meados dos anos de 1.990 a 1.994, sua aplicação aconteceu em 1.995, quando ocorreu a queda de 6 (seis) estruturas de concreto na linha de 138 kV – ELETROSUL / SÃO GABRIEL D'OESTE, que pela primeira vez foram utilizadas as estruturas de emergências tipo Tuiuiú, juntamente com a estrutura tipo H, no ramal de emergência. Na ocasião por ainda não ter definidos a distância entre as estruturas, foram instaladas em vãos com distância média de 100 metros. O local da ocorrência foi a 10 (dez) quilômetros de Campo Grande. O tempo no restabelecimento de suprimento de energia elétrica da linha, foi de 30 (trinta) horas, ficaram sem energia 9 (nove) municípios. A partir deste incidente a Engenharia de Manutenção, iniciou-se um trabalho para definir as distâncias entre os vãos e as distâncias cabo-solo das estruturas tipos Tuiuiú e H.

No decorrer de outra emergência em 1996, na linha da ELETROSUL entre PORTO PRIMAVERA / IVINHEMA, caíram 5 (cinco) torres metálica. A ELETROSUL, na época solicitou apoio para ENERSUL, que encaminhou para o local da ocorrência as equipes de linha viva de Campo Grande e Dourados. Já de posse das definições das distâncias de altura cabo-solo entre as estruturas de emergências tipo Tuiuiú e H, conseguimos construir o ramal de emergência em 18 (dezoito) horas, praticamente a metade do tempo da 1ª ocorrência, utilizando vãos entre estruturas Tuiuiú de 175 (cento e setenta e cinco) metros, e vãos de 131 (cento e trinta e um) metros entre estruturas H, mantendo a altura cabo-solo de 6,0 m. A interrupção de energia foi a 300 (trezentos) quilômetros de Campo Grande.

Na busca de melhorar as emergências, observamos que a estrutura H tinha algumas mudanças a serem feitas, quanto a fixação da cruzeta no poste de eucalipto e posicionamento das cadeias de isoladores na estrutura, a partir daí passamos a desenvolver outro tipo de configuração de estrutura, que após vários ensaios e testes, definimos pela estrutura tipo HU, utilizando no

lugar da cruzeta isoladores polimérico ARMOURLITE, que além de facilitar a montagem aumentaríamos a altura cabo-solo, definido, fizemos uma simulação, construindo um ramal na linha que deriva para a subestação ALVORADA (circuito duplo), no município de DOURADOS, juntamente com as equipes de manutenção de linha viva de Campo Grande e Dourados. Só que no decorrer da construção do ramal verificou-se da necessidade de confeccionar um suporte com ferragens especial no topo da estrutura HU, para aumentar a altura da estrutura, passando de 7,90 metros de altura para 8,90 metros, a ser utilizado nas linhas de circuito duplo, com disposição de fase vertical, para diminuir esforços de arrancamento no cabo condutor fase superior. Após todos os trabalhos de estudos e ensaios realizados, elaboramos uma IM - Instrução de Manutenção, para contingências em linhas de distribuição, determinando por região a quantidade de estruturas necessárias com seus respectivos kits.

3. INTRODUÇÃO

As estruturas de emergências tipo Tuiuiú e HU, tem como objetivo mostrar a sua importância na utilização em um ramal de emergência, quando da queda de estruturas ou construção de ramal, em uma linha de distribuição, com isso vindo a facilitar a implantação das mesmas num menor espaço de tempo, restabelecendo o fornecimento de energia elétrica, nas ocorrências de linhas de distribuição de 69 kV (concreto e madeira) e 138 kV (metálica e concreto).

A ENERSUL, hoje conta com 485 quilômetros de linhas de 69 kV e 2.947 quilômetros de 138 kV, perfazendo um total de 3.434 quilômetros de linhas de distribuição em todo o Estado de Mato Grosso do Sul.

4. TIPOS DE ESTRUTURAS DE EMERGÊNCIA

4.1 Estrutura Tuiuiú

Poste de eucalipto tratado tipo médio, carga nominal aproximada de 250 kgf, com 01 (um) poste de 11 (onze) metros de comprimento, empregando 03 (três) isoladores polimérico (Line Post), adaptado a sua extremidade através de ferragem especial, com 2 (dois) estais de contra-poste por estrutura, em alinhamento.



4.1.1. Relação de Materiais Utilizados nas Estruturas Tipos " Tuiuiu "

- 1 Poste de eucalipto de 11 metros (leve) de 250 kgf, peso estimado de 350 kg;
- 2 Cordoalhas de aço (estai) \varnothing 5/16" – 12 metros com gancho olhal ou manilha;
- 6 Grampo GROSBY \varnothing 1/2";
- 2 Parafusos com rosca total de 300 mm
- 2 Olhal com \varnothing 5/8";
- 2 Toras de eucaliptos de 2,0 metros;
- 3 Isolador polimérico Line Post tipo PT.510.XH.1540, 34 aletas;
- 3 Concha-garfo;
- 3 Elo-bola
- 3 Roldana para lançamento de cabo condutor (FERGON - RITZ);
- 2 Tensor garfo-garfo ou parafuso olhal 5/8"x400 mm;
- 2 Tensor garfo-garfo;
- 1 Suporte de fixação dos isoladores line post.

4.2 Estrutura HU

Postes de eucalipto tratado tipo médio, dispostos em forma de H, carga nominal aproximada de 250 kgf, com 02 (dois) postes de 11 (onze) metros de comprimento, empregando 4 (quatro) isoladores polimérico (Armourlite), sendo 02 (dois) isoladores de 138 kV nas extremidade da estrutura e 02 (dois) de 230 kV no meio da estrutura, entre fases suspensa, para melhor isolamento, com 02 (dois) estais de âncora por estruturas, utilizada em ângulo de até 5°.



4.2.1 Relação de Materiais Utilizados nas Estruturas tipo " HU "

- 2 Postes de eucalipto de 11 metros (médio) de 250 a 300 kgf;
- 2 Cordoalhas de aço (estai) \varnothing 5/16" – 12 metros com manilhas ou suporte apropriado;
- 1 Tirante de aço 5/8", de 8,0 m, para travar o topo interno entre os postes;
- 3 Gancho-bola (opcional)
- 10 Parafusos rosca total de 300 mm
- 6 Olhal com \varnothing 5/8";
- 2 Toras de eucaliptos de 1 metro;
- 2 Isolador polimérico armourlite Tipo EB.120.XM, 55 aletas (concha-bola), eletrovidro para 230 kV;
- 2 Isolador polimérico armourlite Tipo EB.120.XM, 43 aletas, concha-bola, eletrovidro para 138 kV;
- 2 Âncoras com \varnothing 5/8" de 2 metros;
- 4 Concha-garfo;
- 1 Manilha \varnothing 5/16" ;
- 3 Concha-bola com \varnothing 5/8" (concha-olhal)
- 3 Elo-bola com \varnothing 5/8";
- 3 Cavalotes com \varnothing 3/4" ;
- 3 Roldana para lançamento de cabo condutor (FERGON - RITZ)
- 2 Tensor garfo-garfo
- 1 Suporte de fixação dos isoladores armourlite.
- 6 Grampo crosby 1/2".

5. HIPOTESE DE CÁLCULO

O restabelecimento de uma linha de transmissão em emergência poderá ser executado mediante a inserção de estruturas provisórias fora do eixo da linha, adotando a distância de afastamento que melhor convier, poderá ser de 10 a 20 metros do eixo da linha existente, com o eixo das estruturas de emergência, esta metragem será válida tanto para as estruturas do tipos Tuiuiu e HU. Esta condição quando mantendo os cabos condutores com tração plena "ou seja" a tração de projeto. Caso haja necessidade da construção de ramal independente na condições de aliviar esforço mecânico das estruturas em ângulo terminais, deverá considerar uma tração de 8% da carga de ruptura do cabo condutor.

6. VÃO MÁXIMO ADMISSÍVEL, DETERMINADO PELA EXPRESSÃO.

$$V = \sqrt{\frac{8H \times (hs - hc)}{W}} \quad (1)$$

V - Vão máximo admissível

H - Tração do cabo condutor na condição de trabalho de 60° C final, sem vento

hs - Altura cabo-solo

hc - Altura mínima do condutor ao solo

W - Peso unitário do cabo sem vento

As tabelas a seguir apresentam valor máximo admissível para terreno plano, sem presença de obstáculos.

6.1. Tabela de Vão Básico de 170 m

6.1.1. Vãos Máximos Admissíveis (m)

Altura Mínima (a 60° C)	Cabo penguin - EDS 18% CR LD 69 kV	
	HU (8,90 m)	TUIUIÚ (8,75 m)
3,00	224	221
3,50	215	212
4,00	204	201
4,50	194	190
5,00	182	179
5,50	170	166
6,00	157	153
6,50	143	139

6.2 Tabela de Vão básico de 125 m .

6.2.1. Vãos Máximos Admissíveis (m)

Altrura Mínima (a 60° C)	Cabos condutores Oriole, Linnet e Partridge EDS 8% CR - LD 138 kV	
	HU (8,90 m)	Tuiuiú (8,75 m)
3,00	166	165
3,50	159	158
4,00	152	150
4,50	144	142
5,00	135	133
5,50	126	124
6,00	117	114
6,50	106	103
7,00	94	91

6.3. Tabela de Vão Básico de 300 m

6.3.1. Vãos Máximos Admissíveis (m)

Altura Mínima (a 60° C)	Cabos condutores Oriole, Linnet e Partridge - EDS 18% CR - LT 138 kV	
	HU (8,90 m)	Tuiuiú (8,75 m)
3,00	254	251
3,50	243	240
4,00	232	229
4,50	219	216
5,00	207	203
5,50	193	189

6,00	178	174
6,50	162	157
7,00	144	139

6.4. Tabela de Vão Básico de 350 m

6.4.1. Vãos Máximos Admissíveis (m) ¹

Altura Mínima (a 60° C)	Cabos condutores Oriole, Linnet e Partridge EDS 18% CR - LD 138 kV	
	HU (8,90 m)	Tuiuiú (8,75 m)
3,00	259	257
3,50	248	245
4,00	236	233
4,50	224	221
5,00	210	207
5,50	197	193
6,00	181	178
6,50	165	161
7,00	147	142

7. CARREGAMENTO DAS ESTRUTURAS NOS VÃOS BÁSICOS INDICADOS ABAIXO.

7.1 Com deflexão até 5° graus centígrados

7.1.1 Esforços Transversal

Estruturas HU				
Vãos básico	Cabos condutores			
	Penguin 4/0 AWG	Partridge 266.8 MCM	Linnet 336.4 MCM	Oriole 336.4 MCM
100	284	369	447	498
120	295	382	452	512
140	306	393	464	526
160	322	405	482	540
180	329	417	489	553
200	341	430	503	567
250	374	465	540	605
300	410	503	583	647
350	447	544	628	692

7.1 Sem deflexão de ângulos

7.1.2 Esforços Vertical

Estruturas HU e Tuiuiú				
Vãos básico	Cabos condutores			
	Penguin 4/0 AWG	Partridge 266.8 MCM	Linnet 336.4 MCM	Oriole 336.4 MCM
100	78	100	114	123
120	87	110	127	139

¹ O cabo condutor adotado para os cálculos dos vãos máximos admissíveis entre as estruturas de emergências foi o condutor linnet, para vãos básicos de 125, 300 e 350 m, por termos o maior número de linhas com esse tipo de condutor. A temperatura utilizada para os cálculos das trações dos vãos básicos de 125, 170, 300 e 350 m foi a 60 °C condições final, sem vento.

140	96	121	141	155
160	104	132	155	171
180	113	143	169	186
200	122	154	183	202
250	143	181	217	241
300	165	209	251	280
350	187	236	285	320

8. DISTÂNCIA ELÉTRICA ENTRE FASES NO MEIO DOS VÃOS DAS ESTRUTURAS DE EMERGÊNCIAS

ESTRUTURAS	HU	TUIUIÚ
HU	3,00	2,75
TUIUIÚ	2,75	2,50

9. LIMITAÇÃO DO VÃO DEVIDO A ALTURA DO CABO - SOLO

Considerando terreno plano e sem presença de obstáculos será definido a seguir o vão máximo em função da altura mínima do cabo-solo adotada.

Tratando-se de poste de 11 m, com disposição do tipo HU e Tuiuiú, obtém uma altura útil de 8,90 m (HU) e 8,75 m (Tuiuiú), estas estruturas a sua montagem é sobre o solo, e fixado com estais de âncora (HU) e estais de contra-poste (Tuiuiú).

10. DISTÂNCIAS BÁSICAS CABO-SOLO NOS CRUZAMENTOS DE TRAVESSIAS [1]

Natureza do Obstáculo	Tensão Nominal (kV) / m			
	13,8	34,5	69	138
Locais acessíveis apenas a pedestres	6,00	6,00	6,00	6,33
Locais onde circulam máquinas agrícolas	6,50	6,50	6,50	6,84
Rodovias ruas e avenidas	8,00	8,00	8,00	8,35
Ferrovias não eletrificadas	9,00	9,00	9,00	9,33

A distância mínima do cabo condutor ao solo ou aos obstáculos em condições normais de operação ou em condições mais desfavoráveis de aproximação do condutor ao obstáculo considerado, pelas expressões abaixo:

DU

$$D = a + 0,01 \left(\frac{DU}{\sqrt{3}} - 50 \right) \text{ se } U > 87 \text{ kV} \quad (2)$$

ou

$$D = a \text{ ou } \leq 87 \text{ kV}$$

11. DISTÂNCIAS VERTICAIS MÍNIMAS EM CRUZAMENTOS DE LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO

kV	13,8	34,5	69	138
13,8	1,00	1,00	1,20	1,54
34,5	-	1,00	1,20	1,54
69	-	-	1,20	1,54
138	-	-	-	1,87

A equação para cálculo da distância elétrica entre as fases, sentidas verticais, de partes de uma linha as de outra linha de distribuição, corresponde à tensão mais elevada das duas linhas consideradas, se ambas forem superiores a 87 kV. Somar-se o resultado das duas tensões ao valor básico "a", [1] pela expressão:

$$D = 0,01 (DU / \sqrt{3} - 50) \quad (3)$$

A distância acima deve ser considerado na pior condição, isto é, com os cabos da linha superior a 60° C graus centígrados e em repouso, para cálculos mais elaborados deve ser considerada a elevação do cabo inferior devido ao balanço provocado pela presença de vento transversal a linha.

A distância elétrica mínima em relação aos estais ou parte aterrada

Tensão até 138 kV $D = 0,96 \text{ m}$

12. DISTÂNCIAS MÍNIMAS DO CONDUTOR AO SOLO OU AOS OBSTÁCULOS EM CONDIÇÕES DE EMERGÊNCIA

Natureza do Obstáculo	Tensão Nominal (kV)			
	13,8	34,5	69	138
Locais acessíveis a apenas a pedestres	3,80	4,00	4,40	4,90
Locais onde circulam máquinas agrícolas	4,90	5,00	5,40	6,00
Rodovias ruas e avenidas	5,30	5,40	5,90	6,50
Ferrovias não eletrificadas	6,50	6,60	7,00	8,80

Para períodos de emergência de duração de até 4 dias e desde que o somatório de tais períodos não ultrapasse 5% do tempo anual de operação da linha.

$$D_V = a + L_{CAD} + 0,70 \quad (4)$$

a = Valores de distância básica [1]

L_{CAD} = Comprimento da penca de isoladores (m)

13. MÉTODO UTILIZADO PARA ESTICAMENTO DE CABOS CONDUTORES

Recomenda-se a utilizar dinamômetro para esticamento dos cabos durante a execução dos ramais, utilizando-se a tabela de esticamento.

Caso não se disponha de dinamômetro, a tração poderá ser controlada pela flecha conduzindo ao mesmo resultado. O valor da flecha para um vão específico, pode ser denominada pela expressão:

$$Fn = \frac{fb}{vb^2} \times vn \quad (5)$$

Onde:

fn - Flecha de um vão qualquer

fb - Flecha de vão básico (m)

vb - Vão básico (m)

vn - vão qualquer (m)

14. OCORRÊNCIAS QUE FORAM ATENDIDAS COM AS ESTRUTURAS DE EMERGÊNCIAS TUIUIÚ, H, E HU (1.995 a 2.002)

Linhas 138 kV	Extensão km	Circuito	Empresas	Quedas de torres	Estruturas utilizadas	Ano	Tempo (h)
Eletrosul / São Gabriel D'Oeste	131	simples	Enersul	6	H-Tuiuiú	1.995	30
Porto Primavera / Dourados	91	simples	Eletrosul	5	H-Tuiuiú	1.996	17
Eletrosul / São Gabriel D'Oeste	131	simples	Enersul	2	H-Tuiuiú	1.996	7
Maracajú / Jardim	122	simples	Enersul	4	H-Tuiuiú	1.997	15
Mimoso / Eletrosul	95	duplo	Eletrosul	2	HU-Tuiuiú	2.000	8

15. MATERIAIS DEFINIDOS PARA CONTINGÊNCIAS DE ATENDIMENTO EM LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO POR REGIÃO

DESCRIÇÃO	LOCALIDADES		
	Campo Grande	Dourados	Paranaíba
ESTRUTURAS DE EMERGÊNCIA (pç)			
ESTRUTURA TUIUIÚ COMPLETA	16	14	10
ESTRUTURA HS COMPLETA	8	8	4

Com estas estruturas por postos de linhas de distribuição, da para fazer um ramal de emergência com as seguintes quilometragem:

Paranaíba: Estruturas HU(4) e Tuiuiú (10) = 2,50 km

Dourados: Estruturas HU(8) e Tuiuiú (14) = 3,50 km

Campo Grande: Estruturas HU(8) e Tuiuiú (16) = 4,0 km

É importante lembrar que o sucesso de uma emergência depende de vários fatores, tais como:

- Treinamento das equipes de manutenção;
- Armazenamento dos materiais;
- Facilidade para transportes de materiais;
- Acesso ao local da ocorrência.

16. KITS DE EMERGÊNCIAS

São caixas de madeira com armação de ferro de 70x70x150 cm e 60x60x100 cm, que são colocados e relacionados todos os materiais de emergências, tais como:

- Isoladores polimérico
- Bandolas
- Cordoalhas de aço
- Ferragens em geral

17. CONCLUSÃO

Concluimos que estes tipos de estruturas, só viria a contribuir na construção de um ramal de emergência, uma vez que tempo de instalação das mesmas, leva-se em média 1 (uma) hora para a estrutura Tuiuiú e 1,5 horas para a estrutura HU, em locais de bom acesso, com quatro eletricitas, em uma ocorrência de quedas de estruturas em linhas de 69 e 138 kV. A ENERSUL, já interviu em 05 (cinco) emergências, sendo 03 (três) nas linhas da ENERSUL e 02 (duas) nas linhas da ELETROSUL.

18. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT, NBR 5422, 1985.
Ensaio Técnico, ENERSUL, 1995 a 2000

