



GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE

SISTEMA ISOLANTE PARA ELEVAÇÃO DE PESSOAS, ADEQUADO AO ANEXO XII DA NR-12, DESENVOLVIDO PARA UTILIZAÇÃO EM CAMINHÃO COM CESTO ACOPLADO.

OAIRES JOSÉ BECK (1); EDUARDO DALTOÉ DE FREITAS (2)
CEEE-GT (1 e 2)

RESUMO

Esse trabalho visa apresentar uma solução técnica, desenvolvida para a elevação de pessoas com utilização de equipamentos destinados originalmente à elevação de cargas. Estudos comprovaram que é possível o aproveitamento de equipamentos já existentes nas transmissoras, uma vez submetidos às adequações aqui propostas, para utilização em trabalhos com elevação de pessoas, pois este projeto atende plenamente aos requisitos normativos previstos no anexo XII da NR-12, de acordo com sua última revisão à luz da NRB 16092. Os resultados obtidos com a solução proposta mostraram sua eficácia frente à necessidade de adequação das empresas do setor elétrico e situação do mercado.

PALAVRAS-CHAVE

Elevação de pessoas; Aproveitamento; NR-12; Isolação; Eficácia.

1.0 INTRODUÇÃO

As atividades de manutenção, preventiva ou corretiva, em barramentos aéreos e equipamentos de subestações de energia elétrica, bem como as atividades realizadas ao longo de linhas aéreas de transmissão, implicam muitas vezes na necessidade de acessar a grandes alturas, a pontos de conexão afastados dos pórticos e, com maior dificuldade, a pontos de conexão sobre equipamentos como transformadores de potência. Para possibilitar a realização dos trabalhos as empresas transmissoras precisam se valer de equipamentos específicos para o acesso ou a elevação dos trabalhadores.

Para tanto normalmente eram utilizados andaimes, escadas, veículos equipados com cestos aéreos, cestos acoplados, cestos suspensos, guias, etc.

Com a revisão em 2016 da Norma Regulamentadora (NR) 12, em seu ANEXO XII, estabeleceu-se que nos trabalhos em proximidades de instalações com potencial chance de energização em que o trabalhador pode penetrar na zona controlada com parte do seu corpo ou com extensões condutoras, o acesso somente pode se dar por meio de equipamentos destinados à elevação de pessoas com sistema de isolamento compatível com a classe de tensão da instalação sob intervenção, o que condicionou essa prática ao uso de cestos aéreos isolantes.

Diante das exigências impostas foi necessário a busca por soluções capazes de atender às demandas de e garantir o cumprimento das programações de manutenção já definidas.

Na CEEE não foi diferente, e imediatamente após a divulgação da referida revisão iniciaram-se estudos que culminaram no desenvolvimento da solução que apresentaremos neste trabalho.

1.0 - EFEITOS DA REVISÃO DA NORMA

Devido às limitações impostas na revisão da NR-12, houve inicialmente um grande impacto negativo nos processos de trabalho, causando um retrocesso e comprometendo significativamente o atendimento às demandas de manutenção.

Diante deste cenário as transmissoras tiveram que adaptar-se e realizar modificações em suas rotinas de trabalho, bem como ir em busca de equipamentos para atender às suas necessidades logísticas impostas pelas novas regras,

buscando evitar a interrupção no fornecimento de energia causados por desligamentos, nos trabalhos de manutenção corretiva e atendimento aos prazos referentes às manutenções preventivas.

2.0 - SITUAÇÃO DO MERCADO

Os equipamentos disponíveis no mercado e que atendem a normativa vigente, possuem algumas limitações dimensionais e funcionais que os tornam inviáveis e inaplicáveis em determinados casos, como por exemplo nos serviços em subestações com configurações que não possibilitam a movimentação e acesso de veículos equipados com cesto aéreo isolante devido aos espaços reduzidos, ou ainda em linhas de transmissão urbanas pelos mesmos motivos.

Além das limitações físicas, ambientais e dimensionais, a demora no fornecimento e o custo elevado dos equipamentos existentes também representavam dificuldades em se adequar às exigências impostas.

3.0 - SOLUÇÃO ENCONTRADA

Diante desse cenário e tendo em vista as condições e limitações dos produtos ofertados no mercado, foi desenvolvida internamente na empresa, uma solução capaz de atender tais necessidades: o sistema isolante para elevação de pessoas, adequado ao anexo XII da NR-12, desenvolvido para utilização em caminhão com cesto acoplado.

Além disso, o sistema apresenta características específicas que permitem seu enquadramento como categoria de isolamento A e B de acordo com a NBR 16092, habilitando-o para trabalhos ao potencial, em instalações energizadas de subestações e linhas de transmissão com tensão de até 230 kV.

A solução desenvolvida agrega a isolamento necessária a guinchos com cesto acoplado convencional e possibilita seu uso nos trabalhos de manutenção em instalações desenergizadas de subestações e linhas de transmissão de 69 kV a 230 kV, atendendo a todos os requisitos normativos para elevação de pessoas previstos no anexo XII da NR-12, de acordo com a última revisão, bem com o em serviços em instalações energizadas.

Além da agilidade e rapidez na adequação da empresa frente às exigências impostas na Norma, podemos destacar o fato de que esta solução é constituída com baixíssimo custo, pois permitiu o aproveitamento de equipamentos já existentes, ou seja caminhões equipados com cesto acoplado e extensões isolantes de grua.

4.0 - ESTUDOS E ENSAIOS REALIZADOS

Os estudos para elaboração deste projeto buscavam o aproveitamento dos recursos existentes na empresa, considerando o fato de que os veículos já equipados com cesto acoplado e que atendiam plenamente à NR-12 antes da sua revisão em 2016, e o fato de que nossa empresa possui extensões isolantes de grua até então utilizadas exclusivamente nos trabalhos com as instalações energizadas.

O resultado foi o desenvolvimento de um sistema que possibilita o acoplamento do cesto, nas extensões isolantes de grua instaladas nos equipamentos de guindar dos caminhões (guindautos). É importante destacar que a confecção do acoplamento seguiu integralmente às condições exigidos na NBR 16092, bem como sua submissão a todos os ensaios necessários à sua aprovação. Ver Figura 1.



FIGURA 1 - Sistema isolante para elevação de pessoas

5.0 - PROJETO E DIMENSIONAMENTO

A ideia básica foi adaptar a extensão isolante para grua para ser usada não mais com uma cadeirinha na ponta, mas sim com um cesto de caminhão com cesto adaptado. Ver Figura2.



FIGURA 2 - Extensão isolante de grua completa

Com o fabricante da extensão isolante para grua não forneceu detalhes e propriedades dos materiais usados na construção do equipamento (tensões limite de resistência a tração e ruptura), procedeu-se então com a engenharia reversa, onde com base nos dados disponíveis, foi possível calcular as reações no engate da lança isolante inferior. Os dados disponíveis são:

- Peso lança extensão isolante = $P_2 = 17\text{kgf}$
- Peso suporte metálico + anticorona da ponta = $P_s = 18\text{kgf}$
- Cadeira em epoxiglass = $P_c = 25\text{kgf}$
- Carga máxima sobre a cadeira = $P = 120\text{kgf}$

As distâncias para o cálculo dos momentos e forças estão ilustradas abaixo. Ver Figura 3:

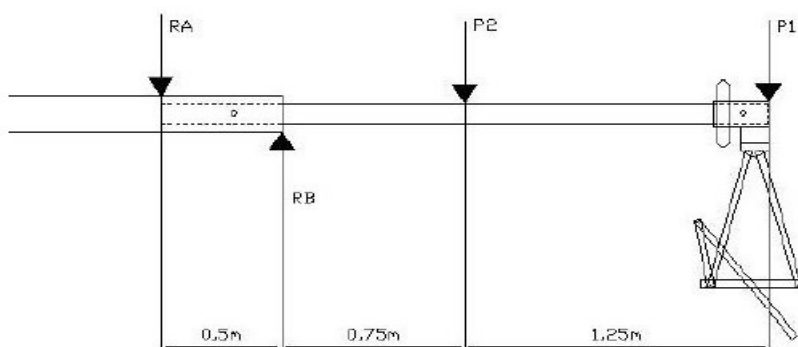


FIGURA 3 - Cálculo das reações RA e RB em função das distancias e cargas aplicadas

O Cálculo das reações RA e RB seguem abaixo:

$$P_1 = P_s + P_c + P = 18 + 25 + 120 = 163\text{kgf}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A = 0,5RB - 1,25P2 - 2,5P1 = 0$$

$$0,5RB - 1,25 * 17 - 2,5 * 163 = 0$$

$$RB = \frac{1,25 * 17 + 2,5 * 163}{0,5} = 857,5kgf$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_y = RB - RA - P2 - P1 = 0$$

$$857,5 - RA - 17 - 163 = 0$$

$$RA = 857,5 - 17 - 163 = 677,5kgf$$

Considerando a aceleração da gravidade em $9,8m/s$, as reações em kN são:

$$RA = 677,5 * 9,8 = 6,639kN$$

$$RB = 857,5 * 9,8 = 8,403kN$$

Estabelecidas às reações, o cálculo agora é para ver se a substituição da lança extensão isolante com a ferragem e a cadeirinha pelo cesto do caminhão com cesto adaptado mais a ferragem resultaria em reações iguais ou menores que as calculadas. Os dados disponíveis são:

- Peso cesto + comando estabilizador = $P_e = 32kgf$
- Peso suporte metálico + braço estabilizador = $P_4 = 84kgf$
- Peso acoplamento + anticorrora + pinos = $P_5 = 16kgf$
- Carga máxima sobre o cesto = $P_m = 136kgf$

As distâncias para o cálculo dos momentos e forças estão ilustradas abaixo. Ver Figura 4.

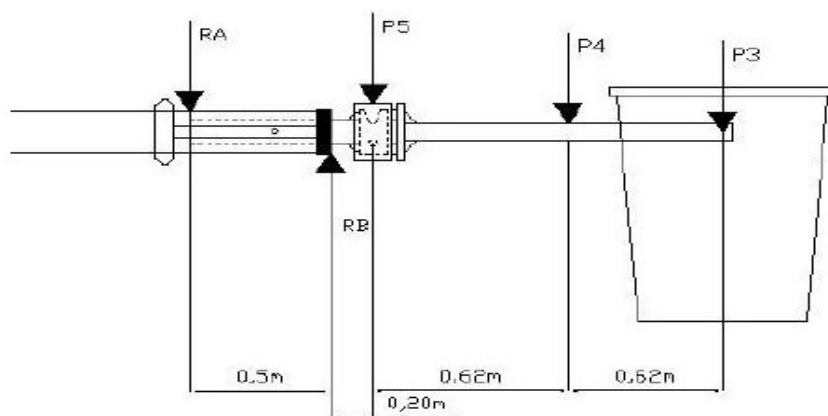


FIGURA 4 – Cálculo das reações RA e RB com o cesto adaptado

$$P3 = P_e + P_m = 32 + 136 = 168kgf$$

$\sum M_A = 0$ $M_A = 0,5RB - 0,70P5 - 1,32P4 - 1,94P3 = 0$ $0,5RB - 0,70 * 16 - 1,32 * 84 - 1,94 * 168 = 0$ $RB = \frac{0,70 * 16 + 1,32 * 84 + 1,94 * 168}{0,5} = 896kgf$	$\sum F_y = 0$ $F_y = RB - RA - P16 - P4 - P3 = 0$ $896 - RA - 16 - 84 - 168 = 0$ $RA = 896 - 16 - 84 - 168 = 628kgf$
---	---

Considerando a aceleração da gravidade em $9,8m/s$, as reações em kN são:

$$RA = 628 * 9,8 = 6,154kN$$

$$RB = 896 * 9,8 = 8,780kN$$

O resultado acima mostra que a reação em RB ficou acima da reação RB original. Nesse sentido, foi colocado um reforço (uma cinta) nesse ponto, conforme ilustradas abaixo. Ver Figura 5:

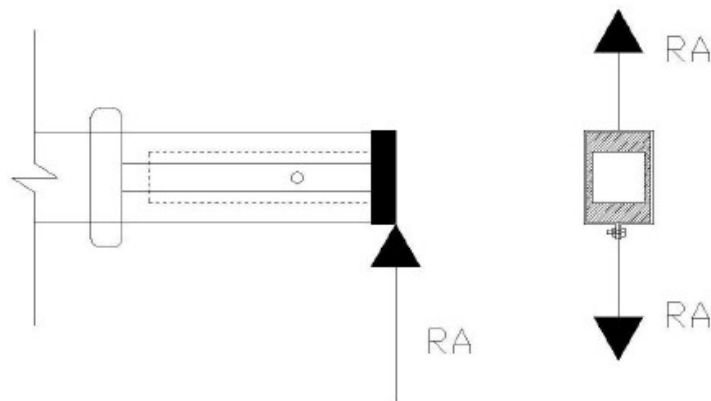


FIGURA 5 - Reforço colocado na ponta da extensão isolante para grua

O aço utilizado na confecção dessa cinta é um 1020 laminado a quente com secção de $4,75 \times 51,08mm$ e com tensão limite de escoamento (Te 1020) de 207MPa.

$$F = \tau * A = 207 * 2(4,75 * 51,08) = 100kN$$

Além de complementar a resistência no ponto da reação RA, a cinta também serviu de suporte para o anel anticorona, de modo que a extensão isolante para grua se mantivesse estruturalmente inalterada e original. Ver Figura 6.



FIGURA 6 – Reforço estrutural na lança isolante

Um outro dispositivo confeccionado especialmente para esse projeto foi o acoplamento metálico da extensão isolante para grua com o suporte metálico para o cesto. Ver Figura 7.



FIGURA 7 - Acoplamento metálico

Esse acoplamento é uma cópia em projeto e material do acoplamento original usado para conectar o guindauto ao cesto. Como essa peça é de suma importância, após sua concepção procedeu-se com os ensaios à luz da NBR 16092, e que são:

- Ultrassom;
- líquidos penetrantes;
- inspeção visual e dimensional das soldas e pintura.

6.0 - ENSAIOS

6.1 Ensaios de laboratório

Também no conjunto foram realizados todos os ensaios mecânicos e elétricos necessários ao atendimento da NBR 16092.

6.1.1 Ensaio mecânico

Este ensaio objetivou a comprovação da resistência do conjunto (guindauto + extensão isolante de grua + acoplamento + cesto para elevação de pessoas), mediante a aplicação das cargas de acordo com os valores obtidos, nas memórias de cálculos. Os materiais utilizados estão relacionados a seguir. Ver Tabela 1.

TABELA 1 - Relação de materiais utilizados

Equipamento	Modelo	Fabricação
Caminhão	CARGO 1729	FORD
Guindauto	PKB 15500	PALFINGER
Extensão isolante de Grua (Primeira lança)	IE-500	TEREX/RITZ
Cesto acoplado	ELEKTROWAY	FIBRASINOS
Rádio comunicador	AFT-CSA	ALFATRONIC

Balança eletrônica	CLASSE III - 5000	DIGITRON
--------------------	-------------------	----------

Para definição da carga de trabalho, o conjunto foi submetido a esforços de tração considerando também coeficientes de segurança definidos por norma. O conjunto apresentou resultado satisfatório, o que comprova sua segurança com uma capacidade de carga de trabalho de 136Kg, considerando a utilização de cesto simples, equipado de *liner*. Ver Figura 8.



FIGURA 8 – Representação ilustrativa dos ensaios de tração

6.1.2 Ensaio elétrico de tensão aplicada

Este ensaio objetivou a comprovação da isolamento do conjunto (guindauto + extensão isolante de grua + acoplamento + cesto para elevação de pessoas), mediante a aplicação de tensão elétrica conforme norma NBR 16092 – Ensaios de recebimento.

Os materiais utilizados estão relacionados a seguir. Ver Tabela 2.

TABELA 2 - Relação de materiais utilizados

Equipamento	Modelo	Fabricação
Caminhão	CARGO 1729	FORD
Guindauto	PKB 15500	PALFINGER
Extensão isolante de Grua (Primeira lança)	IE-500	TEREX/RITZ
Cesto acoplado	ELEKTROWAY	FIBRASINOS
Fonte de tensão aplicada 1200kV com divisor AC	KKF1200-2-13, OT 257	Haefely Test AG, Basel, Switzerland
Microamperímetro	C402-0288/B	RITZ

Para certificar-se do atendimento à isolamento necessária, para sua utilização em instalações de 230 kV, foram realizados ensaios elétricos em laboratório certificado, conforme resultados comprovados a seguir. Ver Tabela 3.

TABELA 3 – Ensaios de tensão aplicada

Tensão (kV)	Tempo ensaio	Frequência de teste (Hz)	Corrente de fuga (μA)	Valor referência (μA)
133	3 minutos	60	4	133
265	3 minutos	60	15	265
400	5 segundos	60	30	-

Obs.: Temperatura do laboratório: 23,9°C. Umidade relativa do ar no laboratório: 46%



Circuito do teste



Fonte de tensão aplicada 1200kV com divisor AC

6.2 Ensaio de comunicação entre controle remoto e equipamento de guindar (guindauto)

Foram realizados ensaios para verificar a eficiência da comunicação entre o controle remoto uma vez exposto ao campo elétrico e o equipamento de guindar, este posicionado em local afastado da parte energizada. Para tanto foi preparado uma estrutura que envolveu a utilização de um caminhão com cesto aéreo com isolamento para 230kV, em uma linha de transmissão de 230kV energizada.

Os testes realizados demonstraram a eficiência na comunicação, comprovados mediante a realização de vários movimentos e o sincronismo entre o controle remoto e o caminhão guindauto objeto dos ensaios.

Concluídos os ensaios mecânicos, elétricos e de comunicação via controle remoto, foram realizados trabalhos em instalações energizadas, comprovando assim a eficiência e segurança da solução desenvolvida. Ver Figura 9.



Figura 9 – Representação ilustrativa de trabalho sendo realizado

7.0 - CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios realizados à luz da NBR 16092 comprovaram a eficiência da solução apresentada.

Os testes e trabalhos realizados em campo demonstraram o satisfatório grau de segurança alcançado, e como resultado de seu bom desempenho, obteve a aprovação das áreas Técnica e de Segurança.

Dessa forma, outras empresas do setor elétrico que apresentam necessidades semelhantes poderão eventualmente usufruir desse desenvolvimento.

Esta solução está sendo multiplicada e será distribuída entre as equipes de manutenção da CEEE-T, da mesma forma que será incorporada aos procedimentos de manutenção da empresa.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – Norma Brasileira – Cestas aéreas – especificações Técnicas - NBR 16092.2012.
- (2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Determinação da resistência de isolamento de materiais isolantes sólidos - NBR 5407. 1980. Brasil.
- (3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - NBR 6936. 1992. Brasil.
- (4) MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Segurança em instalações e serviços em eletricidade - NR 10. Portaria MTb n.º 3.214. 1978. Brasil.
- (5) MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos – NR12.
- (6) TEREX/RITZ - IE-500 - EXTENSÃO ISOLANTE PARA GRUAS – Manual de instruções.

DADOS BIOGRÁFICOS



OAIRES JOSÉ BECK Nasceu em Cerro Largo-RS, em 10 de junho de 1970. Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Estadual Parobé, de Porto Alegre-RS, em 2017. Atua na manutenção de linhas de transmissão energizadas desde o ano 1995, e atua na manutenção de linhas de transmissão e subestações energizadas ao potencial desde o ano 2000. Atuando desde 2008 como instrutor junto ao setor de engenharia de manutenção, desde 2012 como Coordenador do Comitê de Instalações Energizadas na CEEE-T

(2) **EDUARDO DALTOÉ DE FREITAS** Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) em 2015. Mestre em Engenharia Mecânica com ênfase em Energia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 2019. Possui experiência na área de O&M do SEP desde 2001, atuando nos setores de manutenção CEEE-T. Desde 2008 atua na coordenação de equipes, estando atualmente como gestor do Centro Regional de O&M da Região Metropolitana do RS.