

## **ANÁLISE NUMÉRICA DOS ESFORÇOS PARA UM TRIPÉ DE RESGATE EM LOCAL CONFINADO.**

Álvaro Barbosa da Rocha (1); Brenner Dorneles Medeiros de Moraes (2); André Ribeiro de Oliveira (3);

(1) *Universidade Federal de Campina Grande*, alvarobarbosa2@hotmail.com

(2) *Universidade Federal de Campina Grande*, brenner.dorneles@gmail.com

(3) *Universidade Federal de Campina Grande*, andre.ribeiro1301@gmail.com

### **Introdução**

Com o desenvolvimento da tecnologia e a necessidade de explorar os locais mais inóspitos do nosso planeta, seja pela busca por materiais ou por esporte, leva o homem a locais de extrema dificuldade de acesso e mobilidade. A busca por tais locais, em muitas vezes, acaba por colocar a vida dos exploradores em perigo, sendo preciso resgatá-los de meios extremamente nocivos ou de alta complexidade de resgate.

O termo espaço confinado é definido, segundo a NR-33, como qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio. Segundo a norma de Resgate em Local Confinado do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro (2009) e a NR-6 é obrigatório o uso de equipamento de proteção individual, tripé para resgate e kits de primeiros socorros. O tripé de resgate é uma plataforma portátil utilizada no resgate de vítimas em locais de difícil acesso, apresentando diferentes configurações dependendo da necessidade, sendo estes portáteis e de alta mobilidade, podendo ser transportado e usado em basicamente todos os tipos de terrenos, que apresentar-se como portador de três pernas telescópicas e sistema de tração de cabos para transporte vertical de material, socorrista e vítima.

Neste trabalho serão analisados o comportamento mecânico de um tripé padrão, determinado por meio de análise de mercado, em relação a deformação sofrida por cargas dinâmicas durante o seu uso, assim como as tensões envolvidas neste.

### **Metodologia**

A metodologia empregada no desenvolvimento do presente trabalho baseou-se na metodologia sugerida por Marimbondo (2000), fazendo uso de 3 fases, Projeto informacional, conceitual e preliminar, a qual é apresentada como:

- Definição do problema ou Projeto informacional: Consiste na interpretação e limitação clara e objetiva dos requisitos disponíveis, reunindo o máximo possível de informações necessárias ao problema por meio de levantamento realizado em revistas e livros especializados, focando em aspectos funcionais e de projeto. Foi realizada uma pesquisa buscando informações referentes aos requisitos do projeto do dispositivo a ser desenvolvido;
- Projeto Conceitual: buscam-se por apresentar na forma de croquis, diagramas,

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

**www.conapesc.com.br**

protótipos funcionais, desenhos esquemáticos a visualização da (s) ideia (s) que melhor atendem à demanda de projeto;

- Projeto preliminar: Estabelece e configura os desenhos do produto, estabelecendo materiais, dimensões, controle de defeitos, falhas, custos, estabelecimento da lista de peças preliminares e documentos de fabricação;

A partir do uso desta metodologia foi utilizado o projeto informacional para gerar o levantamento de um número significativo de aparelhos disponíveis, permitindo identificar um aparelho que consiga representar o conjunto de aparelhos analisados, gerando assim, através do projeto conceitual, um esboço de sua geometria em ambiente CAD e, por fim, analisar seu comportamento com base em uma análise do comportamento de estresse e deslocamento causado pela aplicação de um conjunto de forças em todos os subsistemas que compõe o equipamento, sendo dada ênfase no comportamento das pernas telescópicas. As pernas telescópicas do tripé de resgate em local confinado foram modeladas como corpos delgados que, ao serem submetida a uma força de compressão longitudinal, acabam sofrendo um encurvamento, denominada como flambagem, acarretando possibilidade de distorções estruturais por flexão de Euler. Subsistemas como pinos, cabeçote e sapatas tiveram sua análise gerada com base nos diagramas de estresse gerados, sendo dimensionados para que a máxima tensão permaneça abaixo da tensão de escoamento do material com base nas normas referentes aos fatores de segurança.

### **Resultados e Discussões**

Os resultados obtidos por meio do emprego da metodologia empregada permitiram a identificação de 45 modelos de tripés usados em resgate confinado, assim como 15 patentes empregadas nestas.

Os resultados obtidos com a análise do equipamento foi comparado com os valores especificados por normas de segurança internacionais, como as normas NFPA 1983-2012 (Standard on Life Safety Rope and Equipment for Emergency Services) e a ANSI/ASSE Z117.1 (American National Standard Safety Requirements for Confined Spaces) e OSHA (Permit-Required Confined Spaces) permitindo assim analisar o comportamento dinâmico do sistema.

A análise por elementos finitos permite não apenas comparar os valores obtidos com os valores estabelecidos por norma, mas fornecer uma visão mais completa do fenômeno do carregamento sobre a estrutura. Para tanto foi desenvolvida, em plataforma CAD, a geometria das pernas telescópicas interna e externa do tripé de resgate confinado submetendo-as a cargas de 28 kN, 20,5 kN e 15 kN. Cada carga aplicada situa-se em uma condição de altura diferente do tripé de resgate. Quando este situa-se em sua menor altura tende a suportar maiores cargas, sendo que a medida que as cargas diminuem a altura do tripé aumenta sensivelmente. Para isso foram simulados sob três condições distintas, sendo elas:

- 28,00 kN – Carga máxima de ruptura para altura de 2050 mm;
- 20,50 kN – Carga mediana de operação para altura de 2550 mm;

- 15,00 kN – Carga máxima de operação para altura máxima de 3050 mm;

Para estas condições foi possível observar que ocorreu uma deformação de 4,9mm, 4,7mm e 4,1mm para 28 kN, 20,5 kN e 15 kN, respectivamente. A magnitude dos esforços em Mpa, para as condições de carga anteriormente citadas, foi de 1,68MPa, 1,57MPa e 1,52Mpa, respectivamente. O carregamento ainda provocou a geração de momentos fletores e nos pinos com diâmetros de 10mm na ordem de 60kN.m para cargas de 28kN devido a combinação de esforços da carga aliados a geração de momento.

Ao se comparar com os valores expressos em norma e tem-se que os valores recomendados de tensão recomendados são de, no máximo, 2,1Mpa. Para o deslocamento temos que o deslocamento máximo gerado pelo carregamento é de 5,3mm, 5,1mm e 4,2mm.

### Conclusões

O desenvolvimento do trabalho deu-se por meio de análises via métodos computacionais por elementos finitos visando obter resultados prévios, que permitem entender o comportamento do sistema ao longo de seu uso em resgates. Em seguida, foram realizadas uma comparação com os valores mostrados em normas. As análises apresentaram erros de aproximadamente 7,2%. Este erro pode estar associado a erros acumulados ao longo do processo de simplificação ou pela aplicação de condição da variação da carga usada ou fixação fixada dos parafusos

### Referências

- BEER, F. P.; JOHNSTON E. R. **Resistência dos Materiais**. 2. Ed. São Paulo: McGraw Hill, 1982.
- C.A. Felippa, **Introduction to Finite Element Methods**, Notas de Aula da disciplina “Introduction to Finite Elements Methods (ASEN 5007), Aerospace Engineering Sciences Department, University of Colorado at Boulder”, <http://caswww.colorado.edu/courses.d/IFEM.d/Home.html>, 2001.
- R.C. Hibbeler, **Structural Analysis**, Quarta Edição, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1998.
- R.C. Hibbeler, **Mecânica – Estática**, Oitava Edição, Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1999.
- R.C. Hibbeler, **Resistência dos Materiais**, Terceira Edição, Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 2000.
- H.L. Soriano, **Método de Elementos Finitos em Análise de Estruturas**, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- S.P. Timoshenko, **History of Strength of Materials**, Dover Publications, New York, 1983.
- S.P. Timoshenko e J.E. Gere, **Mecânica dos Sólidos**, Vols. 1, Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1994.
- POPOV, E. **Introdução à Mecânica dos Sólidos**. São Paulo: Blucher, 1978.
- RESGATE EM LOCAL CONFINADO**, INBEP <http://blog.inbep.com.br/riscos-trabalhoespaco-confinado/> .

CHAITANYA, G., SREENIVASULU, R. **Design ptimization Of Tripod Truss: Slp** Approach. Independent jornal of management & productions. Março de 2015.

MARIBONDO, J. F.. **Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares**. 2000. 301 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

BRASIL. Ministério da Previdencia Social. **Saúde e segurança ocupacional**. Disponível em: <<http://www.previdenciasocial.gov.br/conteudoDinamico.php?id=39>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras**. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br>>. Acesso em: 22 mar. 2018.