

12º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 29 de novembro de 2018

## DESENVOLVIMENTO DE PONTO DE ANCORAGEM PARA TRABALHO EM ALTURA PARA ATIVIDADES DE ACESSO À CARROCERIA DE VEÍCULOS DE TRANSPORTE

Marcelo Costa Gama<sup>1</sup>; Jovelino Balduino Filho<sup>2</sup>;

<sup>1,2</sup>Universidade de Uberaba

[marceloengmec@outlook.com](mailto:marceloengmec@outlook.com); [jovelinoengenharia@hotmail.com](mailto:jovelinoengenharia@hotmail.com)

### Resumo

Atualmente é perceptível a atuação da cadeia que envolve a segurança e saúde no trabalho por muitas instituições, porém ainda existem índices alarmantes sobre acidentes e mortes no ambiente laboral. Visando contribuir para a redução destes números no contexto do trabalho em altura, as normas NBR 16489, NBR 16325-1 e NR35 apresentam diversas informações relacionadas à seleção de equipamentos, classificação de equipamentos e procedimentos corretos para execução de trabalhos em altura. O presente estudo qualitativo visa desenvolver e analisar estruturalmente o ponto de ancoragem para trabalhadores que possuem atividade laboral sob a carroceria de veículos de transportes especificamente o modal rodoviário terrestre, por se tratar do modelo de maior aplicação no quesito transporte, atualmente no Brasil. Baseado em conceitos adquiridos nas disciplinas de resistência de materiais, estrutura metálica, propriedade dos materiais do curso de Engenharia mecânica, além de diretrizes analíticas descritos pelas normativas supracitadas envolvidas no âmbito da Engenharia de segurança do trabalho será elaborada a análise estrutural estática do equipamento e não a análise dinâmica, cabendo esta última ser aplicada em segundo momento. A referida análise estrutural será auxiliada por software de projetos Autodesk Inventor e apresentará ao fim, a conclusão de sua aptidão para uso como ponto de ancoragem.

**Palavras-chave:** NR35. Segurança do trabalho. Análise estrutural. Autodesk Inventor.

### 1 Introdução

É inegável a contribuição positiva, no tocante a prevenção de acidentes, apresentada pela portaria do Ministério do Trabalho nº 3.214 de 1978 quando foram aprovadas normas regulamentadoras que regem toda a cadeia envolta pela área de segurança e saúde no trabalho. Atualmente constam ativos 36 regulamentos que norteiam ações conjuntas de engenheiros, técnicos, médicos e enfermeiros de segurança e saúde no trabalho (BRASIL, 2018).

Dentre os regulamentos impostos por órgãos da esfera federal através da portaria supracitada, será destacado por este estudo a NR35 publicada em 22 de março de 2012, que estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução de tais serviços (BRASIL, 2012).

O presente estudo, visando a segurança no trabalho em altura durante a execução de serviços de acesso em carrocerias de veículos no âmbito do transporte terrestre rodoviário, propõe o desenvolvimento de ponto de ancoragem e aplicação do método de análise estática em termos de resistência mecânica dos materiais empregados conforme normativas vigentes.

Baseado pela ideia do projeto a ser desenvolvido referente à segurança em

## 12º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 29 de novembro de 2018

altura dos trabalhadores que acessam a carroceria de veículos de transporte, o destaque será para o segmento de transporte terrestre rodoviário, visto que, além de se enquadrar fisicamente na aplicação do projeto, este é o modal responsável por 61% da matriz de transporte de cargas no Brasil, conforme apresentado pela CNT.

A diretriz do item nº 35.5.3.1 da NR35 estipula que o sistema de proteção contra quedas deve ser projetado por profissional legalmente habilitado e conforme também explicitado pelo manual de interpretação da normativa em questão, trata-se do profissional que possua qualificações e atribuições necessárias conforme a demanda de conhecimentos do projeto.

Respeitando a premissa do item citado e possuindo as atribuições necessárias ao desenvolvimento do projeto adquiridos durante a formação em Engenharia Mecânica, apresento como objetivo geral criar, testar e analisar a resistência mecânica estática do equipamento levando em consideração critérios destacados na metodologia.

### 2 Materiais e Métodos

O teste da estrutura, conforme critérios recomendados por diretrizes das normativas vigentes será auxiliado por software de análise estrutural (Autodesk Inventor) e deve resultar na análise estrutural referente a resistência mecânica da estrutura considerando-a apta para uso como ponto de ancoragem para sistemas de proteção contra quedas. A referida análise considerará toda a base referencial multidisciplinar relacionada a mecânica estática e normativas vigentes.

Conforme verificado pela figura 01 a seguir em que é retratado a forma real do procedimento atual adotado comumente pelos motoristas de caminhões e trabalhadores de carga e descarga de materiais para acesso ou saída da

carroceria, ao término do processo de acesso à carroceria do veículo de transporte rodoviário terrestre, o trabalhador se encontra exposto ao risco de queda acima de 02 metros de altura e, portanto, baseado pela NR35 em seu item nº 31.1.2 é considerado trabalho em altura, devendo assim ser aplicado medidas de proteção contra queda.

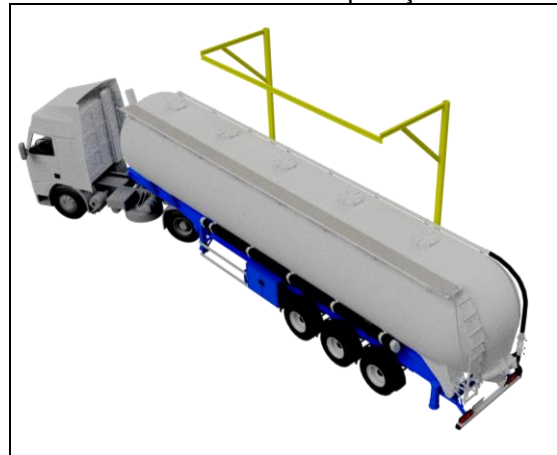
FIGURA 01 - Acesso completo à carroceria.



FONTE - Autor (2018)

A figura 02 ilustra o projeto proposto a ser desenvolvido juntamente com a apresentação virtual do sistema em aplicação.

FIGURA 02 - Estrutura em aplicação.



FONTE - Autor (2018)

Para a base de estudo, referenciada nos conhecimentos adquiridos pela Engenharia Mecânica e aplicados no teste e análise do referido projeto de ponto de ancoragem, serão considerados conceitos

## 12º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 29 de novembro de 2018

obtidos nas disciplinas relacionadas à mecânica estática, resistência de materiais e propriedade dos materiais.

Segundo Hibbeler (2010), o engenheiro responsável por qualquer projeto deve limitar a tensão real aplicada ao material a um nível seguro. Esta imposição, conforme Hibbeler (2010) vincula ao projeto o emprego da tensão admissível para garantir a segurança do projeto. Ao aplicar este fator, a carga real utilizada deverá ser menor em relação a carga máxima que o corpo pode suportar.

O modo de cálculo da tensão admissível, conforme Hibbeler (2010) se consiste na aplicação da relação apresentada pela equação 01.

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{rup}}{FS} \quad (01)$$

Onde:  $\sigma_{adm}$  é a tensão admissível do material,  $\sigma_{rup}$  é conhecida como a tensão de ruptura do material e FS denomina-se fator de segurança.

O projeto estudado por este instrumento utilizará fator de segurança 2 conforme indicado pelo item nº 16.2.1 da NBR16489. (ABNT, 2017)

O critério estabelecido pela NBR16489 para o uso do fator de segurança garantirá que a tensão admissível projetada para o material aplicado permaneça dentro da faixa destacada como comportamento plástico sem que haja o risco de ruptura do mesmo. (ABNT, 2017).

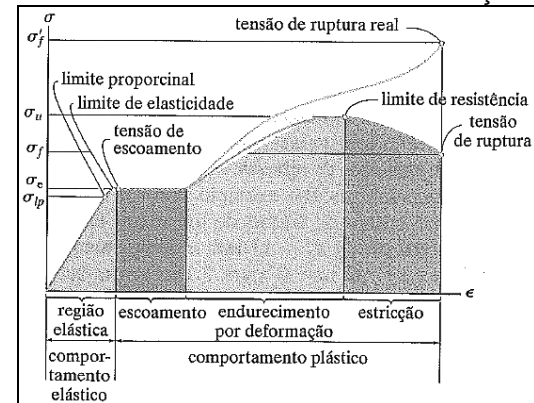
Para garantir que o material aplicado se mantenha dentro dos limites de escoamento e endurecimento por deformação na faixa do comportamento plástico conforme o gráfico tensão x deformação, será utilizado por este estudo o limite de resistência à tração e não a tensão de ruptura para estabelecer tensão admissível.

Desta maneira, o presente estudo aplicará a equação 02 para determinar a tensão admissível.

$$\sigma_{adm} = \frac{\text{Limite de resistencia á tração}}{FS} \quad (02)$$

A figura 03 a seguir, permite, conforme Hibbeler (2010), a compreensão das fases comportamentais do aço (eixo horizontal) à medida que a tensão seja aplicada (eixo vertical), dado que este material é largamente utilizado em projetos de elementos mecânicos estruturais.

FIGURA 03 – Gráfico tensão x deformação



FONTE - Hibbeler (2010)

O método a ser aplicado para verificar a resistência do ponto de ancoragem desenvolvido será embasado pelo item 4.4.3.1 da NBR 16325-1 pelo qual é indicada a magnitude e direção da força em termos de ensaios estáticos.

Ainda conforme o item acima, a carga estática aplicada deve possuir a mesma direção e sentido em que o serviço será realizado, portanto, verticalmente com sentido para baixo e o módulo da mesma deverá ter 12kN. Como resultado, a normativa ainda estipula que, o ponto de ancoragem poderá deformar, porém não romper no que tange a resistência mecânica do material aplicado.

Baseado no item nº 5.2.4 da NBR 16325-1, a carga estática deverá ser aplicada em pontos desfavoráveis da

## 12º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 29 de novembro de 2018

estrutura para sustentação da mesma e, como indicação, o instrumento destaca o ponto no centro do vão mais longo da estrutura.

Valores referenciais serão estabelecidos como forma de auxiliar na análise estrutural do teste aplicado. Portanto, será apresentado, conforme Tabela 01, as informações técnicas relacionadas ao material aplicado em todos os componentes estruturais do sistema de ponto de ancoragem.

TABELA 1 - Dados técnicos do material.

		Ponto de ancoragem.
1	Material	Aço Carbono
3	Resistencia á escoamento	350 MPa
4	Limite de Resistencia á tração	420 MPa
5	Fator de Segurança	2
6	Tensão Admissível	$\frac{420\text{Mpa}}{2} = 210\text{MPa}$

FONTE - Autodesk Inventor (2018).

Após a aplicação da carga definida em 12kN no centro do vão mais longo, será gerado tensões internas no material aplicado ao longo de toda a estrutura, o valor de tais tensões não poderá ultrapassar a magnitude calculada para a tensão admissível, garantindo assim o comportamento plástico da estrutura e portanto, respeitando o item nº 4.4.3.1 da NBR1632-1.

O resultado considerará a análise das tensões geradas em todos os eixos ortogonais x, y, z, e apontará a máxima e a mínima tensão observada pelo corpo estrutural do projeto proposto.

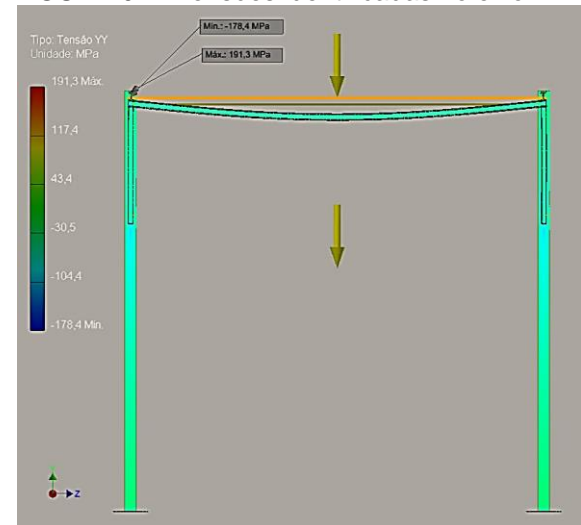
### 3 Resultados

As figuras apresentadas a seguir, retratam a aplicação do teste assistido pelo software de análise estrutural

(Autodesk Inventor), apresentando em paralelo, as tensões máximas e mínimas verificadas ao longo da estrutura nos três eixos ortogonais.

A figura 04 representa o eixo ortogonal Y e apresenta as tensões geradas após a aplicação da força, sendo a máxima tensão possuindo 191,3MPa e a mínima -178,4MPa.

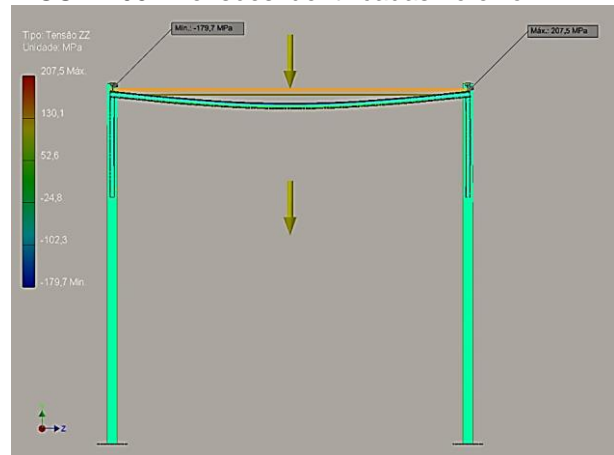
FIGURA 04 - Tensões identificadas no eixo Y



FONTE - Autodesk Inventor (2018)

A figura 05 representa o eixo ortogonal Z e apresenta as tensões geradas após a aplicação da força, sendo a máxima tensão possuindo 207,5MPa e a mínima -179,7MPa.

FIGURA 05 - Tensões identificadas no eixo Z

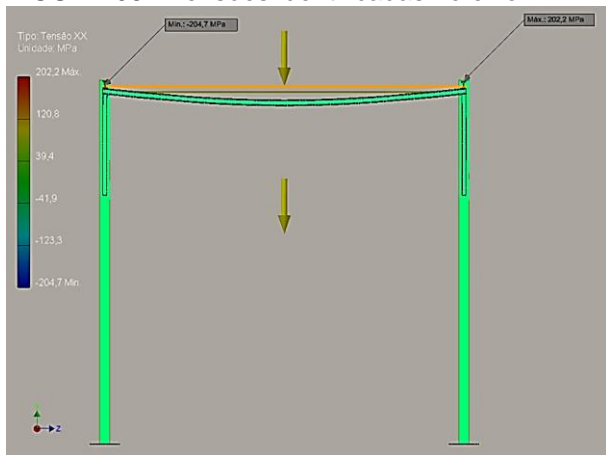


FONTE - Autodesk Inventor (2018)

## 12º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 29 de novembro de 2018

A figura 06 representa o eixo ortogonal X e apresenta as tensões geradas após a aplicação da força, sendo a máxima tensão possuindo 202,2MPa e a mínima -204,7MPa.

FIGURA 06 - Tensões identificadas no eixo X



FONTE - Autodesk Inventor (2018)

### 4 Discussão

Percebeu-se após a aplicação da metodologia para análise estrutural do ponto de ancoragem proposto que o mesmo se encontra apto para utilização para tal como foi planejado, porém é importante ressaltar que em sua aplicação deve ser considerado elementos igualmente exigidos pelas normas supracitadas ao longo do estudo, por exemplo, indicações da NBR 16325-1 nos itens nº 4.4.3.2, 4.4.3.3 e 5.3.5 e também o atendimento ao item nº 35.5.11 da NR35. Tais referências discutem a análise dinâmica de estruturas propostas como ponto de ancoragem além de estabelecer a como se desenvolverá a análise de risco para trabalho em altura conforme demanda no ambiente laboral.

### 5 Conclusão

Após o teste de aplicação da força, conforme determinado pela metodologia, verificou-se as tensões resultantes máximas e mínimas em todos os pontos da estrutura, e, portanto, é possível realizar a análise estrutural para

determinar a resistência da estrutura e determinar sua aptidão para uso como ponto de ancoragem.

De posse dos resultados representados pelo teste, podemos concluir que, depois de submetido à força de 12kN, o equipamento proposto apresentou, conforme design estrutural e material aplicado, resistência mecânica compatível com a premissa de não apresentar tensões resultantes maiores que a tensão admissível calculada e, portanto, é considerada apta para ser classificada como ponto de ancoragem em um sistema de proteção individual contra queda (SPIQ).

### Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16325-1: Proteção contra quedas de altura**. Rio de Janeiro: Abnt, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 16489: Sistemas e equipamentos de proteção individual para trabalhos em altura**. Rio de Janeiro: Abnt, 2017.

BRASIL. Confederação Nacional dos Transportes. **Transporte rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**. 1. ed. Brasília: CNT, 2017. 67 p.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho. **Quedas com diferença de nível são a segunda principal causa de acidentes fatais no trabalho**. Brasília, abr. 2018. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/noticias/5782-queda-com-diferenca-de-nivel-sao-a-segunda-principal-cao-de-acidentes-fatais-no-trabalho>>. Acesso em: 04 jul. 2018.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho. **Normas regulamentadoras completam 40 anos**. Brasília, jun. 2018. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/noticias/6043->

## 12º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 29 de novembro de 2018

normas-regulamentadoras-completam-40-  
anos>. Acesso em: 18 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério Público do Trabalho.  
Procuradoria Geral. **Brasil é quarto lugar  
no ranking mundial de acidentes de  
trabalho**. Brasília, abr. 2018. Disponível  
em:

<[http://portal.mpt.mp.br/wps/portal/portal\\_mpt/mpt/sala-imprensa/mpt-noticias/7441f527-ad53-4a0a-901f-66e40f1a1cae](http://portal.mpt.mp.br/wps/portal/portal_mpt/mpt/sala-imprensa/mpt-noticias/7441f527-ad53-4a0a-901f-66e40f1a1cae)>. Acesso em: 04 jul. 2018.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho. **Quase  
20mil empresas são autuadas por  
falhas na prevenção a acidentes em  
2017**. Brasília, mai. 2018. Disponível em:  
<<http://trabalho.gov.br/noticias/5889-quase-20-mil-empresas-autuadas-por-irregularidades-na-prevencao-a-acidentes-do-trabalho-em-2017>>. Acesso em: 16  
set. 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. **Manual  
de auxílio na interpretação e aplicação  
da norma regulamentadora n.º 35 -  
trabalhos em altura: nr-35 comentada**.  
1. Ed. Brasília: MTE, 2012. 24 p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. **Manual  
de auxílio na interpretação e aplicação  
da norma regulamentadora n.º 35 -  
trabalho em altura - incluindo anexos i  
e ii e alteração do item 35.5: nr-35  
comentada**. 2. Ed. Brasília: MTE, 2018.  
90 p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. **Nr 35 -  
trabalho em altura**. Brasília: Ministério do  
Trabalho e Emprego, 2012. 12 p.  
Disponível em:  
<<http://trabalho.gov.br/images/Documento/s/SST/NR/NR35.pdf>>. Acesso em: 04 jul.  
2018.

CHAGAS, Ana Maria de Resende; SALIM,  
Celso Amorim; SERVO, Luciana Mendes

Santos (Org.). **Saúde e Segurança no  
trabalho no Brasil: Aspectos  
institucionais, Sistemas de informação e  
Indicadores**. 2. Ed. São Paulo: [s.n.],  
2012. 396 p.

HIBBELER, Russel Charles. **Resistência  
dos materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson  
Prentice Hall, 2010. 637 p.

BONGIOVANI JUNIOR, Ivan. Trabalho  
em altura e acesso por cordas: Triste  
realidade e possíveis soluções para  
mudança do quadro e preservação da  
vida. **Revista Cipa**, São Paulo, n. 462, p.  
54-58, mar. 2018.

KRAIGE, L. Glenn. **Mecânica para  
engenharia estática**. 6. ed. Rio de  
Janeiro: LTC, 2011. 364 p.

MARTINGO, Neide. Conscientização e  
alerta: Campanha busca chamar a  
atenção da sociedade e promover  
mobilização para redução dos acidentes  
de trabalho. **Revista Cipa**, São Paulo, n.  
451, p. 34-40, mar. 2017.

REVISTA CIPA. São Paulo: Casa Nova,  
2018. Mensal. ISSN 85361038  
SPINELLI, Luiz Eduardo. Segurança nas  
alturas. **Revista Cipa**, São Paulo, n. 468,  
p. 60-62, set. 2018.

SPINELLI, Luiz Eduardo. **Os cem quilos:  
segurança do trabalho - trabalhos em  
altura. Sistemas de retenção de quedas**.  
1. Ed. São Paulo: [s.n.], 2016. 84 p.

TAVARES, Cláudia Régia  
Gomes. **Proposição de uma sistemática  
de análise e avaliação das práticas de  
segurança ao trabalho em altura na  
construção de edifícios**. 2014. 362 p.  
Tese (Doutorado em Engenharia Civil).  
Universidade Federal do Rio Grande do  
Sul, Porto Alegre, 2014