

# ESTUDO DE UM PÓRTICO ROLANTE PARA ELEVAÇÃO DE CARGAS POR ELEMENTOS FINITOS, DE ACORDO COM OS CRITÉRIOS DA NBR 8400: 2019

Reapresentação do Congresso Online De Engenharia Estrutural., 1<sup>a</sup> edição, de 12/08/2020 a 28/08/2021  
ISBN dos Anais: 978-65-86861-36-5

LOPES; Lucas Azeredo da Silva<sup>1</sup>, AZEVEDO; Davi Alvarenga<sup>2</sup>, GALLO; Daniel Passos<sup>3</sup>, CERQUEIRA; Niander Aguiar<sup>4</sup>, SOUZA; Victor Barbosa<sup>5</sup>

## RESUMO

Em meio ao crescimento da indústria ao longo do tempo, as empresas precisaram se adaptar para maximizar a produção e, com isso, houve necessidade de mudanças na forma de transportar materiais, como pontes rolantes e pórticos. O estudo possui a finalidade de fazer uma análise estrutural de um pórtico para elevação de cargas, por método de elementos finitos, para validação e confiabilidade do equipamento, atendendo os critérios da norma NBR 8400 2019. Essa análise foi sugerida por uma empresa do ramo petrolífero, com intuito de confirmar a utilização do pórtico para a carga de trabalho sugerida. O pórtico analisado possui altura de elevação e vão, ambos de 4 metros, com capacidade de elevação de cargas de até 3 toneladas. Para a análise, foi utilizado o método de estudo das tensões e deformações na viga principal e pernas. Com isso é possível realizar, através do programa *solidsworks*, as simulações necessárias para verificar se o equipamento será capaz de suportar a carga aplicada. Com os resultados obtidos através das simulações e os parâmetros informados pela empresa, é possível validar ou não o uso do pórtico para elevação de cargas.

1.

**INTRODUÇÃO** Devido ao crescimento industrial e necessidade no transporte de cargas, mudanças foram necessárias nas regras para as movimentações de cargas e os equipamentos, sendo a NBR 8400 (ABNT, 1984) – Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. Norma que abrange informações de dimensionamentos dos equipamentos para movimentação de cargas. (LORENZI, 2018). De acordo com Passos (2011), as movimentações de cargas e suas operações são compreendidas em elevações e transportes de cargas que podem ser realizadas por pessoas de forma manual ou operando equipamentos, o uso de equipamentos para o auxílio das elevações e movimentações de cargas multiplicam a força humana e a velocidade nas realizações das tarefas. O uso de pórticos é essencial para locais onde não há estrutura que possa suportar uma ponte rolante para elevação de cargas, trazendo diferentes possibilidades para a movimentação destes. Um pórtico bem dimensionado é capaz de sustentar enormes cargas com total segurança, como o caso do pórtico adquirido pelo Estaleiro de Rio Grande, considerado o maior já construído, este possuía capacidade de carga de 2000 toneladas com vão livre de 210 metros e 100 metros de altura. (GASPARETTO E PERREIRA, 2013) Este estudo abordará a análise por elementos finitos de um pórtico rolante para uma empresa do ramo de óleo e gás, localizada em São João da Barra - RJ, no Porto do Açu. O pórtico terá a finalidade de auxiliar na movimentação de carga para materiais que serão expedicionados e inspecionados, com isso será possível otimizar a atividade e garantir a melhor qualidade na entrega do produto.

2. **OBJETIVOS** O presente estudo foi realizado a fim de identificar e validar a estrutura necessária para a construção de um pórtico rolante para elevação de cargas. Com os resultados obtidos das simulações realizadas no software *solidworks*, é possível determinar as tensões de cargas, momento fletor, cortante máxima na viga principal e nas pernas, assim como as reações de apoio e, assim, determinar o tipo de material, dimensões do perfil da viga principal e das pernas do equipamento.

3. **METODOLOGIA** Os parâmetros empregados são baseados na necessidade da empresa de validar um projeto de pórtico que necessita de análise

<sup>1</sup> UNIREDENTOR, lucaslopesazeredo1@hotmail.com

<sup>2</sup> UNIREDENTOR, daviazvedo1991@gmail.com

<sup>3</sup> UNIREDENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br

<sup>4</sup> UNIREDENTOR, niander.cerqueira@redentor.edu.br

<sup>5</sup> UNIREDENTOR, prof.victorbsouza@gmail.com

para confirmar se o material já aplicado atende as cargas a serem içadas pelo equipamento. As configurações serão realizadas no material já contido no pórtico, sendo este, composto de uma viga principal de perfil W 206 x 22,5 com o aço ASTM A36. A figura 1 trata-se de um organograma das etapas aplicadas para melhor atender à exigência do cliente.

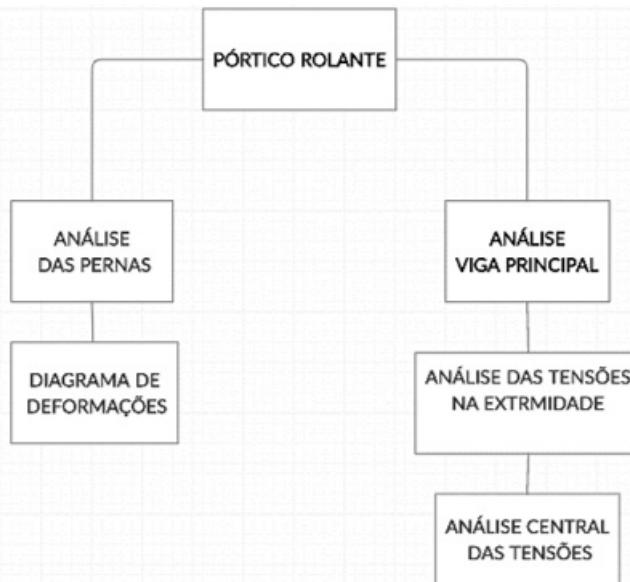


Figura 1: Organograma

das exigências das análises. As análises feitas estão divididas em tópicos para melhor interpretação dos parâmetros simulados, sendo estes, divididos em análise da viga principal e pernas, para atender as especificações pedidas de um modo a garantir a confiabilidade. **a) Análise viga principal** – A análise da viga principal foi realizada em duas etapas, sendo estas, análise das tensões nas extremidades e análise central das tensões, sendo estes subdivididos em: Análise das tensões, análise das forças de cisalhamento, análise do momento fletor e diagrama de deformação. **b) Análise das pernas** - Será apresentada a análise das tensões nos pilares, diagramas de deformação em função da carga exercida nas pernas, sendo aplicadas também as tensões das cargas no centro do pórtico, o momento aplicado e as tensões de cisalhamento. 1. 2. 3.

### 3.1. Informações gerais sobre o pórtico para elevação de cargas

De acordo com as características adquiridas no pórtico, analisando também o local de instalação, é visto que o mesmo apresenta as seguintes especificações: Tabela 01:

Características	do	pórtico
Temperatura de trabalho	~25°C	
Carga Nominal	3 ton	
Altura de Elevação (H)	4,0 m	
Vão	4,0 m	
Ciclagem média (N)	6 ciclos/h	
Aplicação	Inspeção de peças	Para a realização
Velocidade de elevação (VL)	0,25 m/s	
Velocidade de deslocamento VD	0,4 m/s	
Tempo de trabalho (T)	2 h/dia	
Gravidade	9,81 m/s <sup>2</sup>	

dos cálculos do pórtico rolante foram adotados os critérios da NBR 8400: 2019, que fala sobre equipamentos de elevação e movimentação de carga, onde a mesma

<sup>1</sup> UNIREDENTOR, lucaslopesazeredo1@hotmail.com

<sup>2</sup> UNIREDENTOR, daviazvedo1991@gmail.com

<sup>3</sup> UNIREDENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br

<sup>4</sup> UNIREDENTOR, niander.cerqueira@redentor.edu.br

<sup>5</sup> UNIREDENTOR, prof.victorbsouza@gmail.com

descreve as variáveis a serem levadas em consideração para a elaboração do projeto. Para validação da análise foi utilizado o programa *solidworks* para realização da simulação das cargas e tensões sofridas pelo pórtico e, com isso, validar o projeto.

### 3.2. Análise e simulação do pórtico para elevação de cargas

3.2.1. Análise e simulação do pórtico para elevação de cargas Para o dimensionamento da viga principal, consideram-se para os cálculos os resultados dos valores de tensão de flexão máxima e tensão de cortante máxima, e, também, foi verificado que para a viga W 206 x 22,5 com o aço ASTM A36 as tensões de flexão máxima e cortante máxima são menores que o valor do limite de escoamento com o fator de segurança de 1,5. A seguir estão descritos nas tabelas os valores utilizados para a realização dos cálculos para a viga principal e pernas. Tabela 02:

Características	do	Convertendo pro S.I	pórtico
	Valor		
Gravidade	9,81 m/s <sup>2</sup>	-	
Comprimento	4 m	-	
Peso Pontual da viga	90 Kg	882,9 N	
Carga Pontual	3140 Kg	30803,4 N	
Características	do	aço	ASTM
Limite de escoamento		250 Mpa	
Limite de resistência		400 Mpa	
Fator de segurança		1,4	Tabela 04:
Tensão admissível		178,57 Mpa	

Dados da viga principal, Perfil "I"	Bitola	8 Kg/m
	Peso	22,5 Kg
	Altura (d)	206 mm
	Alma (tw)	6,2 mm
	Mesa (bf)	102 mm
	Mesa (tf)	8 cm <sup>2</sup>
	Área (bf*tf)	29,00 cm <sup>4</sup>
	Inércia (X)	2029 cm <sup>4</sup>
	Inércia (Y)	142 cm <sup>4</sup>

Tabela 05: Dados da viga das pernas, perfil quadrado		
Altura	80	mm
Base	0,08	m
Área	0,0064	m <sup>2</sup>
Espessura	3,75	mm
Peso	9,22	Kg/m
Inércia	3,41x10 <sup>-6</sup>	m <sup>4</sup>

3.2.2.

<sup>1</sup> UNIREDENTOR, lucaslopesazeredo1@hotmail.com

<sup>2</sup> UNIREDENTOR, daviazvedo1991@gmail.com

<sup>3</sup> UNIREDENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br

<sup>4</sup> UNIREDENTOR, niander.cerqueira@redentor.edu.br

<sup>5</sup> UNIREDENTOR, prof.victorsouza@gmail.com

Carregamento das informações e simulações As informações das tabelas 02 a 05 foram inseridas no programa *solidworks* para realização das simulações para análise e, com isso, foram verificadas a deformação máxima, momento máximo, tensão máxima, reações de apoio, cortante e momento fletor.

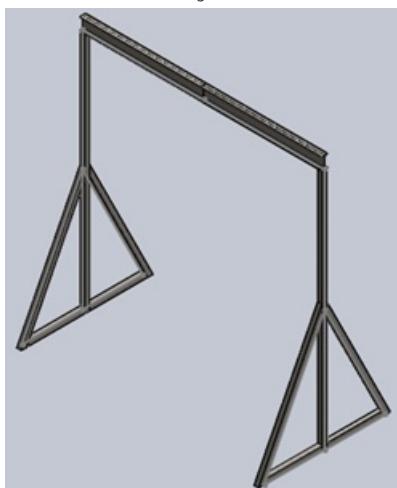


Figura 2: Modelo em 3D do pórtico elaborado no

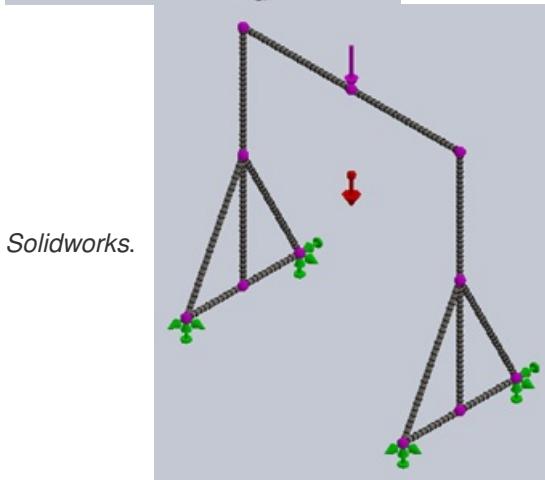


Figura 3: Modelo em malha de vigas

do pórtico elaborado no *Solidworks*. 4. RESULTADOS4.

## 4.1. Análise da viga principal

4.1.1. Análise das forças de cisalhamento. Para a realização das simulações das forças de cisalhamento sofridas pela viga principal, para o cálculo realizado, aplique-se a força na extremidade, onde é o local que sofre maior cisalhamento na estrutura e a força de cisalhamento máxima sofrida pelo equipamento é inferior à carga aplicada, sendo a carga aplicada de 30kN e força cisalhante máxima de 26,5kN.

<sup>1</sup> UNIRENTOR, lucaslopesazeredo1@hotmail.com  
<sup>2</sup> UNIRENTOR, daviazvedo1991@gmail.com  
<sup>3</sup> UNIRENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br  
<sup>4</sup> UNIRENTOR, niander.cerqueira@redentor.edu.br  
<sup>5</sup> UNIRENTOR, prof.victorsouza@gmail.com

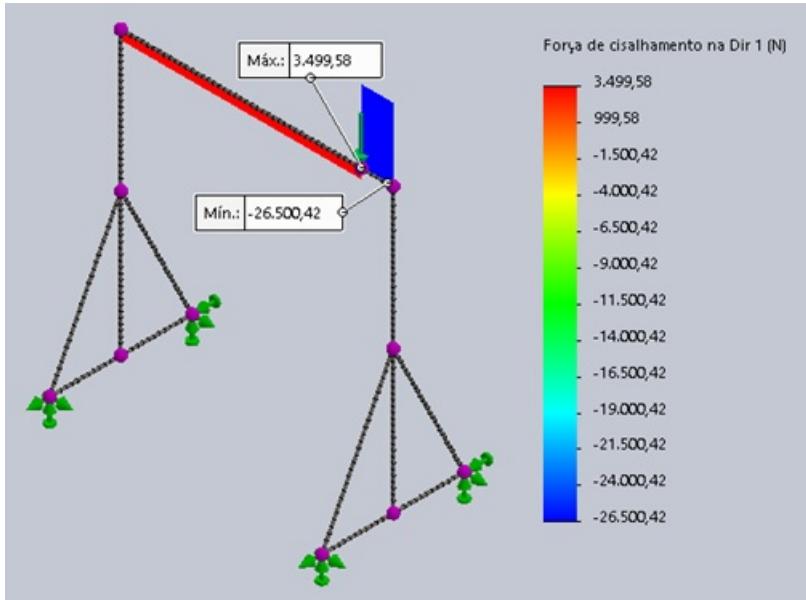


Figura 4:

Diagrama da força de cisalhamento do pórtico elaborado no *Solidworks*. 4.1.2. Análise do momento fletor. Com o resultado da simulação do momento fletor é possível verificar que a viga atende aos critérios de projeto, atestando que o equipamento suporta a carga aplicada, pois o momento máximo sofrido pela viga não ultrapassa a carga aplicada, sendo estes, momento máximo de 28,6 kN.m e

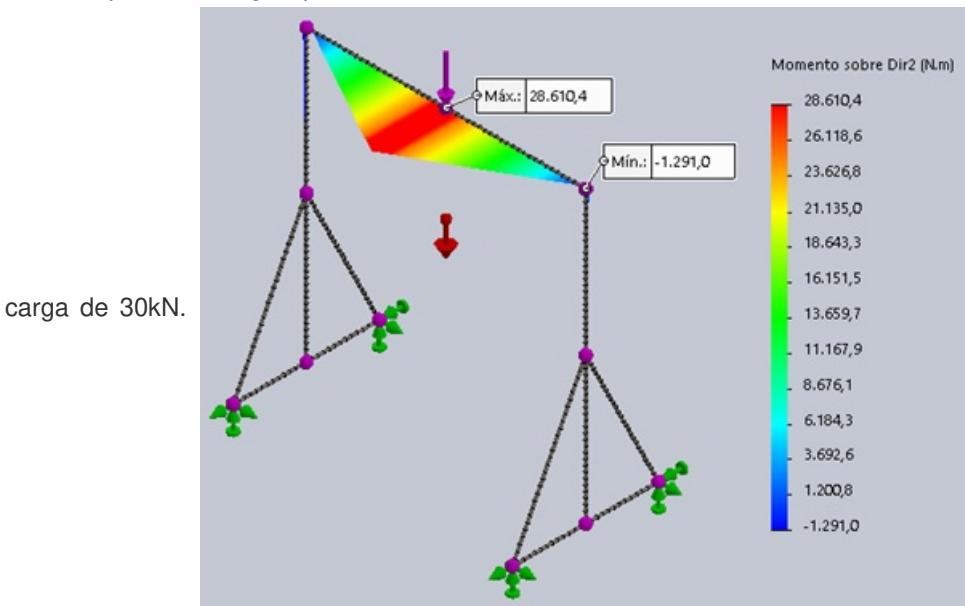


Figura 5: Diagrama de momento fletor do pórtico elaborado no *Solidworks*. 4.1.3. Análise das Tensões A primeira verificação está na análise do diagrama das tensões e com este resultado é possível verificar se a viga falhará ou resistirá aos efeitos da tensão aplicados sobre a mesma, conforme simulações mostradas nas figuras 4 e 5 abaixo é conclusivo que a viga principal resistirá às tensões sofridas, pois o valor da tensão está abaixo do limite de escoamento. Com o limite de escoamento de 250 MPa com o fator de segurança de 1,5 normatizado pela NBR 8400:2019, logo a tensão admissível será de aproximadamente 167 Mpa e o pórtico com a carga de 30 kN sofrerá tensão máxima de aproximadamente 121 Mpa, e, isso indica que o pórtico está sofrendo uma tensão aproximadamente de 38% abaixo da tensão admissível. Conforme análises mostradas nas figuras 6 e 7 abaixo.

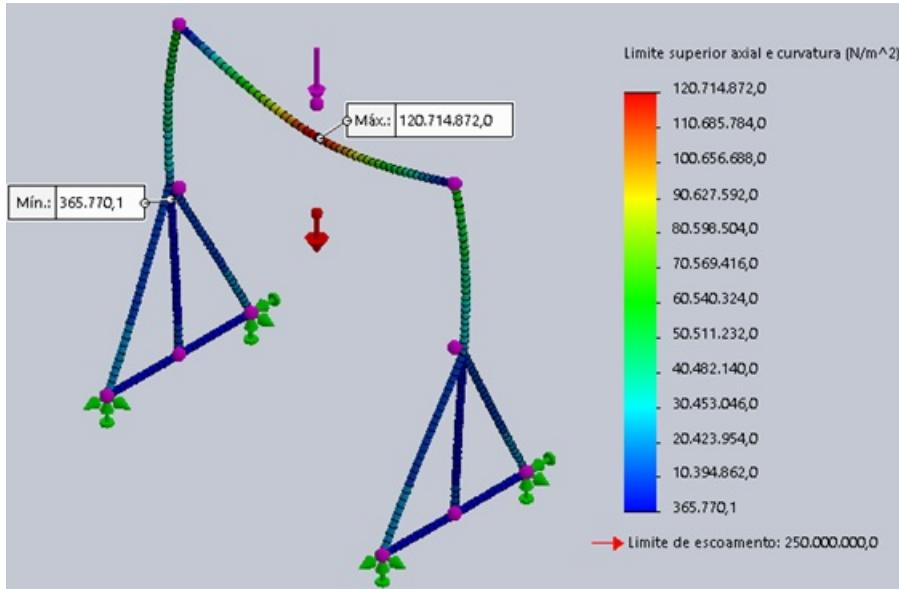
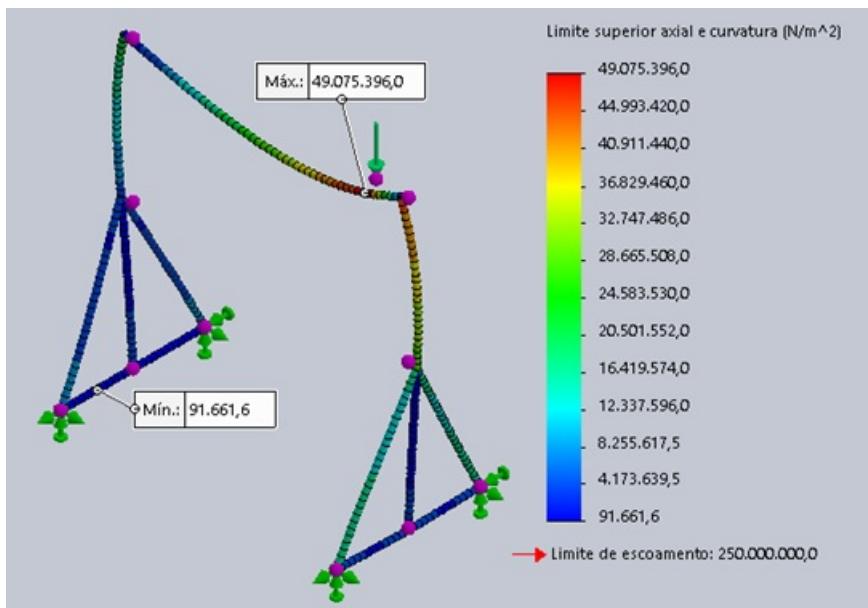
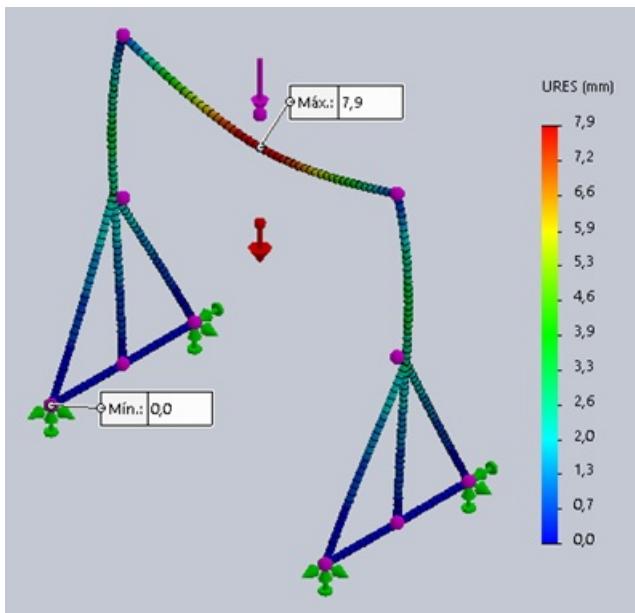


Figura 6: Diagrama de tensões da carga no centro do pórtico elaborado no *Solidworks*.



Figura

7: Diagrama de tensões da carga na extremidade do pórtico elaborado no *Solidworks*. 4.1.4. Análise da deformação É possível verificar através da simulação que a maior deformação sofrida pela viga principal é quando a carga está aplicada no centro, fazendo com que a mesma se desloque 7,9mm.

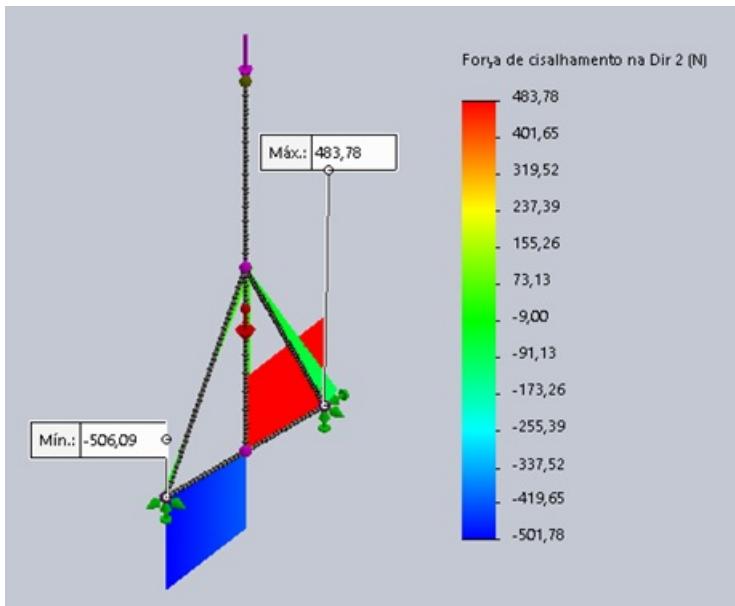


deformação do pórtico elaborado no *Solidworks*.

Figura 8: Diagrama de

## 4.2. Simulação e análise das pernas

4.2.1. Momento fletor e cisalhamento Durante a simulação é perceptível notar que a tensão de cisalhamento e o momento fletor são desprezíveis, pois o valor mostrado pela simulação é muito abaixo ao valor aplicado no equipamento. Sendo estes, a força de cisalhamento máxima de 483,74 N e momento máximo de 232,04 N.m, conforme mostrado nas figuras 9 e 10 abaixo.



da cisalhante das pernas elaborado no *Solidworks*.

Figura 9: Diagrama

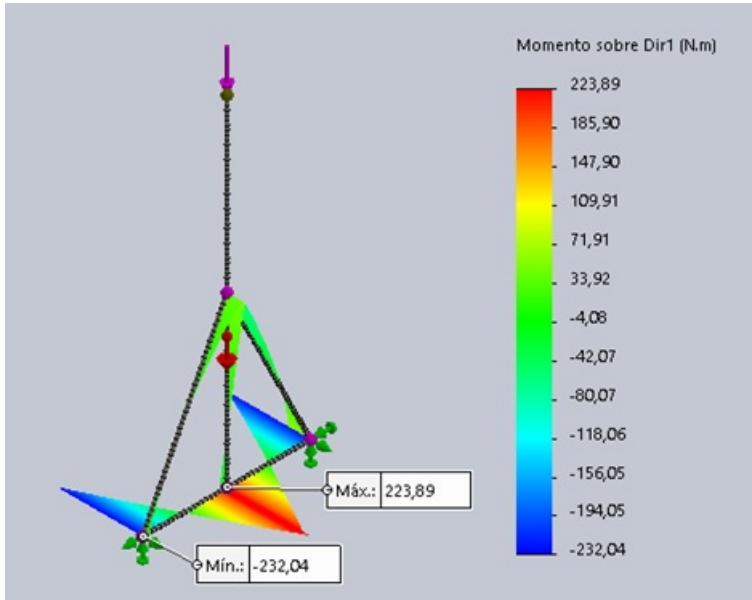


Figura 10:

Diagrama do momento fletor das pernas elaborado no *Solidworks*. 4.2.2. Análise das Tensões A primeira verificação está na análise do diagrama das tensões e com o resultado é possível entender se as pernas falharão ou resistirão aos efeitos da tensão aplicados sobre a mesma. Conforme simulação mostrada na figura 11 abaixo é conclusiva que as pernas resistirão às tensões sofridas, pois o valor da tensão está abaixo do limite de escoamento. Com o limite de escoamento de 250 MPa e com o fator de segurança de 1,5 baseado pela NBR 8400 2019, o resultado da tensão admissível será de aproximadamente 167MPa e as pernas do pórtico com carga de 30 kN sofrerão tensão máxima de aproximadamente 26 MPa, que é inferior

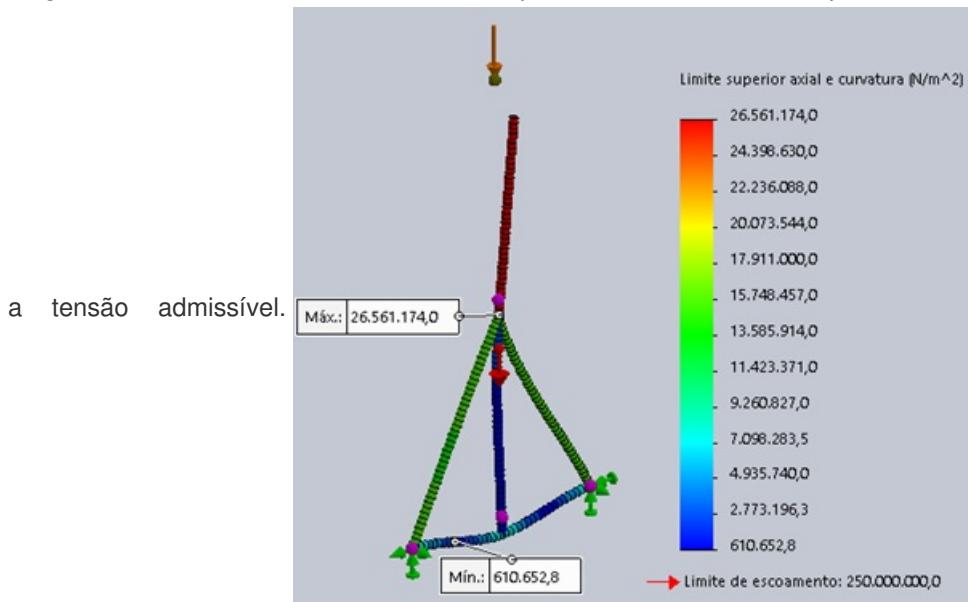


Figura 11: Diagrama de tensões da carga no centro do pórtico fletor no *Solidworks*. 4.2.3. Análise da deformação A simulação mostra que as pernas sofrerão uma deformação de 0,5 mm ao utilizar a carga máxima, podendo ser considerada desprezível, devido ao valor ser praticamente inexpressível.

<sup>1</sup> UNIREDENTOR, lucaslopesazeredo11@hotmail.com  
<sup>2</sup> UNIREDENTOR, daviazzevedo1991@gmail.com  
<sup>3</sup> UNIREDENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br  
<sup>4</sup> UNIREDENTOR, niander.cerrequeira@redentor.edu.br  
<sup>5</sup> UNIREDENTOR, prof.victorsouza@gmail.com

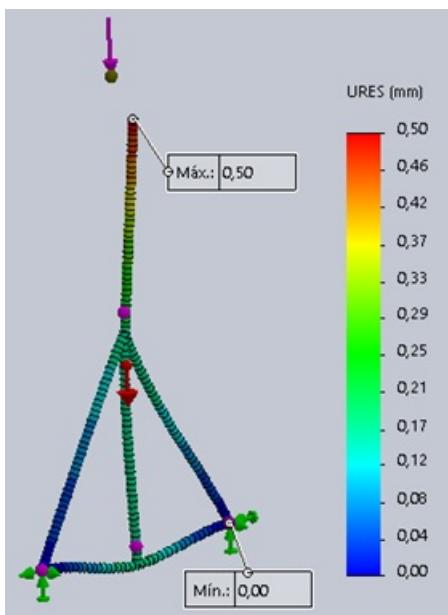


Figura 12: Diagrama de deformação das

pernas elaborado no *Solidworks*.

### 4.3. Reações de apoio

4.3.1. Reações de apoio quando carga aplicada sobre as pernas Foi simulado o pior cenário para o equipamento, com a carga total sobre somente uma das pernas, sendo  $F_x$  a força na direção x onde a mesma não é expressante,  $F_y$  a força na direção y com carga de 7,4 N,  $F_z$  a força na direção z com 15,5 kN e  $F_{Res}$  é a força resultante da  $F_x$  e  $F_y$  com carga de 17,2 kN,  $M_x$  o momento na direção x com carga de 286 N.m,  $M_y$  momento na direção y não é expressante,  $M_z$  momento na direção z não é expressante,  $M_{Res}$  é o momento resultante com carga de 286 N.m.

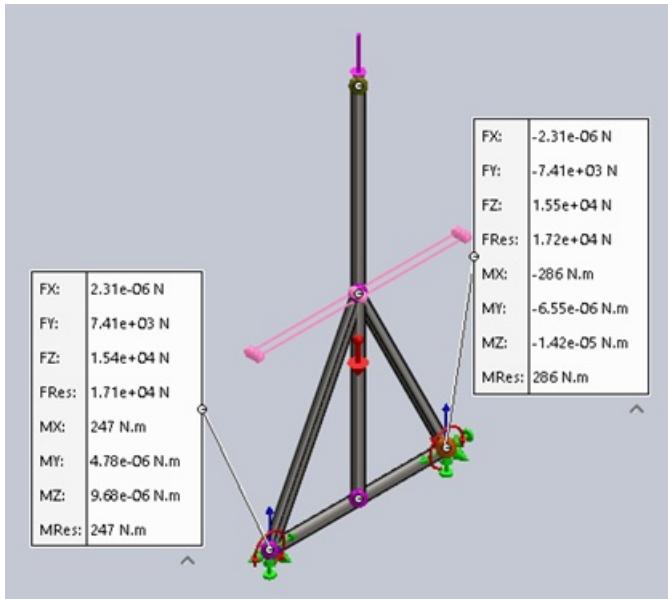


Figura 13: Diagrama das

reações de apoio, carga na extremidade, elaborado no *Solidworks*. 4.3.2. Reações de apoio quando carga aplicada no centro Pela utilização do programa *solidworks* para o cálculo das reações de apoio, é possível verificar que o mesmo suporta toda a carga, onde a mesma é distribuída nos quatro pontos de apoio, fazendo com que cada ponto suporte uma carga muito menor que a carga aplicada no centro da barra, sendo  $F_x$  a força na direção x com carga de 266 N,  $F_y$  a força na direção y com carga de 3,9 kN,  $F_z$  força na direção z com carga de 8,24 kN e  $F_{Res}$  que é a força resultante com carga de 9,1 kN.  $M_x$  o momento na direção x com carga de 153 N.m,  $M_y$  momento na direção y com carga de 438 N.m,  $M_z$  momento na direção z com carga de 157 N.m,  $M_{Res}$  é o momento resultante com carga de 489

<sup>1</sup> UNIREDENTOR, lucaslopesazeredo1@hotmail.com  
<sup>2</sup> UNIREDENTOR, daviazvedo1991@gmail.com  
<sup>3</sup> UNIREDENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br  
<sup>4</sup> UNIREDENTOR, niander.cerqueira@redentor.edu.br  
<sup>5</sup> UNIREDENTOR, prof.victorbsouza@gmail.com

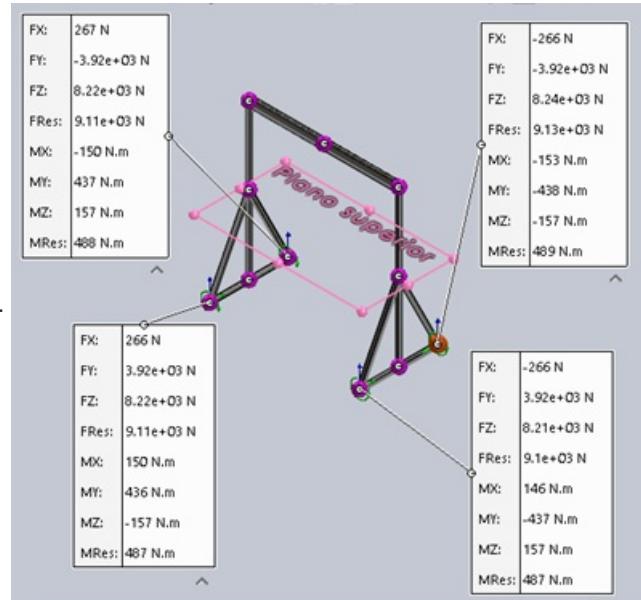


Figura 14: Diagrama

das reações de apoio, carga central, elaborado no *Solidworks*.

#### 4.4. Resultados consolidados

Através das simulações acima, utilizando o programa Solidworks, foram obtidos os seguintes resultados consolidados nas tabelas abaixo e os resultados foram satisfatórios, atendendo aos limites de resistências dos materiais, atendendo ao projeto e toda estrutura dimensionada para o pórtico rolante de elevação de cargas.

Tabela 06: resultados viga principal

Tensão de escoamento	250 MPa
Fator de segurança	1,5
Tensão admissível	167 Mpa
Carga de suspensão	30 kN
Tensão máxima sofrida	121 MPa
Força de cisalhamento máxima	26,5 kN
Momento fletor máximo	28,6 kN.m
Deformação máxima	7,9mm

Tabela 07:

resultados das pernas

Tensão de escoamento	250 MPa
Fator de segurança	1,5
Tensão admissível	167 Mpa
Carga de suspensão	30 kN
Tensão máxima sofrida	26 MPa
Força de cisalhamento máxima	483,7 N
Momento fletor máximo	232,04 N.m
Deformação máxima	0,5 mm

Tabela 08:

reações de apoio, carga central.

<sup>1</sup> UNIREDENTOR, lucaslopesazeredo1@hotmail.com

<sup>2</sup> UNIREDENTOR, daviazvedo1991@gmail.com

<sup>3</sup> UNIREDENTOR, daniel.gallo@redentor.edu.br

<sup>4</sup> UNIREDENTOR, niander.cerqueira@redentor.edu.br

<sup>5</sup> UNIREDENTOR, prof.victorsouza@gmail.com

Força direção x	266 N
Força direção y	3,9 kN
Força direção z	8,24 kN
Força resultante	9,1 kN
Momento direção x	146 N.m
Momento direção y	437 N.m
Momento direção z	157 N.m
Momento resultante	487 N.m

Tabela 09:

reações de apoio, na extremidade.	
Força direção x	desprezível
Força direção y	7410 N
Força direção z	15500 N
Força resultante	17200 N
Momento direção x	286 N.m
Momento direção y	desprezível
Momento direção z	desprezível
Momento resultante	286 N.m

5.

**CONCLUSÕES** O presente estudo busca analisar um pórtico já dimensionado e verificar se o mesmo atende os parâmetros de utilização. Dessa forma, os métodos levantados para esta análise foram aplicados no equipamento e foram obtidos os seguintes resultados: As condições para a viga principal foram analisadas com as condições de contorno para resultados mais precisos, onde, primeiramente, foram feitas as simulações com as cargas no centro da viga principal e posteriormente nas extremidades da mesma, obtendo assim o resultado onde a viga tanto com a carga aplicada no centro quanto na extremidade não irá romper, visto que a tensão máxima sofrida pela viga de 121 MPa é 38% menor que a tensão admissível que é de 167 MPa, suportando assim a carga aplicada. Ainda na viga principal, também sendo realizadas simulações de momento fletor de 25,6 kN.m e tensão cisalhante de 26,5 kN são inferiores a carga aplicada de 30 kN, verificando-se que o momento máximo aplicado e a tensão cisalhante são suportados pela viga principal pois a carga aplicada gera uma tensão inferior a tensão admissível, sendo assim, a viga principal está apta para utilização. Com a carga de 30 kN aplicada sobre as pernas, as mesmas sofrem tensão de 26 MPa, simulando o pior caso para as pernas, no qual sofrerão apenas deformação ao utilizar a carga máxima do pórtico e essa deformação foi prevista pela simulação, onde alcançou 0,5 mm, que é uma deformação inexpressível, concluindo que para fator de deformação das pernas, o tubo quadrado de 80 mm x 80 mm está apto para aplicação deste pórtico. As tensões cisalhantes de 483074 N e momento fletor de 232,04 N.m são desprezíveis pelo baixo valor mostrado pela simulação. Declarando assim que o pórtico analisado está apto a ser utilizado seguindo os parâmetros estabelecidos, respeitando assim o limite das cargas a serem aplicadas.

**6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS NBR, 8400. Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. Brasil: NBR. 2019. LORENZI, R. T. Dimensionamento estrutural de um pórtico rolante para levantamento de cargas de até 10 toneladas. 2018. Monografia**

(Bacharel em Engenharia Mecânica). Universidade do Vale do Taquari UNIVATES, Lajeado. 82p.C PASSOS, L. C. Apostila: Técnicas de instalação, operação, manutenção, testes e inspeção: pontes rolantes, guindastes giratórios e acessórios de movimentação de cargas. Make Engenharia, Acessoria e Desenvolvimento. 2011 GASparetto, M.; PEREIRA, W. Está em fase final de montagem o maior pórtico guindaste do mundo no Porto de Rio Grande. RBS TV. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/rbs-noticias/videos/v/esta>. Acesso em 05 março. 2020.

**PALAVRAS-CHAVE:** Elevação de cargas, movimentação de materiais, logística, qualidade, pórtico.