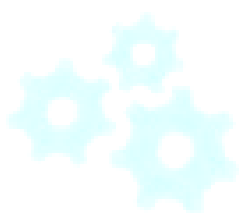


## Relatório Cálculo estrutural Fixador universal CLAMPAR CNPJ 500780600001-03

## SUMÁRIO

1	DEFINIÇÕES.....	3
2	REFERÊNCIAS.....	5
3	APRESENTAÇÃO .....	6
3.1	CARACTERÍSTICAS DO PROJETO ESTRUTURAL.....	6
3.2	CONFIGURAÇÕES DO SOFTWARE PARA ANÁLISE .....	8
3.3	MEMORIAL DE CÁLCULO .....	12
	CONCLUSÃO.....	16



## 1 DEFINIÇÕES

**Análise:** atividade que envolve a determinação das partes constituintes de um todo, buscando conhecer sua natureza ou avaliar seus aspectos técnicos;

**Alma:** As almas das vigas metálicas servem principalmente para ligar as mesas e absorver os esforços cortantes;

**Avaliação:** atividade que envolve a determinação técnica do valor qualitativo ou monetário de um bem, de um direito ou de um empreendimento.

**Carga de ruptura:** Ponto de resistência máxima de uma corda ou cabo quando submetida a esforço de tração. É a medida da carga aplicada no momento da ruptura.

**Coleta de dados:** atividade que consiste em reunir, de maneira consistente, dados de interesse para o desempenho de tarefas de estudo, planejamento, pesquisa, desenvolvimento, experimentação, ensaio, e outras afins.

**Equipamento:** instrumento, máquina ou conjunto de dispositivos operacionais, necessário para a execução de atividade ou operação determinada.

**Flexão:** Ação e o efeito de dobrar o corpo ou algum dos seus membros.

**Instalação:** atividade de dispor ou conectar convenientemente conjunto de dispositivos necessários a determinada obra ou serviço técnico, de conformidade com instruções determinadas.

**Laudo:** peça na qual, com fundamentação técnica, o profissional habilitado, como perito, relata o que observou e apresenta as suas conclusões, ou avalia o valor de bens, direitos ou empreendimento.

**Momento fletor:** representa a soma algébrica dos momentos relativos a seção.

**Orientação técnica:** atividade de proceder ao acompanhamento do desenvolvimento de uma obra ou serviço, segundo normas específicas, visando a fazer cumprir o respectivo projeto ou planejamento.

**Padronização:** atividade que envolve a determinação ou o estabelecimento de características ou parâmetros, visando à uniformização de processos ou produtos.

**Parecer técnico:** expressão de opinião tecnicamente fundamentada sobre

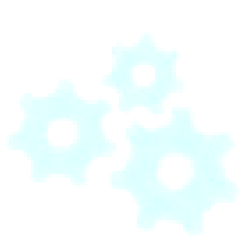
determinado assunto, emitida por especialista.

**Tensão admissível:** Tensão do material a um nível seguro vinculado a um coeficiente de segurança maior que 1,0 afim de evitar falhas utilizando as tensões de ruptura ou escoamento como referência de cálculo.

Carga máxima admissível: Carga máxima suportada por uma corda ou cabo até a sua fratura.

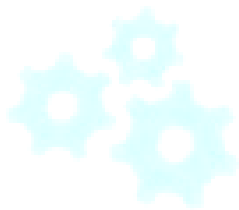
**Trabalho Técnico:** desempenho de atividades técnicas coordenadas, de caráter físico ou intelectual, necessárias à realização de qualquer serviço, obra, tarefa, ou empreendimento especializados.

**Vistoria:** atividade que envolve a constatação de um fato, mediante exame circunstanciado e descrição minuciosa dos elementos que o constituem, sem a indagação das causas que o motivaram.



## 2 REFERÊNCIAS

- NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.
- NBR 8681:1984 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento
- Dimensionamento de Perfis Formados a Frio conforme NBR 14762 e NBR 6355
- ISO 898-1:1999 - Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel - part 1: bolts, screws and studs
- NR-12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.



GSA  
ENGENHARIA  
ENGENHARIA COM FOCO EM QUALIDADE

### 3 APRESENTAÇÃO

- O presente relatório tem como objetivo executar cálculo do **Fixador New-Version**.
- Apresentar critérios de projetos e deformações e tensões aparentes geradas durante o uso da estrutura.
- Apresentar memorial de cálculo para o projeto estrutural conforme normas citadas e dos componentes que compõem as estruturas.
- Validar o projeto de construção e uso da estrutura estabelecendo fator de segurança e sua vida útil **assegurando vida infinita** para sua utilização e **fator de segurança conforme norma**.

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO ESTRUTURAL

Projeto do **Fixador New-Version**.

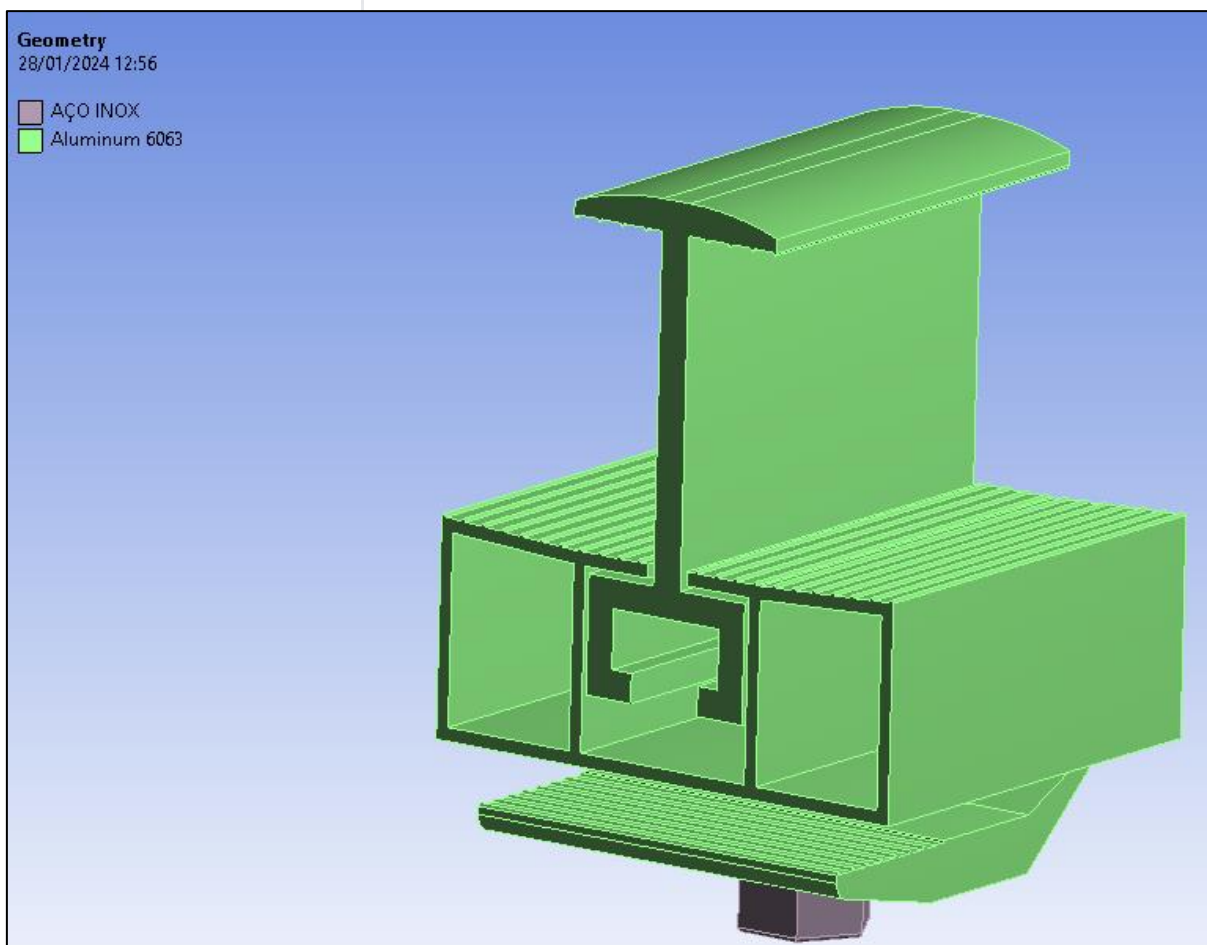


Figura 1: Desenho do projeto.

## Características do projeto;

- Materiais

A estrutura do corpo em **Alumínio 6063**.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	<u>2.7 g/cc</u>	0.0975 lb/in <sup>3</sup>	AA; Typical
<b>Mechanical Properties</b>			
Hardness, Brinell	73	73	AA; Typical; 500 g load; 10 mm ball
Hardness, Knoop	96	96	Converted from Brinell Hardness Value
Hardness, Vickers	83	83	Converted from Brinell Hardness Value
Ultimate Tensile Strength	<u>241 MPa</u>	35000 psi	AA; Typical
Tensile Yield Strength	<u>214 MPa</u>	31000 psi	AA; Typical
Elongation at Break	<u>12 %</u>	12 %	AA; Typical; 1/16 in. (1.6 mm) Thickness
Modulus of Elasticity	<u>68.9 GPa</u>	10000 ksi	AA; Typical; Average of tension and compression. Compression modulus is about 2% greater than tensile modulus.
Ultimate Bearing Strength	<u>434 MPa</u>	62900 psi	Edge distance/pin diameter = 2.0
Bearing Yield Strength	<u>276 MPa</u>	40000 psi	Edge distance/pin diameter = 2.0
Poisson's Ratio	0.33	0.33	
Fatigue Strength	<u>68.9 MPa</u>	10000 psi	AA; 500,000,000 cycles completely reversed stress; RR Moore machine/specimen
Machinability	<u>50 %</u>	50 %	0-100 Scale of Aluminum Alloys
Shear Modulus	<u>25.8 GPa</u>	3740 ksi	
Shear Strength	<u>152 MPa</u>	22000 psi	AA; Typical

Figura 2: Propriedades mecânicas do Aço SAE 1020. (Fonte: <http://asm.matweb.com> ).

## FORA DE ESCOPO DESTA ANÁLISE MECÂNICA

### Não fazem parte desta análise:

- Comprovar a resistência mecânica dos materiais;
- Esforços físicos/posturas ergonômicas no plano de montagem;
- Condições de manutenção;
- Critérios de manutenção preventiva;
- Condições de montagem;

### 3.2 CONFIGURAÇÕES DO SOFTWARE PARA ANÁLISE

- Os cálculos via método dos elementos finitos foram feitos utilizando o software **ANSYS 2019 R3** onde foi avaliado condições de carregamento estático.
- Para a geração de malha nos componentes, foi utilizado elementos em **Hexaédricos** para os perfis e elementos **tetraédricos** para chapas que possuem furações ou recortes devido a condição não linear dessas peças para a geração de análise de contato e verificação de contatos pelo contact tools. Foi realizado uma simplificação do modelo retirando as furações dos perfis e os parafusos do sistema além do tratamento dos elementos para configuração **2D** de elemento.

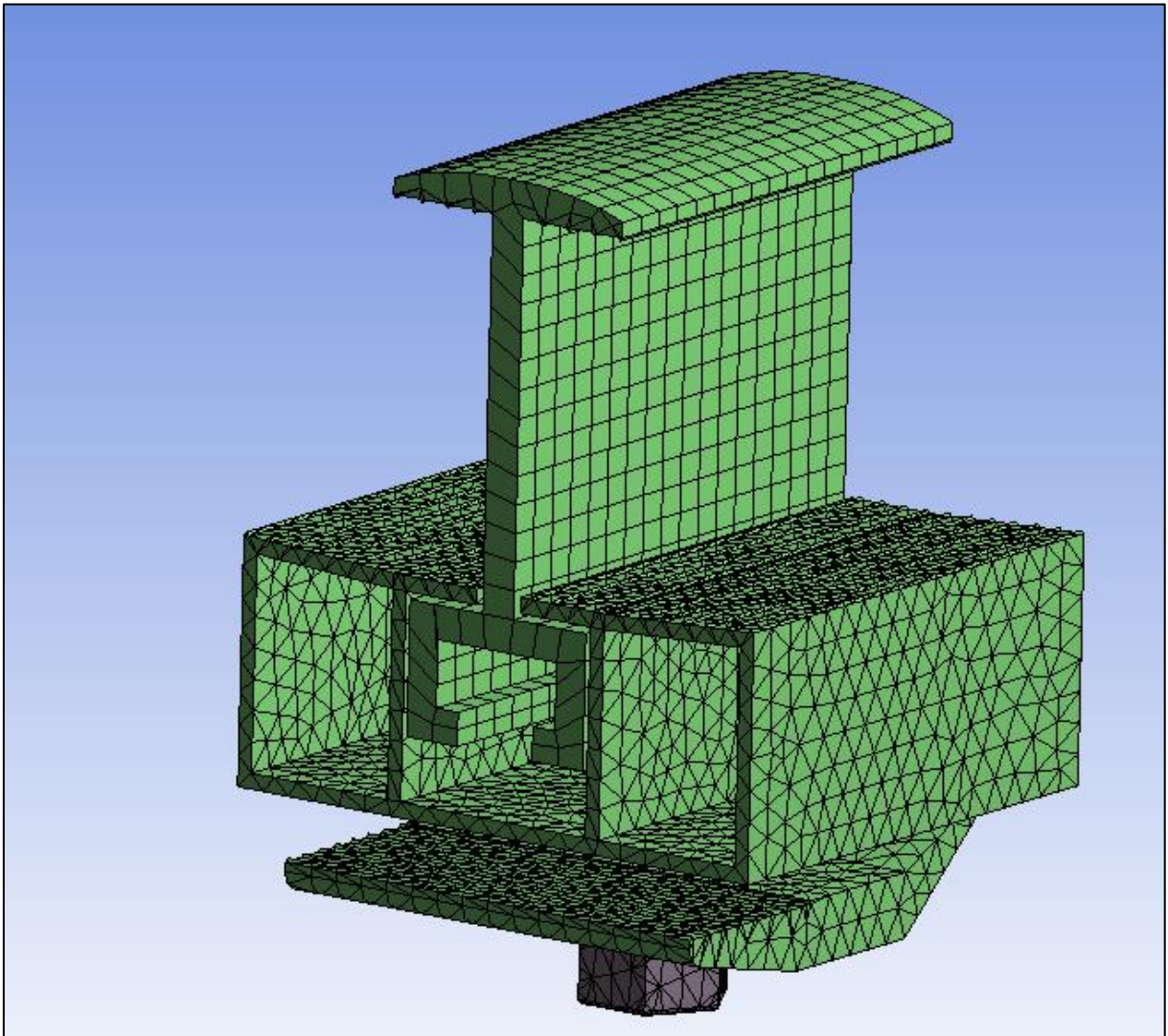


Figura 3: Malha gerada para simulação.



- Foi utilizado um solver **Direct** para a realização da análise com um solver H-adaptativo para convergir a malha.

Details of "Analysis Settings"	
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Direct
Weak Springs	Off
Solver Pivot Checking	Program Controlled
Large Deflection	Off

Figura 4: Configurações de solver para a análise.

- Para a avaliação dos contatos foi considerado o **argumento Lagrangeano** e considerado os contatos unidos para facilitar o tempo de processamento da análise.

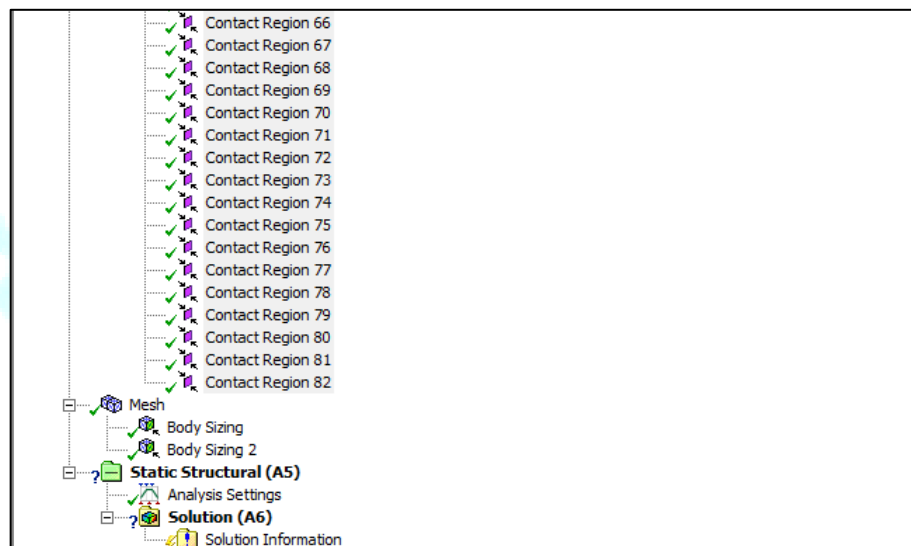
	
Details of "Multiple Selection"	
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Protected	No
Definition	
Type	Bonded
Scope Mode	Automatic
Behavior	Program Controlled
Trim Contact	Program Controlled
Trim Tolerance	3,424 mm
Suppressed	No
Advanced	
Formulation	Augmented Lagrange
Small Sliding	Program Controlled
Detection Method	Program Controlled
Penetration Tolerance	Program Controlled

Figura 5: Configurações de contatos para a análise.

- Abaixo realizamos a análise de contatos da estrutura através do contact tools primeiramente mostramos apenas o status dos contatos. Todos os contatos foram considerados bonded, ou seja, unidos e apresentaram estabilidade de união. **Todos os contatos criados para simulação estão estáveis.**

Initial Information						
For additional options, please visit the contact menu for this table (right mouse button)						
Name	Contact Side					
Bonded - 53-30D_XXXX01_0001_001_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung To 53-30D_XXXX01_0001_003_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung	Contact					
Bonded - 53-30D_XXXX01_0001_001_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung To 53-30D_XXXX01_0001_003_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung	Target					
Bonded - 53-30D_XXXX01_0001_001_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung To 53-30D_XXXX01_0001_003_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung	Contact					
Bonded - 53-30D_XXXX01_0001_001_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung To 53-30D_XXXX01_0001_003_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung	Target					
Bonded - 53-30D_XXXX01_0001_002_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung To 53-30D_XXXX01_0001_003_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung	Contact					
Bonded - 53-30D_XXXX01_0001_002_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung To 53-30D_XXXX01_0001_003_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung	Target					
Bonded - 53-30D_XXXX01_0001_002_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung To 53-30D_XXXX01_0001_003_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung	Contact					
Bonded - 53-30D_XXXX01_0001_002_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung To 53-30D_XXXX01_0001_003_A00_PLACA\PartBody/Bohrbearbeitung	Target					

Color Legend	
<span style="background-color: red; color: white;">Red</span>	The contact status is open but the type of contact is meant to be closed. This applies to bonded and no separation contact types.
<span style="background-color: yellow; color: black;">Yellow</span>	The contact status is open. This may be acceptable.
<span style="background-color: orange; color: black;">Orange</span>	The contact status is closed but has a large amount of gap or penetration. Check penetration and gap compared to pinball and depth.
<span style="background-color: gray; color: black;">Gray</span>	Contact is inactive. This can occur for MPC and Normal Lagrange formulations. It can also occur for auto asymmetric behavior.

Figura 5: Análise de contatos realizada através do contact tools.

- Foi realizado a configuração dos materiais no software Ansys seguindo as propriedades de referência para cada material.
- A análise do software foi realizada considerando o comportamento linear do carregamento e as deformações lineares do material.
- Foi realizado a avaliação das tensões atuantes nas estruturas levando em consideração o critério de tensão de **Von Mises** que demonstra uma tensão máxima para o estado triaxial de tensão definida pela equação abaixo:

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 < 2\sigma_e^2 \quad \longrightarrow \quad \text{E. Triaxial de Tensões}$$

- A avaliação do material para as deformações serem aceitáveis na estrutura deve conter tensões de resultados que não ultrapassem o **regime elástico** do material quando aplicado na estrutura.
- A estrutura foi preparada obedecendo os critérios existentes de contato entre os componentes e com carregamentos de peso próprio estrutural considerando a ação da gravidade, carregamentos de cada grupo montado na estrutura considerando o ponto de atuação de carga no centro de

gravidade de cada grupo, e o carregamento do produto tomando como referência de atuação de carga o seu centro de gravidade.

- Adotamos os critérios de fadiga tomando como referência as **curvas S-N típicas para aços Alumínio** utilizando o critério de falha por fadiga de **Soderberg** as tensões alternadas como evento de reversão total das cargas.

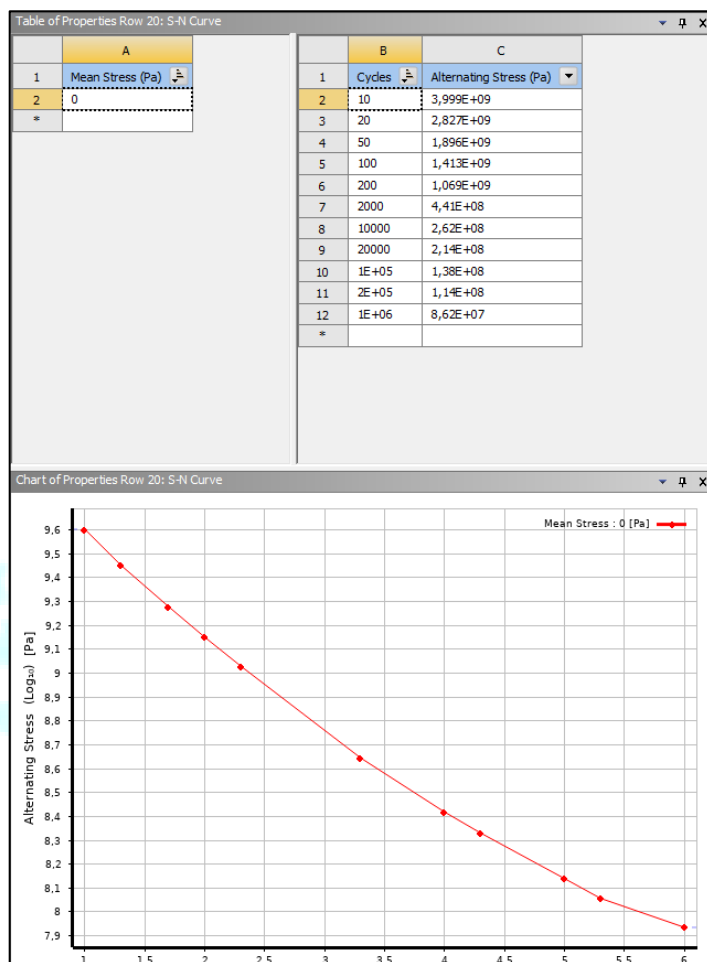


Figura 6: Curva típica de fadiga utilizada para Alumínio.

### 3.3 MEMORIAL DE CÁLCULO

- Após a configuração do software Ansys criamos as condições de contorno na estrutura da Estrutura, criando as restrições fixas na base dos pontos fixos aparafusados, **aplicamos a carga de 1532 N equivalente a carga de pressão para isopleta de 50 m/s.**

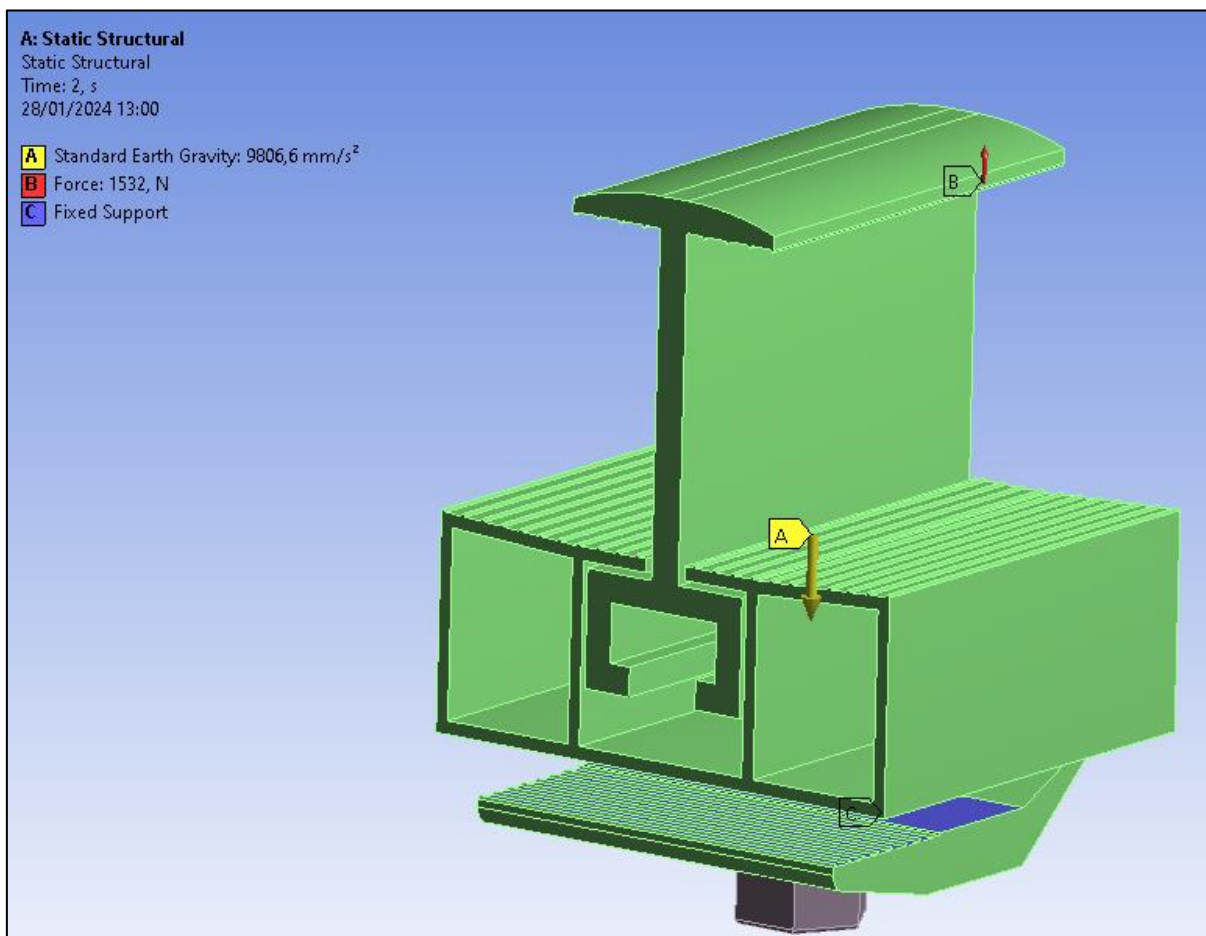


Figura 7: Ponto de aplicação de carga e fixação.

- Avaliamos a condição de **carregamento estático** da estrutura, as tensões e deformações geradas na estrutura quando esta está parada sobre a atuação de carga de pressão.
- Abaixo os resultados de tensão e deformação para **condição estática** da estrutura.

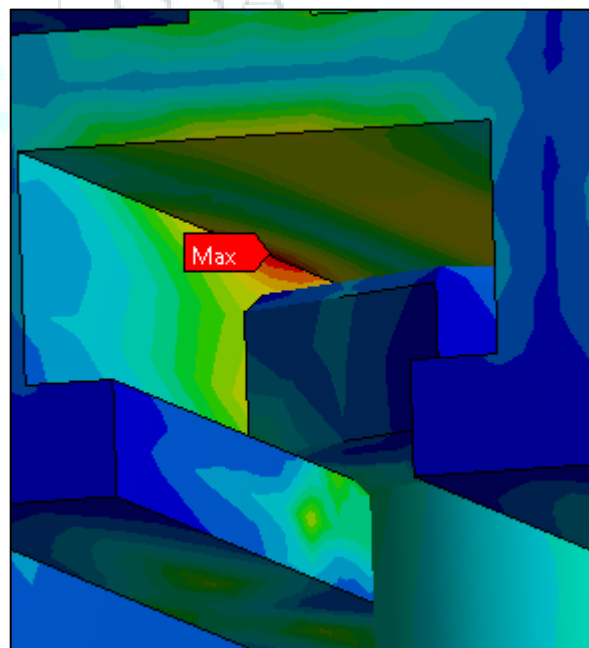
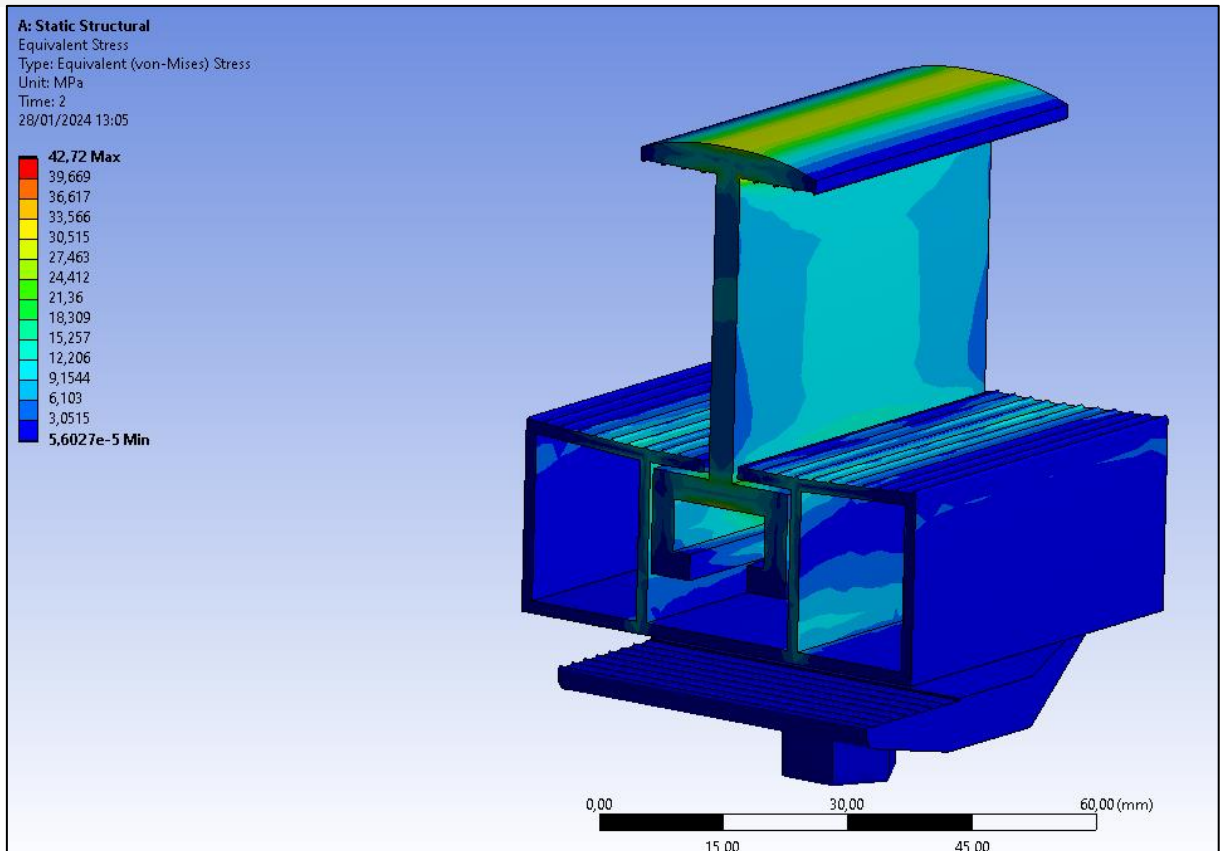


Figura 8: Resultados de tensão estática.

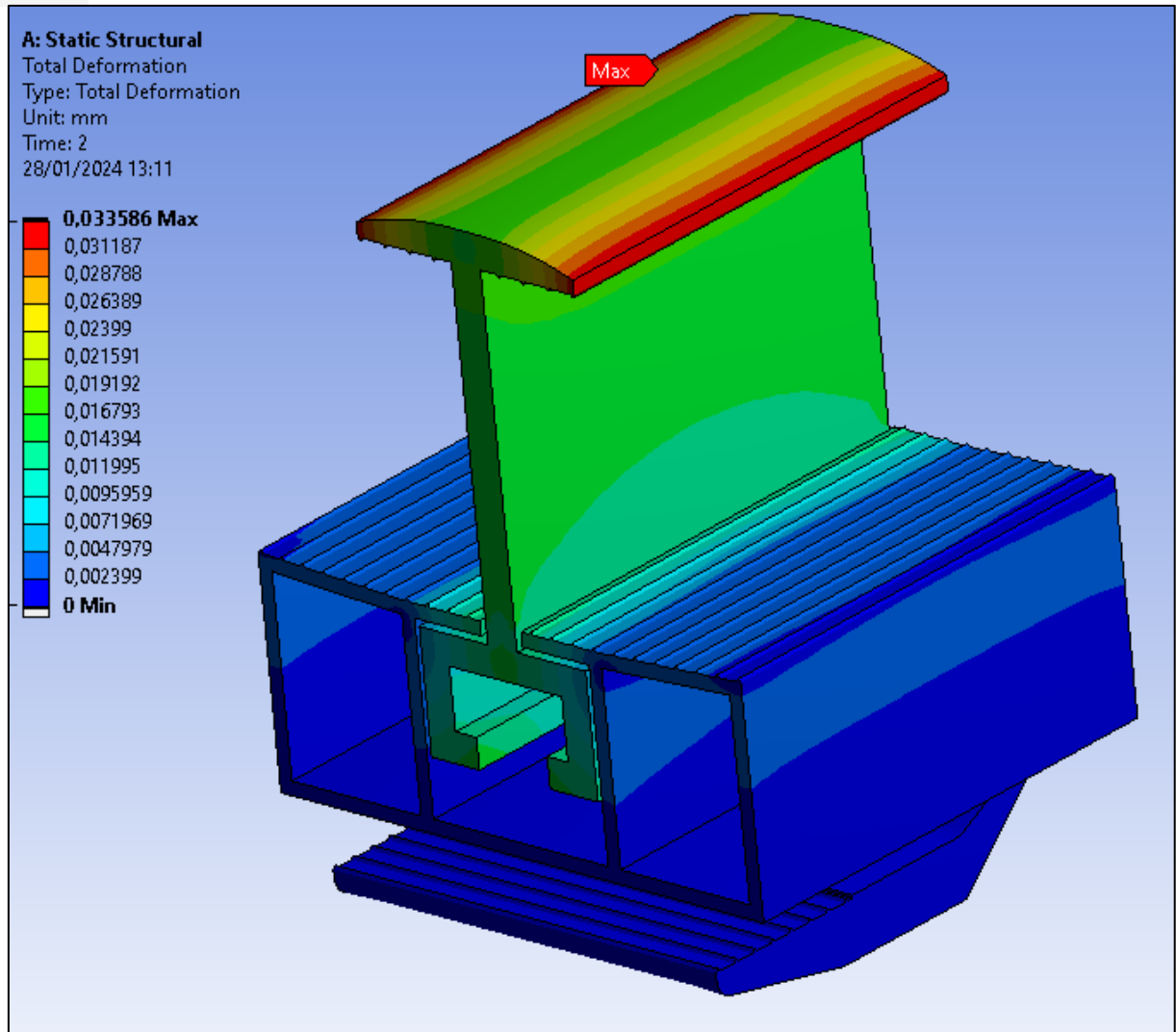


Figura 9: Resultado de deformação estática.

- Foi encontrada uma **tensão máxima de Von Mises** para o **estado estático** na estrutura de **42,72 MPa** e uma deformação máxima de **0,033586 mm**, resultando em tensões bem **abaixo do limite de elasticidade** do material conferindo um **fator de segurança estático** superior a **5.00**. Em relação ao carregamento estático a estrutura **está aprovado**.
- Para apresentar os **coeficientes de segurança** gerados, simulamos o **carregamento por um período cíclico de abastecimento e utilização**, utilizamos o critério de falha de **Soderberg** para a verificação do número de ciclos que a estrutura irá resistir e realizar a correção das tensões médias geradas e verificação de fadiga ao carregamento.

$$\text{SODERBERG} \quad \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n}$$

- Considerado na simulação de fadiga, após a correção da tensão média e considerando a curva **S-N** para os aços ASTM o **fator de majoração dinâmico** foi equivalente à **1.936** e a estrutura apresentou **vida infinita**, sendo assim considerada **aprovada para aplicação em carregamento**.

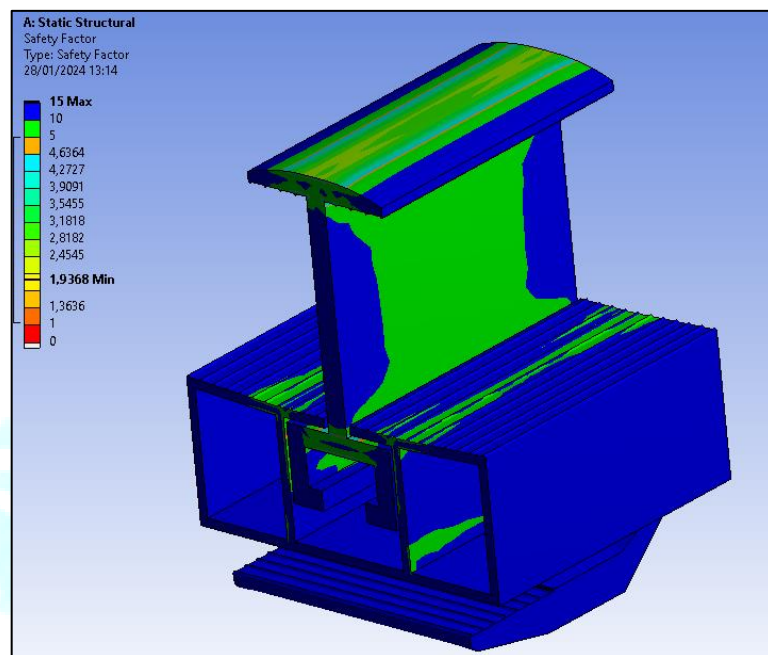


Figura 21: Resultados de fadigas.

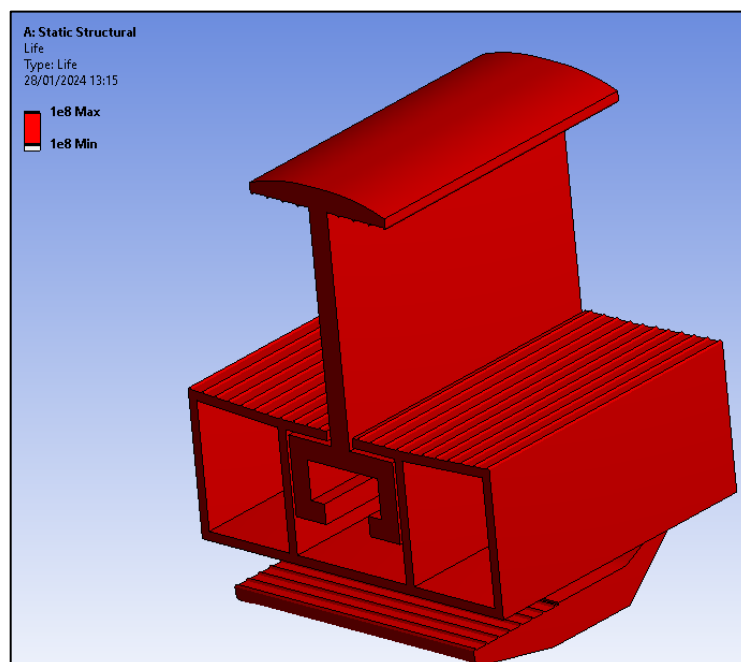
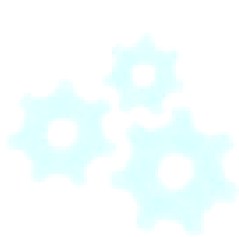


Figura 22: Resultados de ciclo de vida infinito.

## CONCLUSÃO

A presente análise valida o projeto de construção do **Estrutura Fixador New-Version**. Os esforços solicitantes de projetos e as ações consideradas não conduzem a estrutura a um colapso, ou seja, todas as cargas são suportadas pela estrutura quanto estiverem sob o esforço do carregamento, as ligações garantem o travamento da estrutura e o projeto está conforme normas especificadas. O projeto ainda garante um coeficiente de segurança de no mínimo de **1.936** em carregamento cíclico após as correções dos estados de tensão pelo método de Soderberg, o total de ciclos adotados foi de  $10^6$  ciclos, ou seja, a estrutura tende a **ter uma vida infinita** já que as tensões encontradas são baixas em relação a tensão limite de fadiga adotada para o Aço ASTM. A Estrutura também está em conformidade a normas vigentes de projetos.



GSA  
ENGENHARIA  
ENGENHARIA COM FOCO EM QUALIDADE

Betim, 28 de Janeiro de 2024.

Elaborado por:

*Arian Souza Guedes*

---

ARIAN SOUZA GUEDES  
ENGENHEIRO MECÂNICO  
CREA/MG 200521/D