|  |
| --- |
| JACOB ENGENHARIA  Alameda Harvey C. Weeks , 14 – Sala 66 – Vista Verde – São José dos Campos SP  CNPJ 26.210.360/0001-01  [contato@jacobprojetos.com.br](mailto:contato@jacobprojetos.com.br) – Tel 12 98212 3908 / 12 3945 1873 |
|  |

LAUDO ESTRUTURAL

Relatório de dimensionamento e aferição de capacidade de carga das estruturas porta paletes seletivos

LE20240513

Revisão: R00 – Emissão Inicial – 13.05.2024

Sumário

[1. Objetivo 3](#_Toc168948529)

[2. Normas Utilizadas 4](#_Toc168948530)

[3. Softwares utilizados durante a análise 5](#_Toc168948531)

[4. Descritivo DA ESTRUTURA Dimensões 5](#_Toc168948532)

[5. dimensionamento da estrutura 9](#_Toc168948533)

[Determinação da capacidade máxima de cada elemento isoladamente 9](#_Toc168948534)

[Coluna (trecho até 2,20m) 9](#_Toc168948535)

[Coluna (trecho acima de 2,20m) 14](#_Toc168948536)

[15](#_Toc168948537)

[15](#_Toc168948538)

[DIAGONAIS E MONTANTES 17](#_Toc168948539)

[Longarinas 19](#_Toc168948540)

[6. REsultados da análise global da estrutura 26](#_Toc168948541)

[7. Conclusões e recomendações 36](#_Toc168948542)

# Objetivo

O objetivo do presente documento é avaliar as condições de serviço e segurança das estruturas porta paletes seletivos do supermercado Calculista de Aço – situado no endereço XYZ. Ao final do relatório pretende-se determinar a capacidade da estrutura por unidade de carga

Os equipamentos contemplados nesse laudo as estruturas porta paletes instaladas na unidade conforme fotos abaixo:



Figura 1: Estruturas porta paletes a serem avalidas

# Normas Utilizadas

Para elaboração deste documento foram utilizadas as seguintes normas:

* ABNT NBR17150/24 - Estrutura de armazenagem estática tipo porta-paletes

Parte 1: Requisitos para projeto estrutural

* ABNT NBR17150/24 Parte 2 – Tolerâncias, deformações e folgas para projetos
* ABNT NBR 15524/07 – Parte 2 – Diretrizes para uso de estruturas tipo porta paletes seletivos
* AWS D1.1 – American Welding Society Standard
* ABNT NBR14762/10 – Dimensionamento de Perfis Formados a frio

# Softwares utilizados durante a análise

Para realizar as análises estruturais foram utilizados os programas abaixo

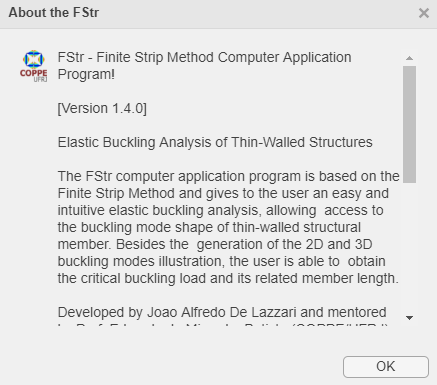


Figura 2: FsTr para análise de instabilidade elástica de perfis formados a frio

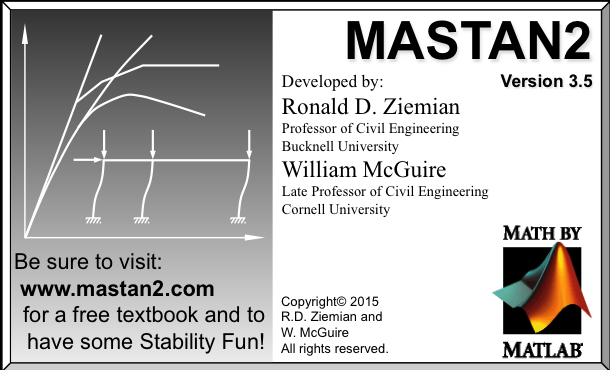


Figura 3: Mastan2 para análise estrutural

# Descritivo DA ESTRUTURA Dimensões

A estrutura possui 5200mm de altura, 1000mm de largura e 40800mm de comprimento. As seções transversais da estrutura estão descritas abaixo

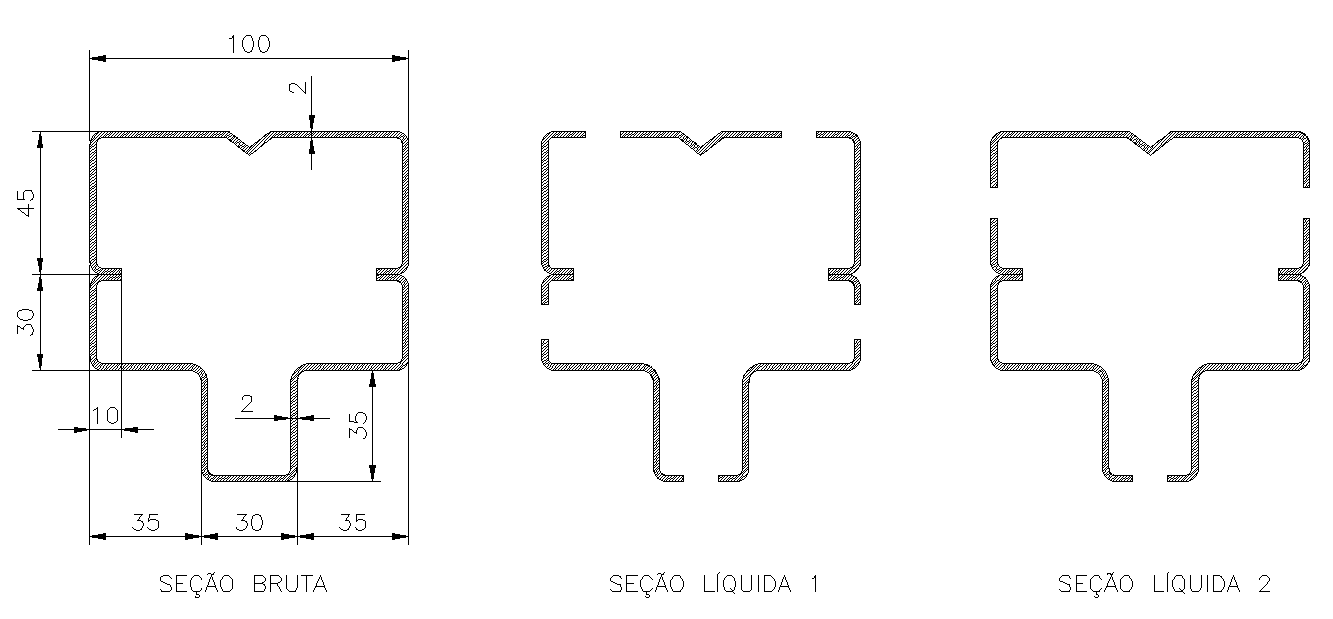


Figura 4: Seções da Coluna até o nível +2,20m

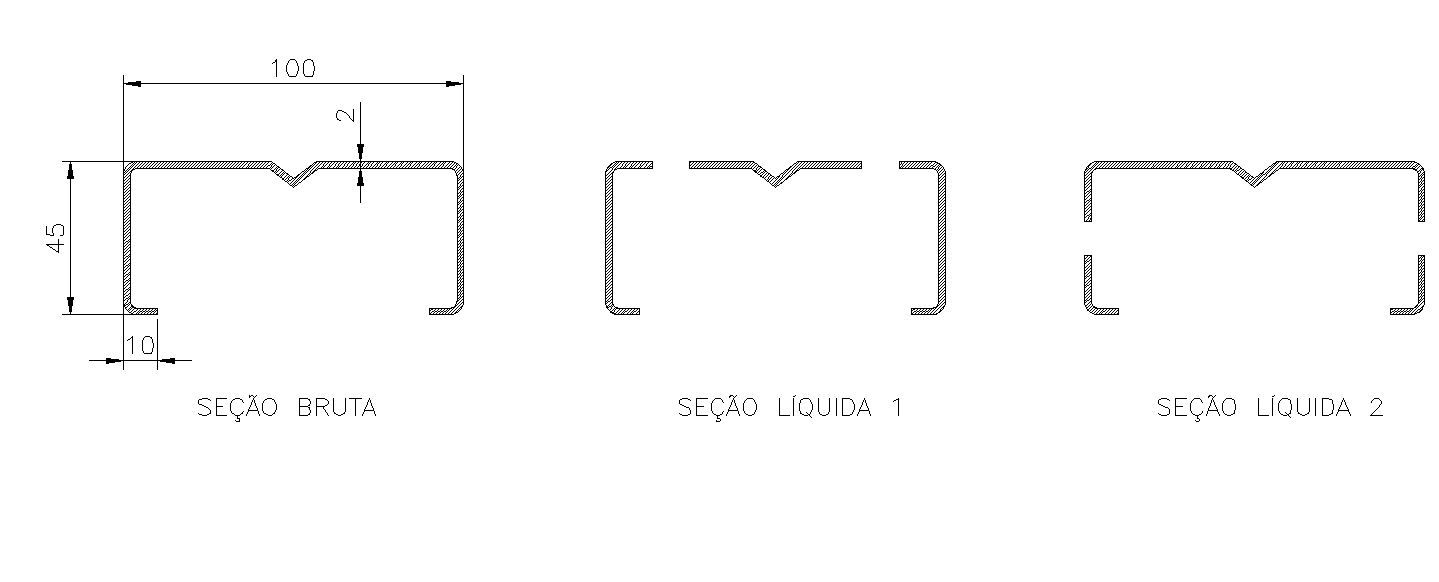


Figura 5: Seções da coluna acima do nível +2,20m

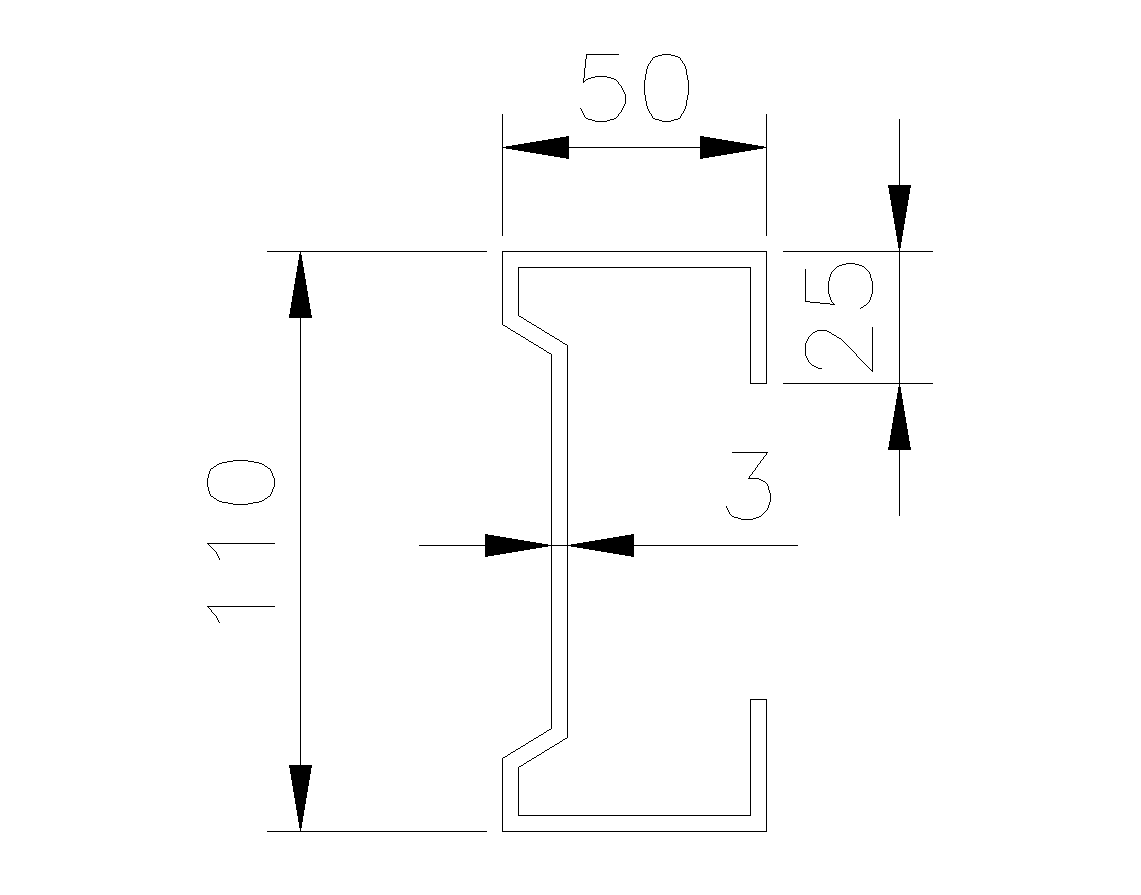


Figura 6 Seção Bruta das Longarinas

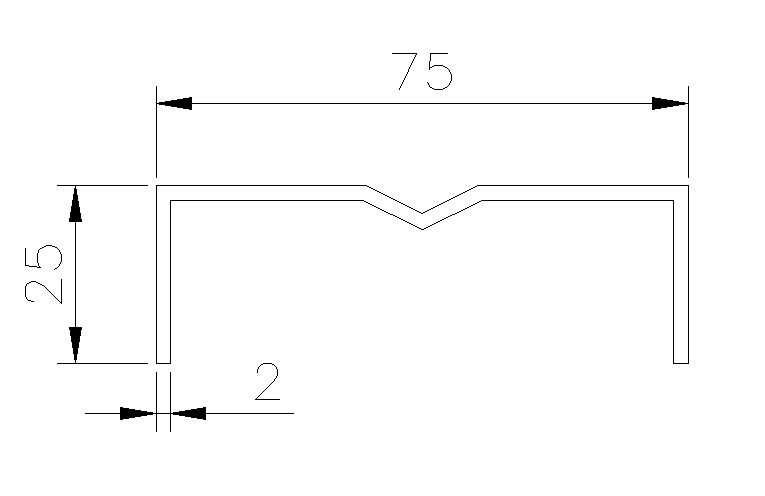


Figura 7: Diagonais e travessas

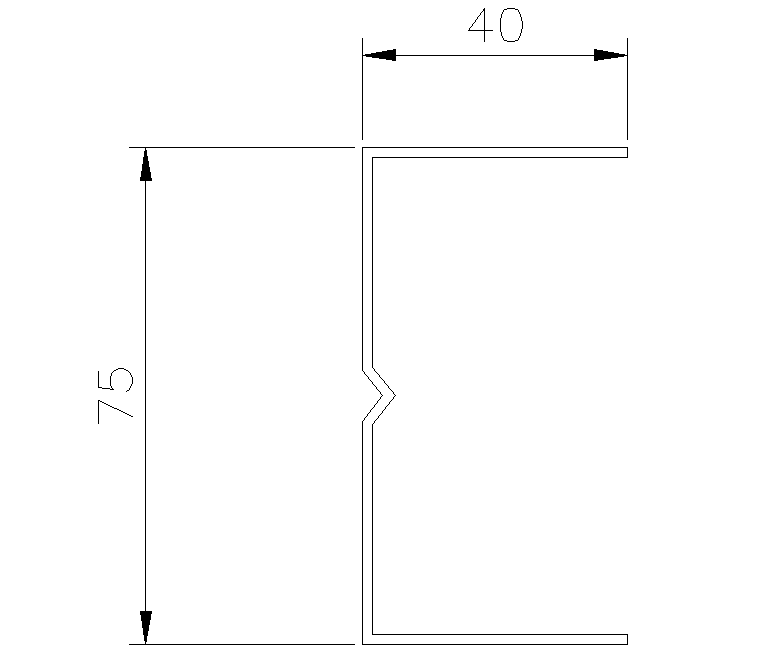


Figura 8:Espaçadores

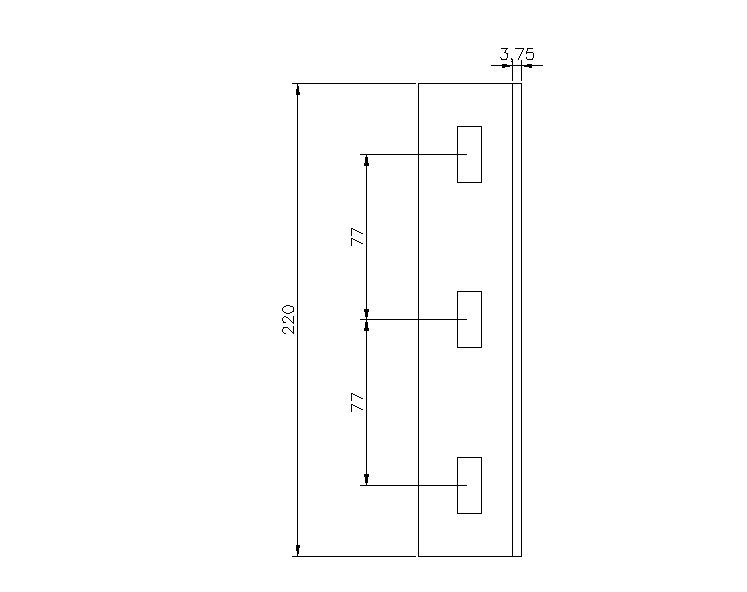


Figura 9: Garra de Extremidade das longarinas

# dimensionamento da estrutura

Determinação da capacidade máxima de cada elemento isoladamente

Coluna (trecho até 2,20m)

Determinação da distancia entre filetes de solda para consideração de conjunto coeso para flambagem global

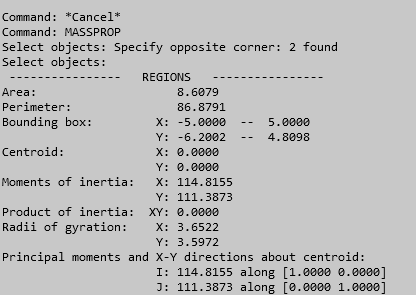


Figura 10: Propriedades da coluna composta

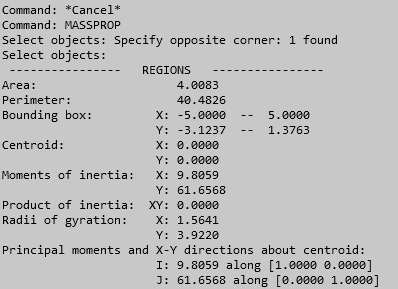


Figura 11:Propriedades da parte externa da coluna (U enrijecido)

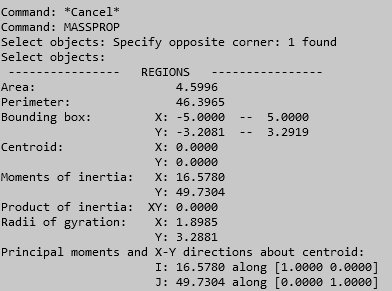
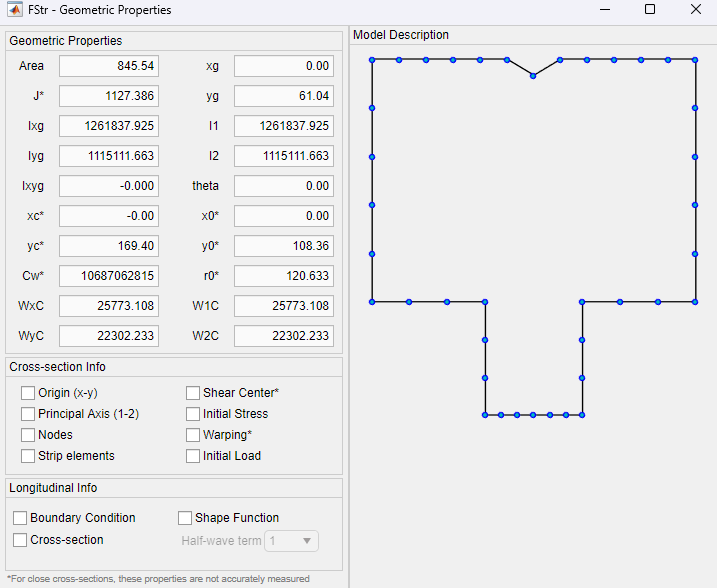


Figura 12: Propriedades do reforço de gondola

OK L necessário é maior que o existente = 465mm

(Alternativa 2: ) L = 50. Rmin = 50 . 1,56 = 78cm – Adotaremos 478mm como limite.



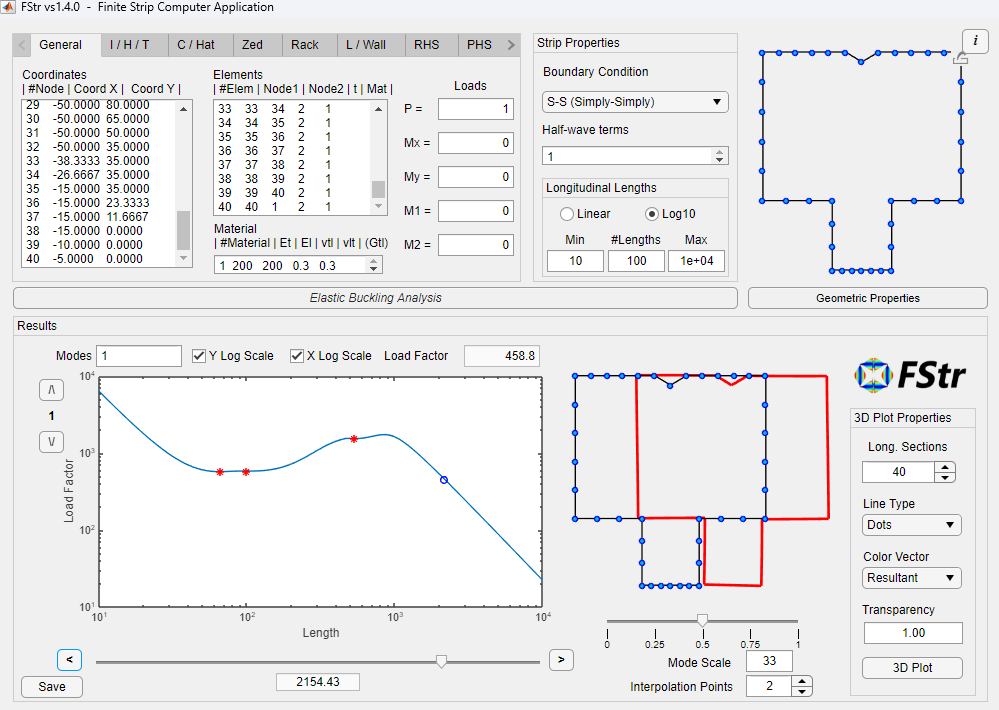


Figura 13:Carga Crítica de Flambagem Global (458,9 kN)

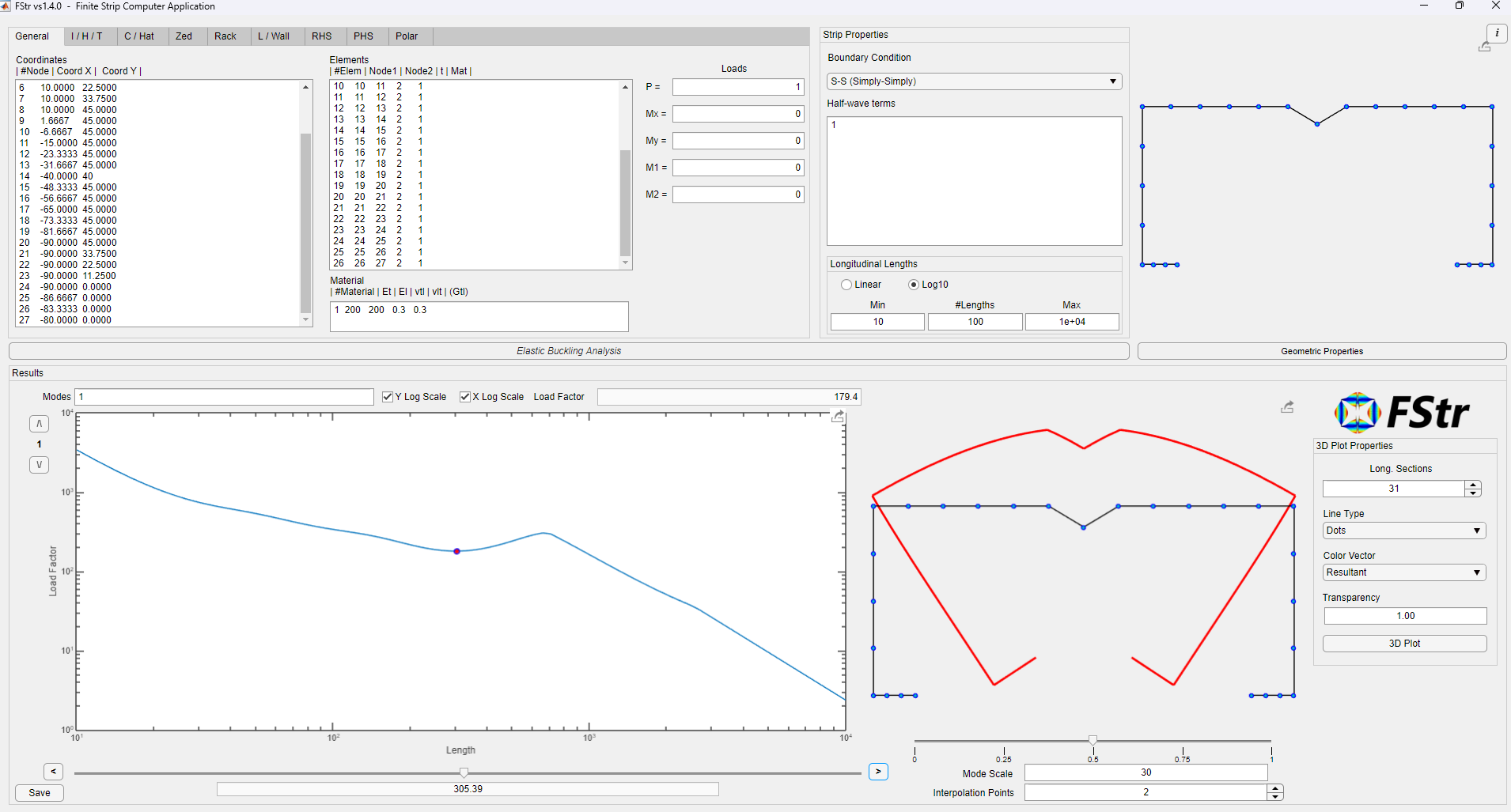
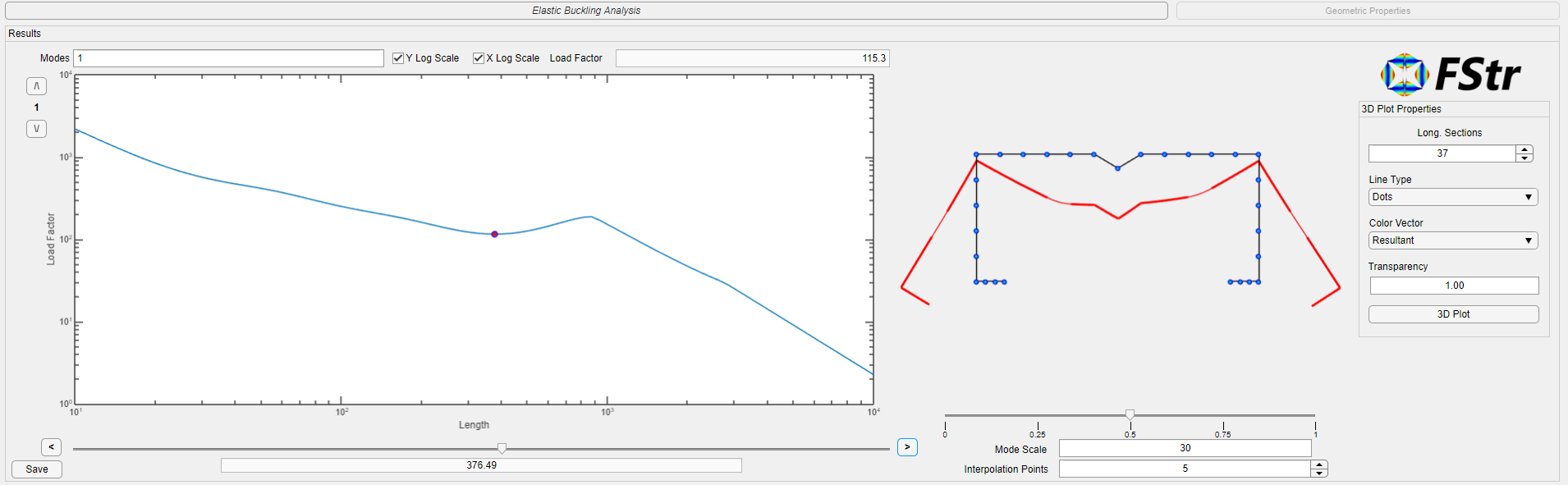


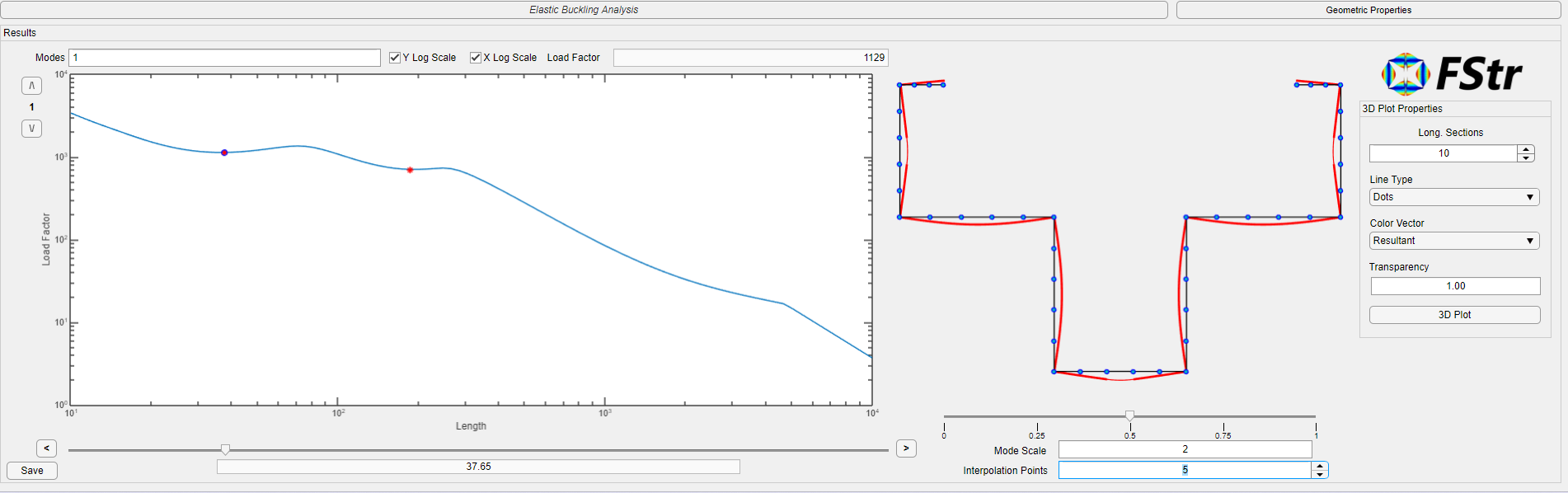
Figura 14: Carga Crítica de flambagem Local e distorcional para seção bruta da coluna externa 179,4 kN

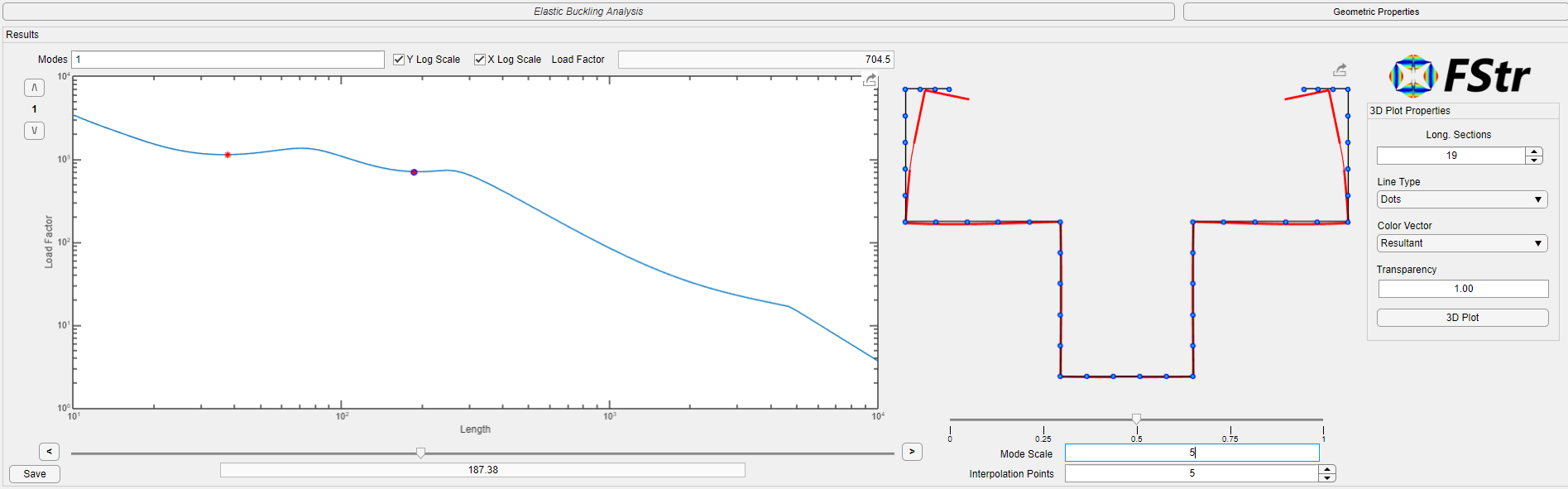
Parcela de compressão atuante no perfil: 4,25/8,60 x 134,47 = 66,45 kN

Determinação da espessura equivalente para seção com furos



Parcela de compressão atuante no perfil: 4,25/8,60 x 134,47 = 66,45 kN



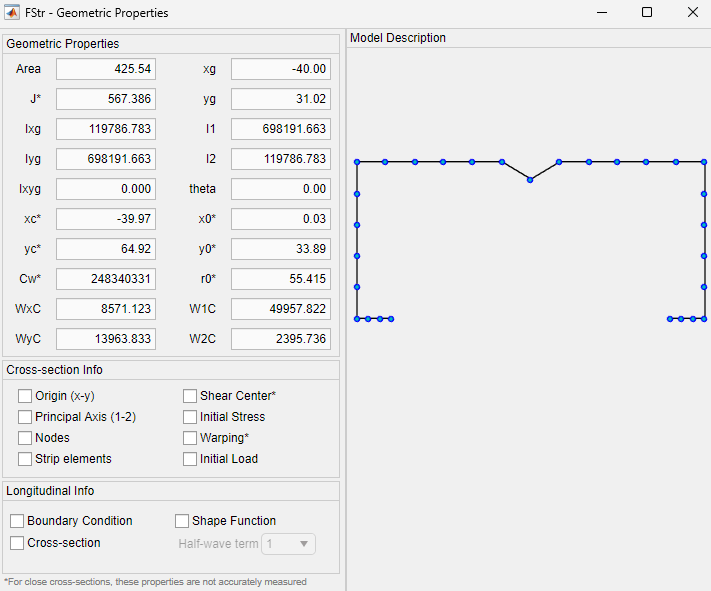


Parcela de compressão atuante no perfil: 134,47-66,45 = 68,02 kN

Coluna (trecho acima de 2,20m)

Lx = 85cm

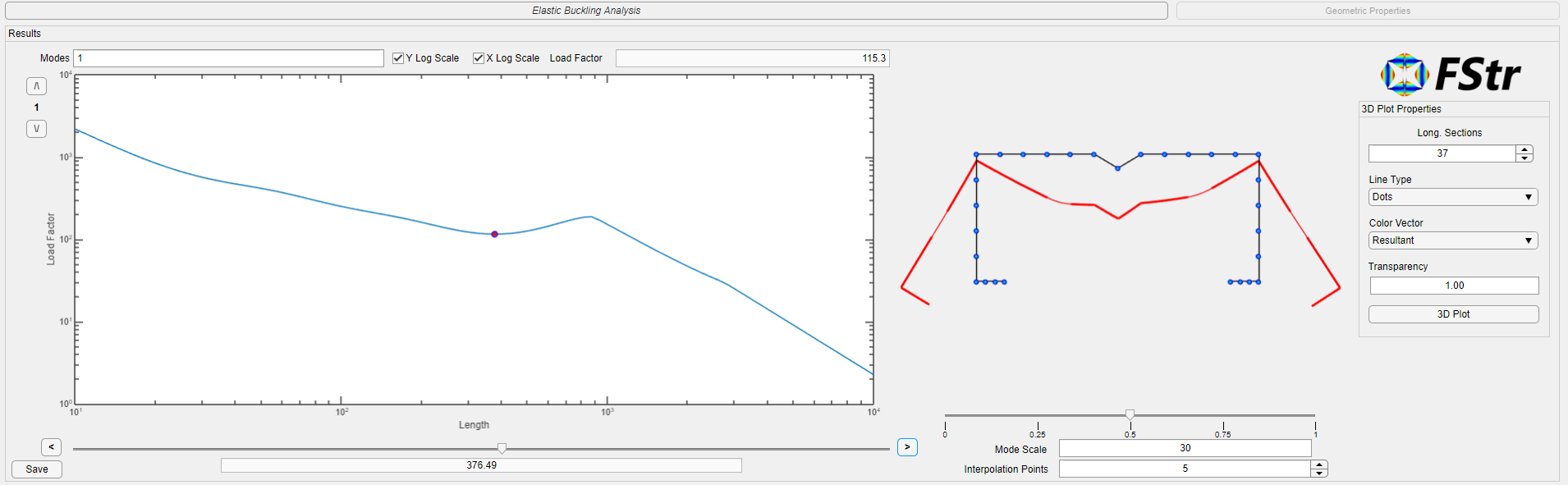
Ly = 150cm

****

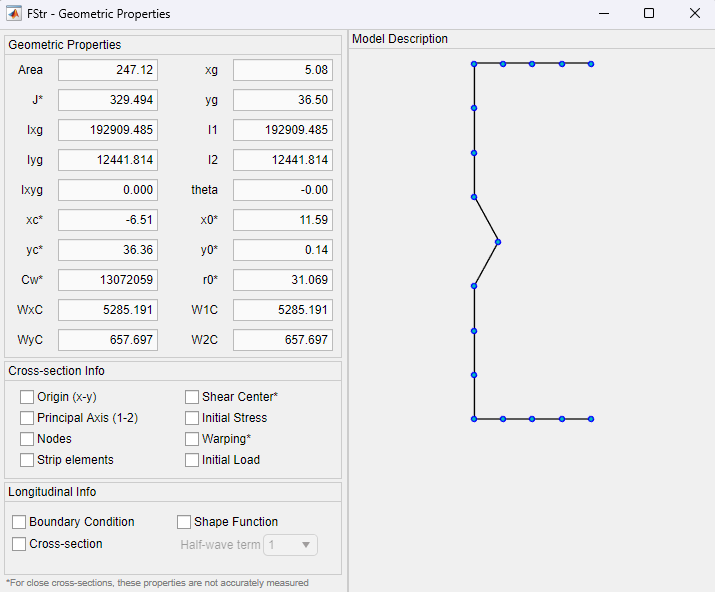
# 

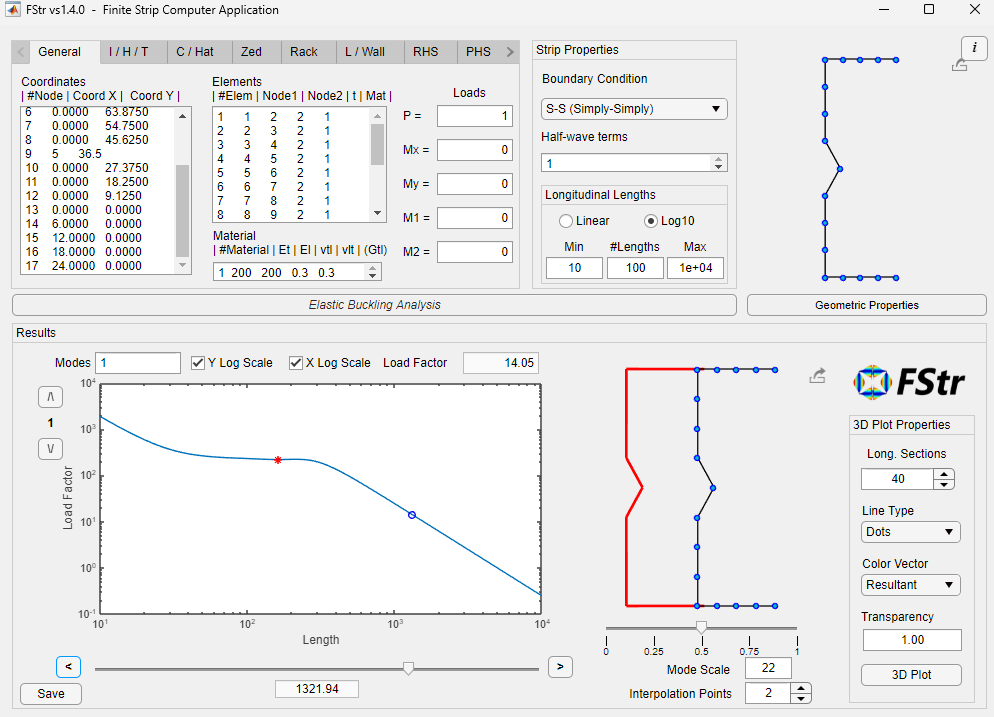
# 

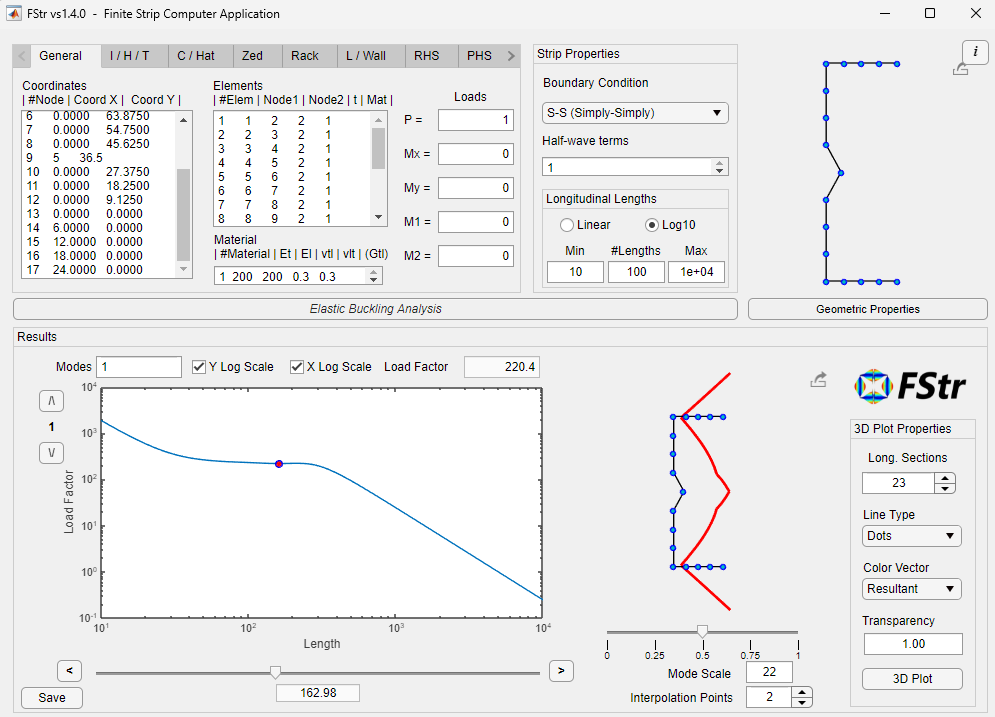
Flambagem local



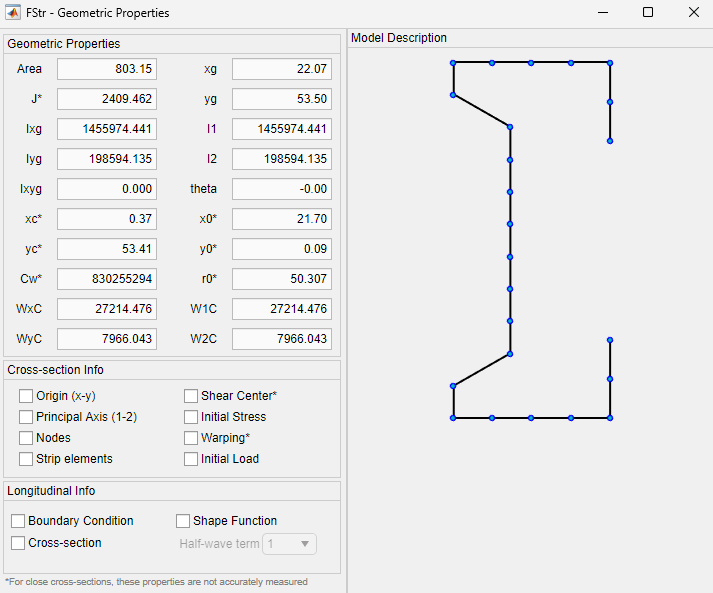
DIAGONAIS E MONTANTES

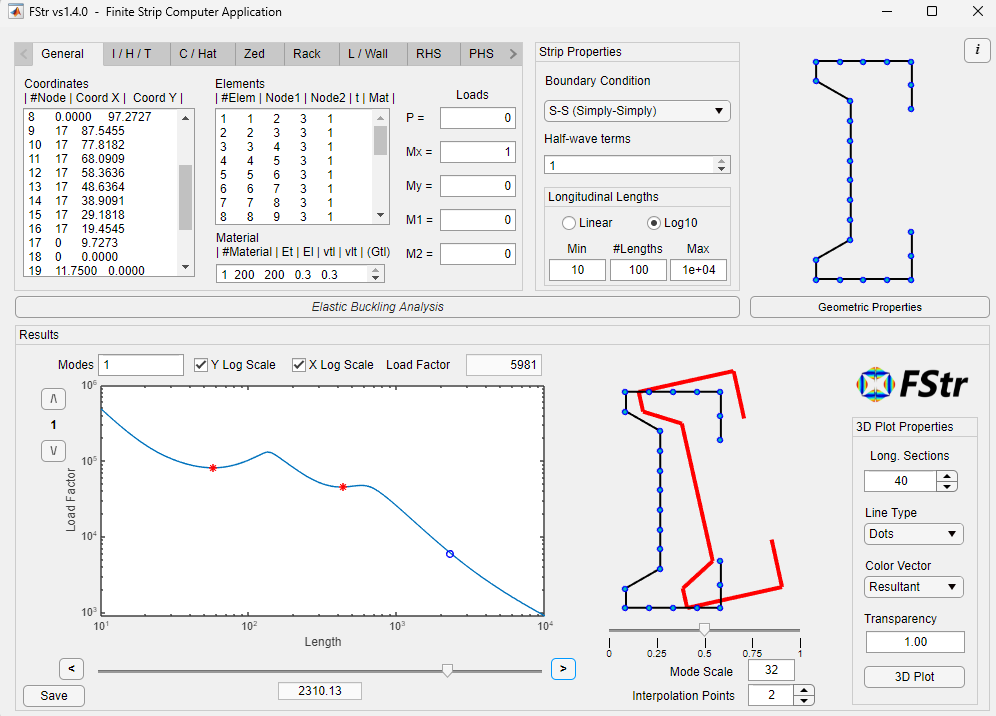


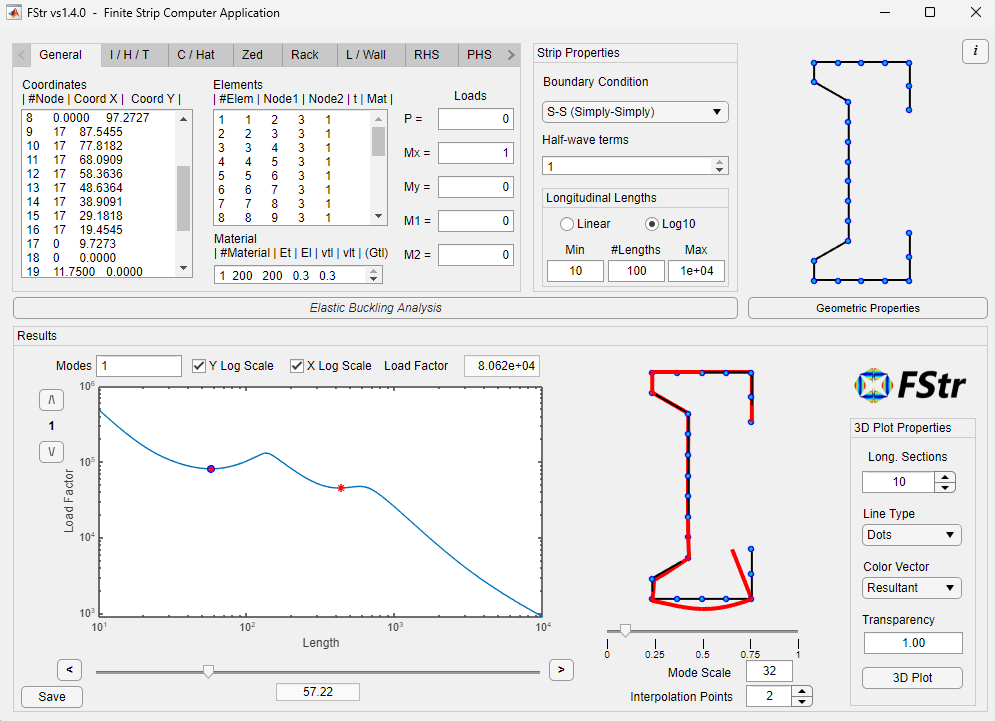


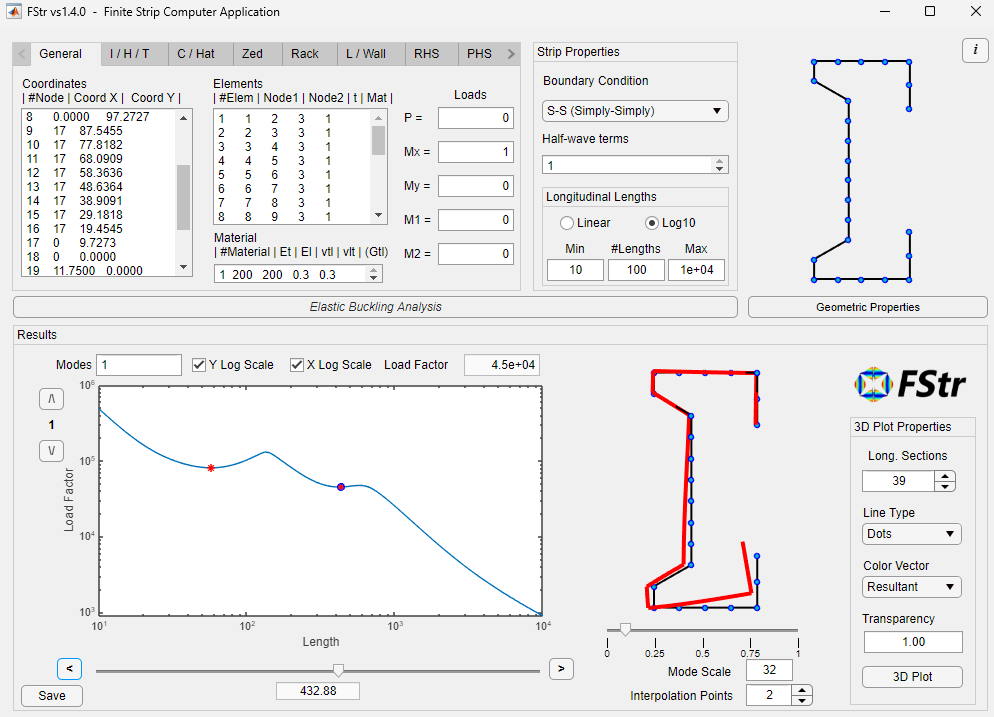


Longarinas









**Verificação da resistência ao esforço cortante:**

Verificação da solda entre a longarina e a garra.

Soldas superiores.

Solda na alma: 22,68 kN, porém com mínimo de 45 kN

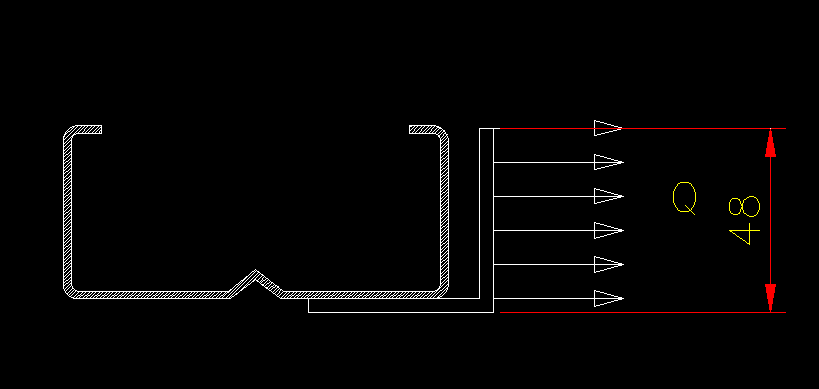
Considerando que não exista solda na alma (os filetes de mesa também devem ser capazes de suportar o esforço cortante)

Vsd = 45/2 = 22,5 kN (Vertical para baixo)

Verificação da área de metal base

Se houver solda na alma do perfil, podemos considerar que apenas o comprimento necessário para suportar a cortante trabalha efetivamente ao esforço cortante, e o restante auxilia na tração.

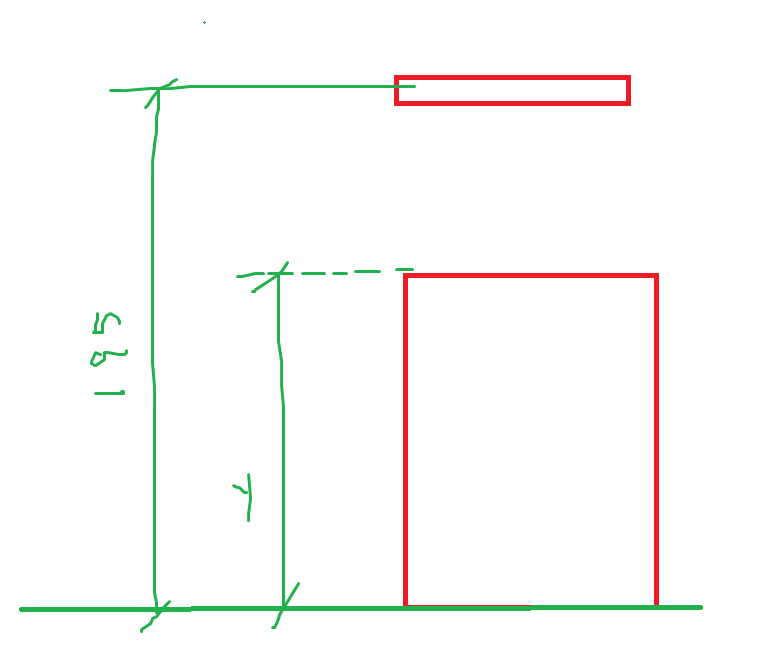
PROXIMA AULA CALCULAR A GARRA E OS PROTETORES DE COLUNA E SAPATA



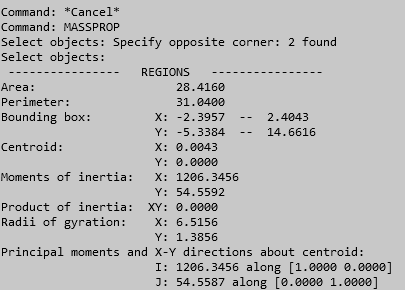
Q = 44,52 /4,8 = 9,275 kN/cm

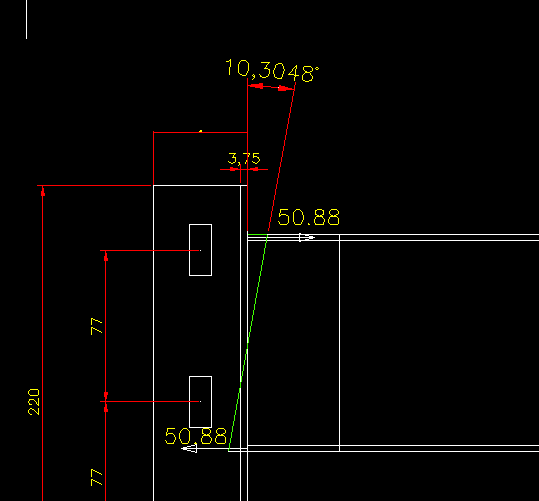
Verificação da rigidez da ligação

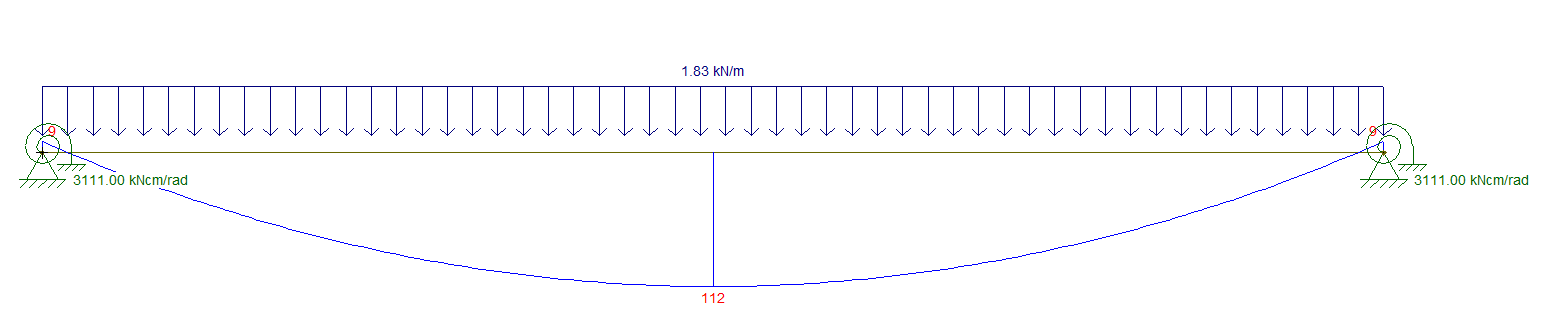
Efetuando o cálculo considerando que a garra tem contato direto com a coluna da montante.



Resolve-se a equação de 2 grau e a raiz real positiva resulta em 4,92cm

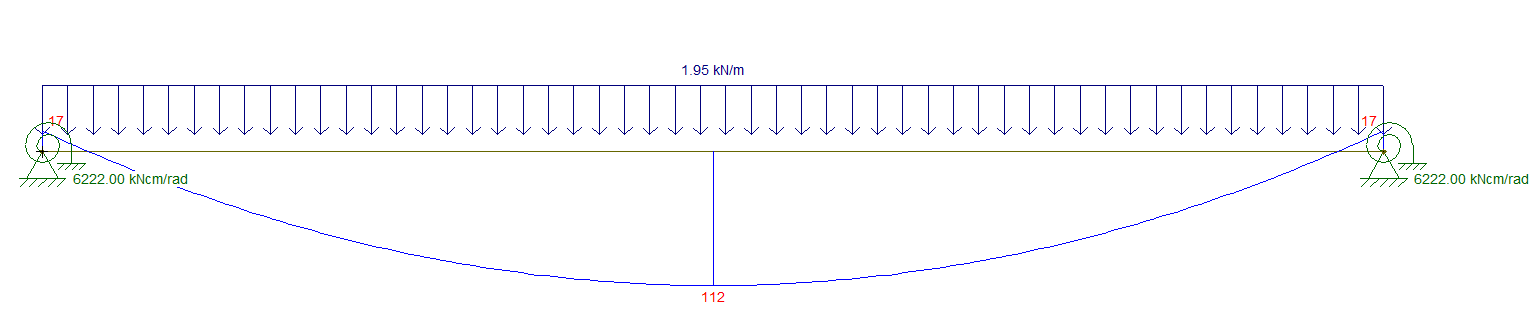






Q = 0,4352/4,8 = 0,091 kN/cm

Atualizando a rigidez



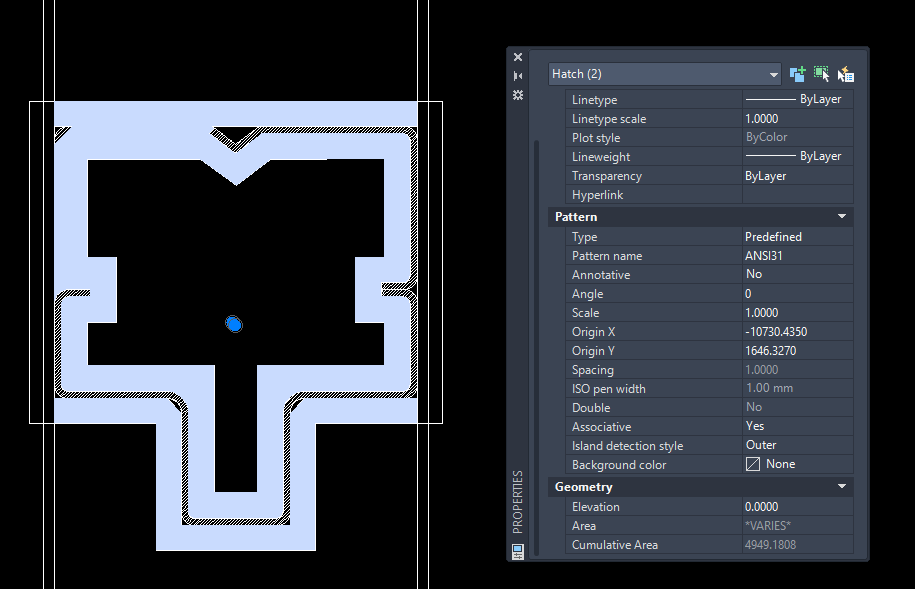
Q = 0,82/4,8 = 0,17 kN/cm

Verificação da garra ao esforço cortante

Vsd = 45 kN

Aef = (2 +5,1 +5,1 +2) . 0,375 = 5,32 cm²

Dimensionamento da canaleta de base

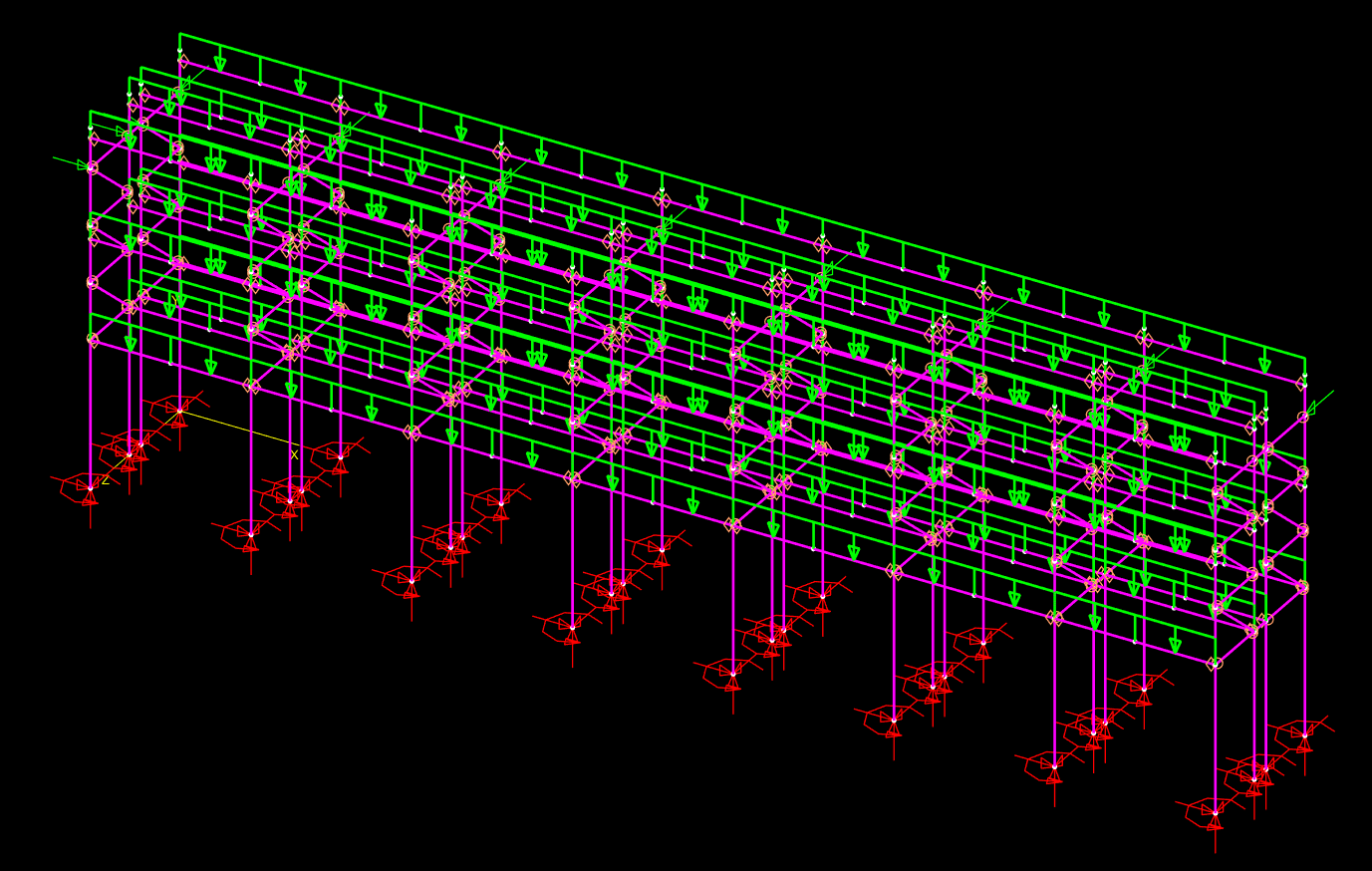


# REsultados da análise global da estrutura

Foi elaborada uma análise estrutural utilizando o software MASTAN2 versão 5.1

Para esta análise foi adotado o Método da Análise direta, que consiste em avaliar as deformações da estrutura em análise linear de primeira ordem elástica, comparando com as deformações obtidas na análise não linear elástica e incorporando as imperfeições geométricas e de material diretamente sobre o modelo, a saber:

Caso a relação de deformação 2 ordem/1 ordem supere 1,1, adota-se o módulo de elasticidade reduzido para 0,8E = 16000 kN/cm² e adicionamos cargas de perturbação horizontal para simular as excentricidades de montagem com taxa h/500 conforme determina o item 5.3.2.1 da NBR17150

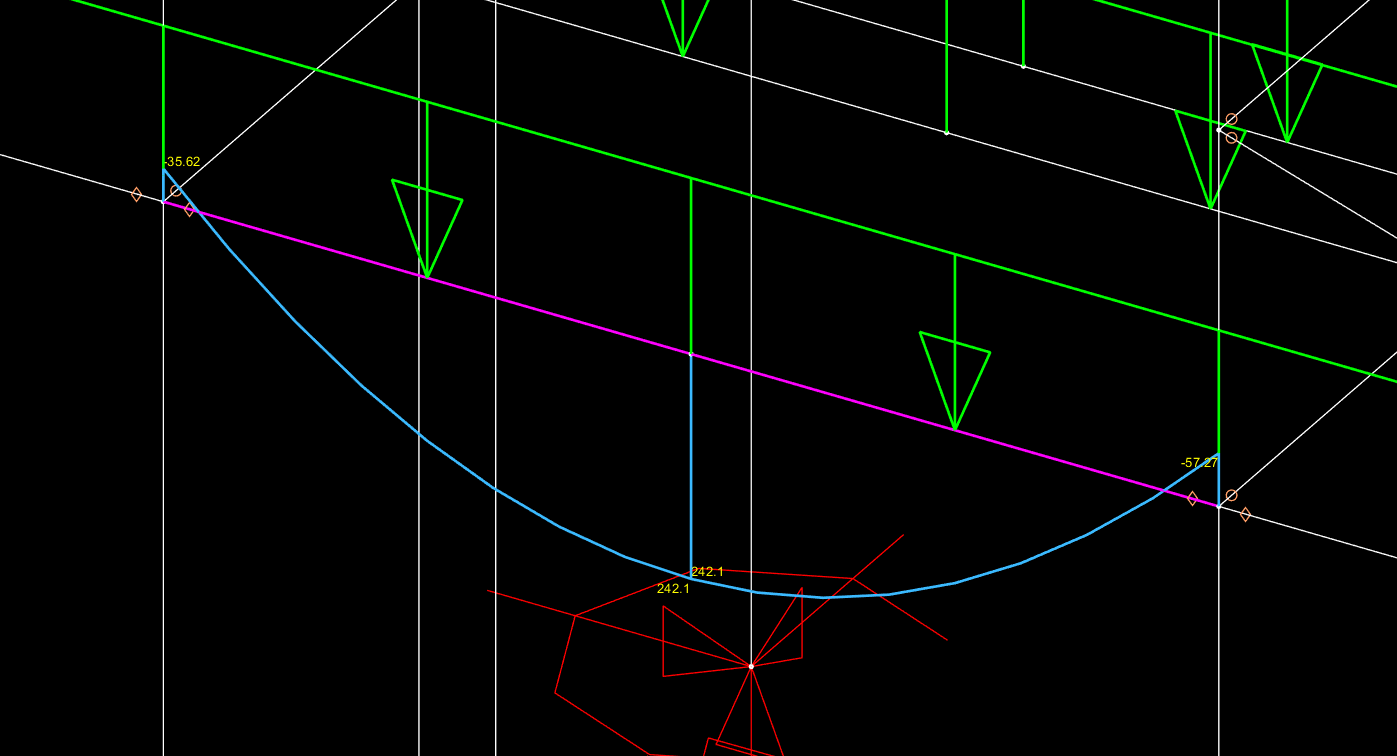


Carregamento das longarinas: 0,04 kN/cm; 4 kN/m

Cargas nocionais (X = 0,25 kN no topo, produzindo deslocamento 1,04cm ou 520 / 500, Y = 0,48 kN produzindo 1,04 cm na direção Z ou 520/500)

Módulo de elasticidade: 16000 kN/cm²

**Verificação das longarinas**



Msd = 242,1 kN.cm

Mrd = 382 kN.cm

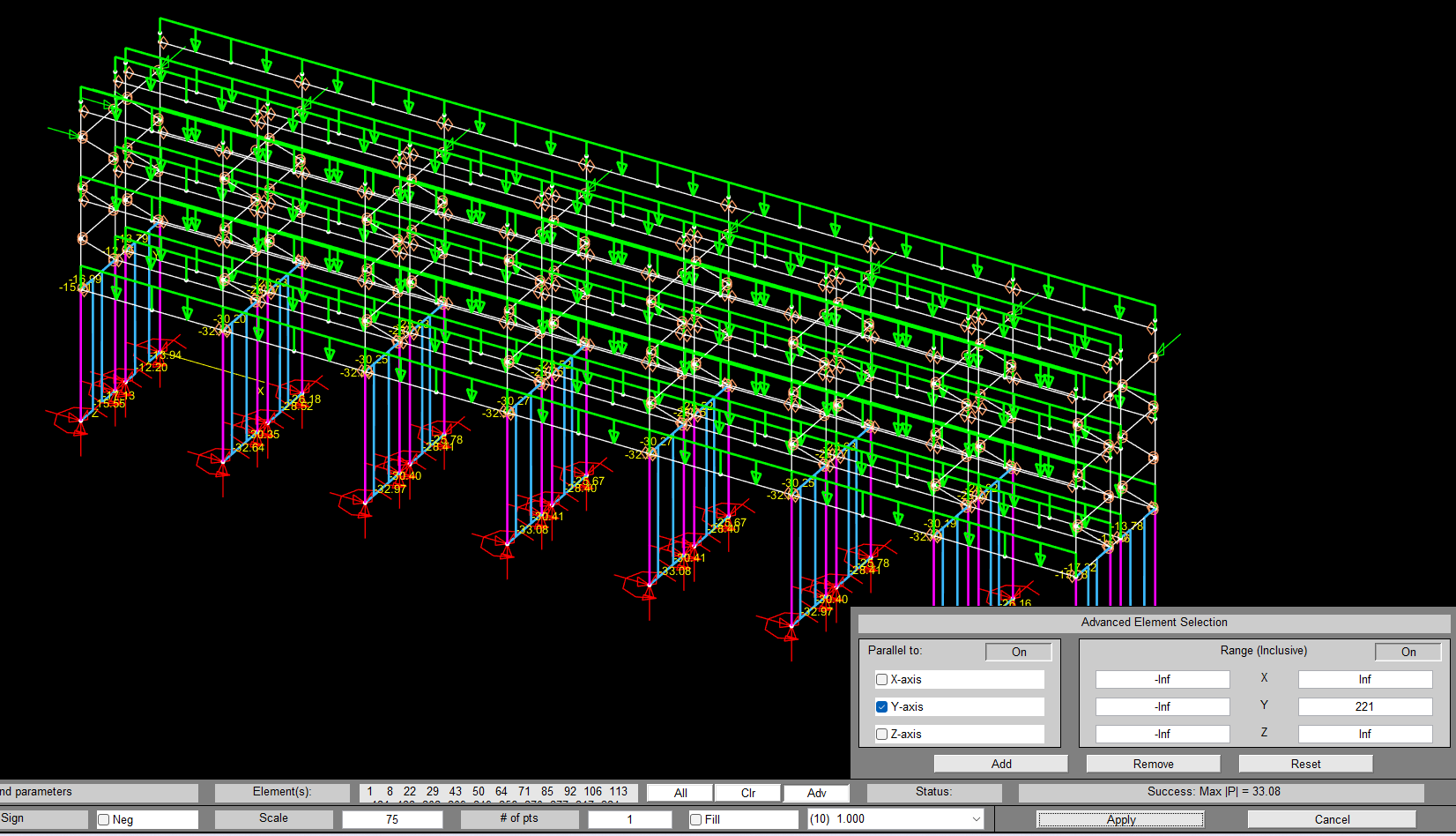
OK aprovado (63%)

Vsd = 4,93 kN

VRd = 22,68 kN

OK Aprovado (21,73%)

**Verificação da Coluna Inferior**

****

Máximo esforço de compressão = 33,08 kN

NcSd = 114,75 kN

OK Aprovado: 29%

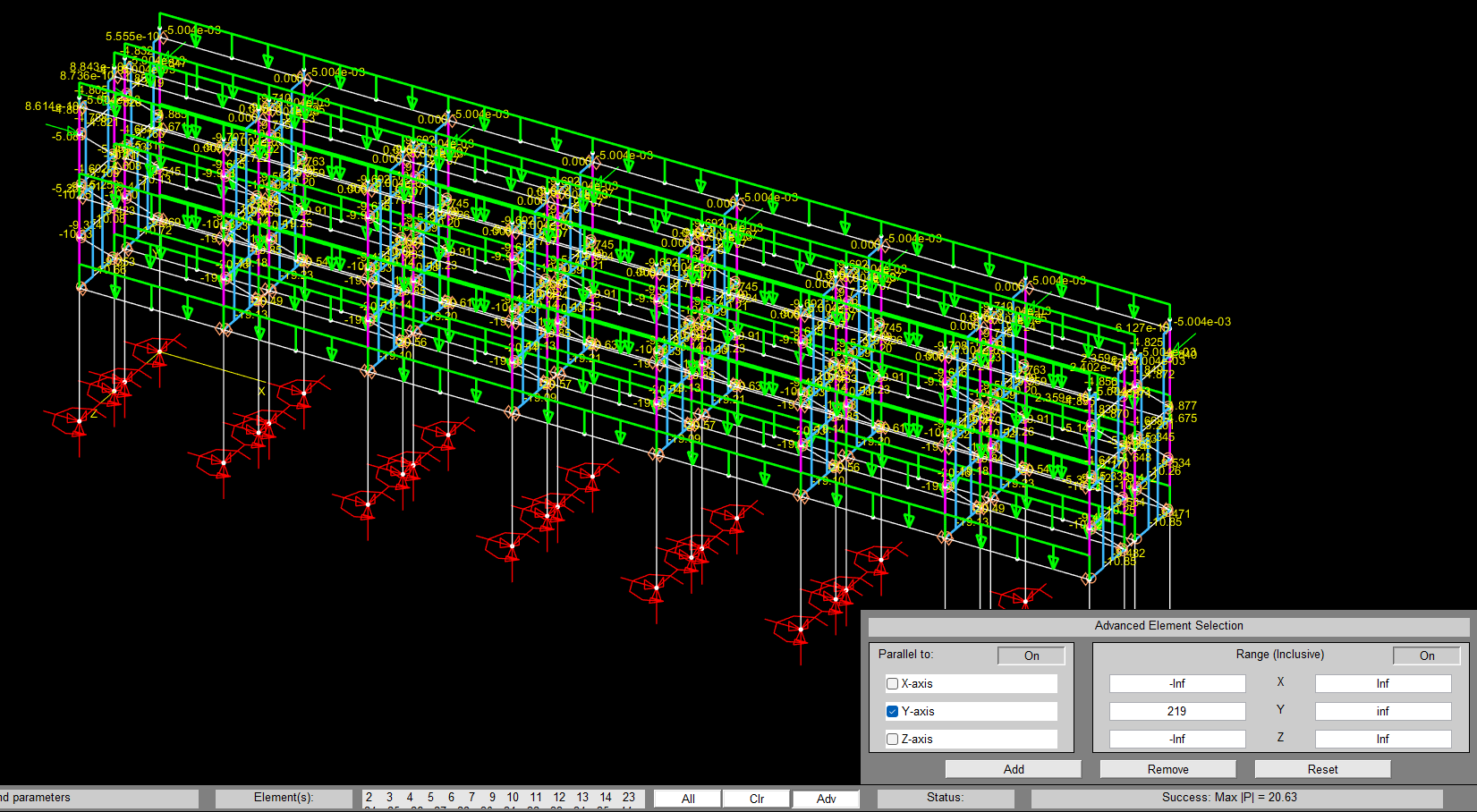
**Verificação das sapatas**

Máximo esforço de compressão = 33,08 kN

NcSd = 165 kN

OK Aprovado: 20%

**Verificação da coluna trecho superior**

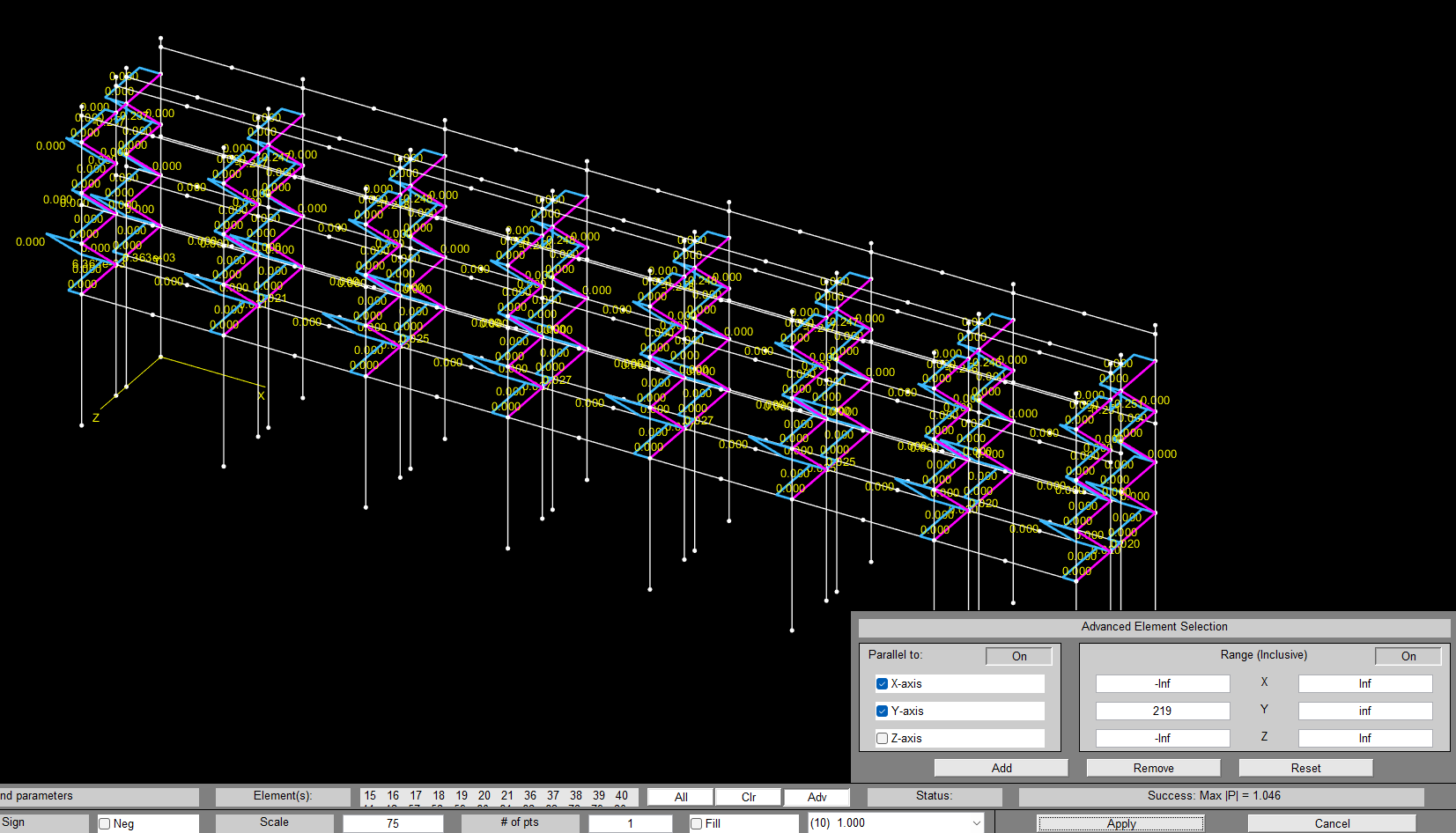


Máximo esforço de compressão = 20,63 kN

NcSd = 44,84 kN

OK Aprovado: 46%

**Verificação das Diagonais e Montantes:**



Máximo esforço de compressão = 1,046 kN

NcSd = 12,77 kN

OK Aprovado: 8,19%

Primeira estimativa da capacidade de carga do sistema porta pallets

Q = 4 kN/m em cada longarina.

Q = CP + CV = 1,25 x 0,0630 + 1,4 x CV = 4 kN/m

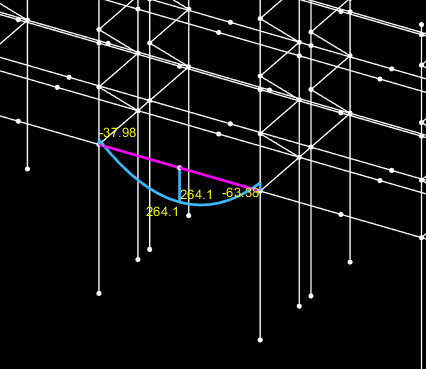
Temos, portanto, um carregamento total nominal de 2,80 x 2,30 x 2 = 12,88 kN por nível (ou por par de longarinas)

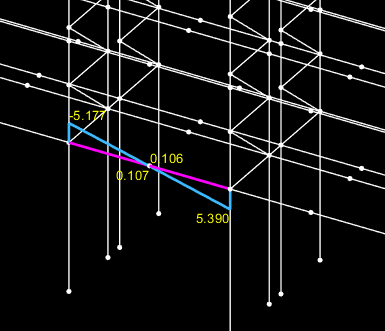
Cada palete portanto deve ter peso máximo de 12,88/2 = 6,44 kN ou aproximadamente 650 kg por palete.

Considerando o efeito de excentricidade do posicionamento da carga.

Q = 2 x (700/1200) x 12,88 = 15,02 kN/m

Q = CP + CV = 1,25 x 0,0630 + 1,4 x 3,06 = 4,37 kN/m





Msd = 264,1 kN.cm

Mrd = 382 kN.cm

OK aprovado (69%)

Vsd = 5,17kN

VRd = 22,68 kN

OK Aprovado (22,79%)

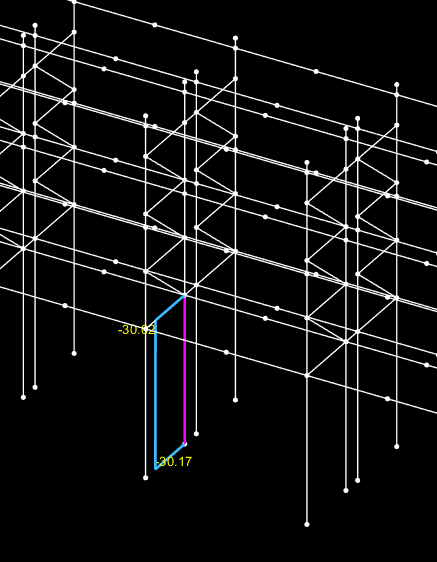
**Verificação da estrutura com as cargas de colocação horizontal**

Carga de colocação horizontal na direção do montante

Ph = 0,9 x 1,40 x 0,10 x 12,88 = 1,63 kN

Carga vertical para combinação ELU2

Q(ELU2) = 1,25 x 0,0630 + 0,9 x 1,40 x 2,80 = 3,61 kN/m

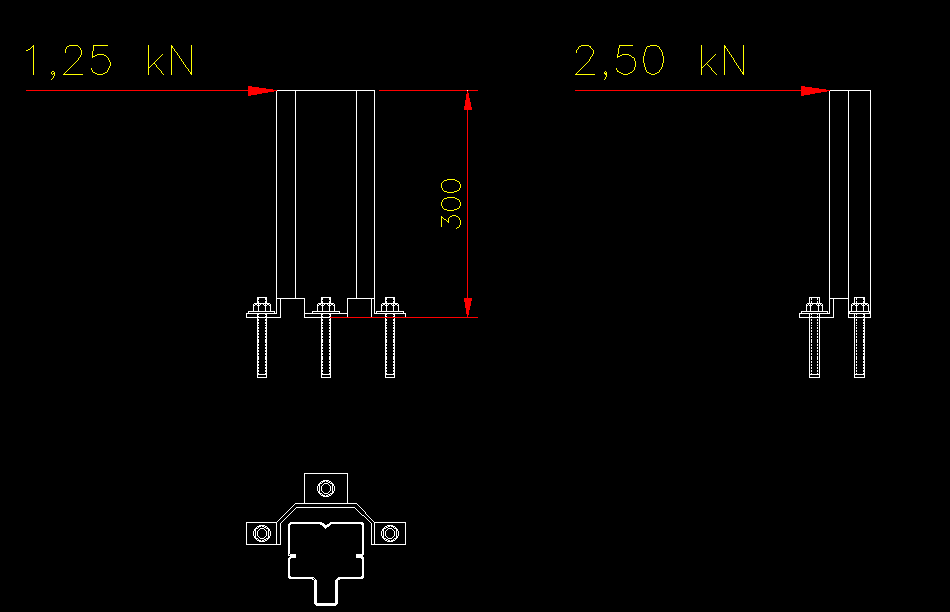


Máxima carga de compressão nos pilares duplos = 30,17 < 30,88 OK

Máxima carga de compressão nas colunas simples = 19,82 < 20,63 OK

Máxima compressão nas diagonais = 2,45 kN <12,77 kN OK

VERIFICAÇÃO DOS PROTETORES DE COLUNA (MIKE TYSON)



Na direção da montante (Z).

Mx = 2,50 x 30 = 75 kN.cm

Vz = 2,50 kN

Verificação do chumbador

Força de tração no parafuso mais solicitado: 75 / 6,3 = 11,90 kN

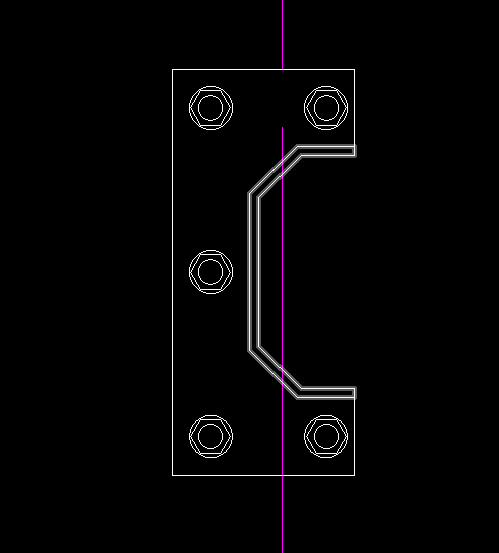
Esforço cortante: 2,50 / 3 = 0,83 kN

**Verificação da aba do protetor de coluna**

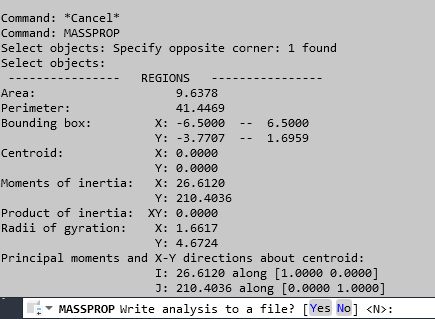
Na direção do montante

M = 11,90 x 2,6 = 30,94 kN.cm

Sugestão de intervenção



M = 11,90/3 x 2,6 = 30,94 kN.cm = 10,31 kN.cm



Verificação da esbeltez da aba livre AL

b/t = 30/4,76 = 6,30

Verificação da esbeltez do elemento AA

b/t = 81/4,76 = 17

Verificação do esforço cortante

Vsd = 2,5 kN

Na direção do corredor (Já considerando intervenção)

M = 1,25 . 30 = 37,5 kN.cm

Tração no chumbador mais externo:

T = 37,5 / (14 . 2) = 1,34 kN

V = 1,25 / 5 = 0,25 kN

M = 2 x 1,34 x 2,5 = 6,7 kN.cm

Considerando chapa ASTM A36

Considerando espessura t = 6,35mm

# Conclusões e recomendações

Após realização das análises estruturais, contata-se que a estrutura porta paletes instalada possui capacidade de 1300 kg por par de longarinas, ou 650 kg por unidade de carga.

Os protetores de colunas não estão aptos a suportar os esforços exigidos pelas normas vigentes, sendo, portanto, necessário realizar modificações, conforme descrito nesse memorial.

Sem mais

Eng. Felipe Jacob – CREASP 5069138036

10 de Junho de 2024