



**MEMORIAL DE CÁLCULO – REVISÃO 00**

**VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL – SISTEMA DE LINHA DE VIDA PARA RESTRIÇÃO DE  
QUEDA  
MC01/2021**

**06/04/2021**

Cliente: C3 Equipamentos para Construção Civil Ltda.

CNPJ: 18.029.831/0001-51

Endereço: Rua Alestio Antonio Suzin, 267

CEP: 95045-157

Cidade: Caxias do Sul

Estado: RS

Telefone: +55 54 3211.8700

## Sumário

1. Objetivo .....	3
2. Referências Normativas .....	3
3. Dados de Entrada e Condições de Segurança .....	3
4. Material Utilizado para o Tubo de Ancoragem .....	4
5. Material Utilizado para o Cabo de Aço .....	4
6. Fatores de Segurança Aplicados – Conforme NR 18.....	5
7. Componentes do Sistema .....	5
8. Dimensionamento do Cabo de Aço.....	7
9. Dimensionamento da Ancoragem .....	8
10. Flechas de Referência para Cálculo do Raio de Restrição .....	11
11. Conclusões.....	11

## **1. Objetivo**

Realizar a verificação estrutural para demonstração da capacidade de carga de sistema de restrição de queda (sistema elaborado para limitação de movimentação do trabalhador em locais com risco de queda), conforme condições de instalação e segurança especificadas, para:

- Linha de vida com tubos de ancoragem passante entre lajes curadas;
- Linha de vida com tubos de ancoragem com tripé de suporte para apoio em casos onde é necessário a restrição de movimento no nível da laje em fase de construção.

## **2. Referências Normativas**

- NR 18 – Condições de Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção
- NR 35 – Trabalho em Altura
- AISC 360 - Specification for Structural Steel Buildings

## **3. Dados de Entrada e Condições de Segurança**

- Considerado apenas 1 trabalhador por tramo, representando o carregamento de 100 kgf;
- Os vãos do sistema de restrição considerado no documento são determinados entre 4,0 m e 8,0 m;
- A altura máxima de instalação do cabo de aço em relação ao último pavimento é definida em 1,5 m;
- Por se tratar de um sistema de restrição de queda, apenas o dimensionamento estático será considerado;
- A folga de instalação ou flecha de instalação de 14,5% do vão entre ancoragens deve ser rigorosamente respeitada para limitar as respectivas reações nos tubos de ancoragem.

- Os raios de restrição do operador devem ser respeitados de acordo as flechas de referência calculadas neste documento. A determinação do raio de restrição é sempre calculada com base na flecha de referência de acordo com o vão somada ao comprimento do talabarte utilizado.
- A seção padronizada para o tubo de ancoragem é  $\varnothing 76,2 \times 2,65$  mm;
- O cabo de aço padronizado para o sistema é  $\varnothing 5/16''$  Tipo Seale 6x19 com Alma de Fibra;
- Os tubos padronizados para o sistema de tripé têm seção retangular padronizada de  $50 \times 30 \times 2,65$  mm.
- O cabo de aço em cada vão necessita ser travado em cada ancoragem, para que sempre trabalhe travado em dois pontos, longitudinalmente.

#### **4. Material Utilizado para o Tubo de Ancoragem**

Para construção da ancoragem do sistema de restrição foi considerado um aço estrutural com as seguintes propriedades mecânicas, como valor mínimo especificado:

- Limite de Escoamento:  $250 \text{ N/mm}^2$
- Limite de Ruptura:  $440 \text{ N/mm}^2$
- Módulo de Elasticidade:  $200000 \text{ N/mm}^2$

#### **5. Material Utilizado para o Cabo de Aço**

Para o cabo de aço do sistema de restrição foi considerado um cabo tipo 6x19 Seale Alma de Fibra com as seguintes propriedades mecânicas, como valor mínimo especificado:

- Resistência à Tração Mínima:  $1569 \text{ N/mm}^2$
- Módulo de Elasticidade:  $88260 \text{ N/mm}^2$

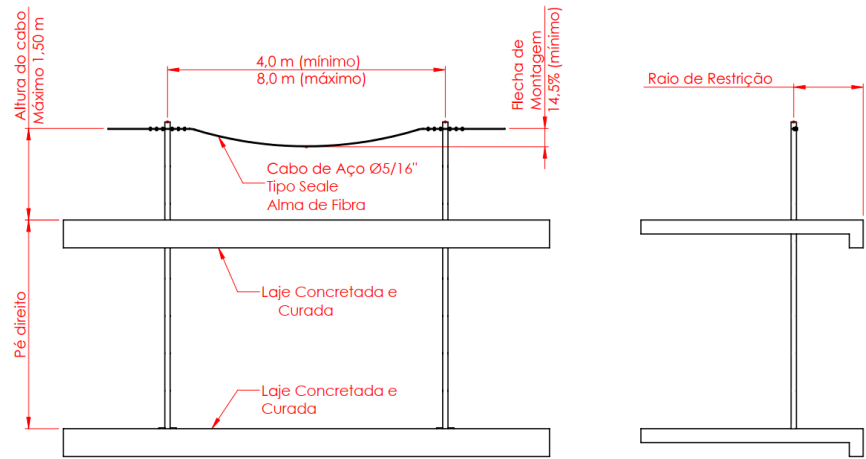
6. Fatores de Segurança Aplicados – Conforme NR 18

ABNT NBR 16200:2013 especifica os seguintes coeficientes de segurança (Tab. 4):

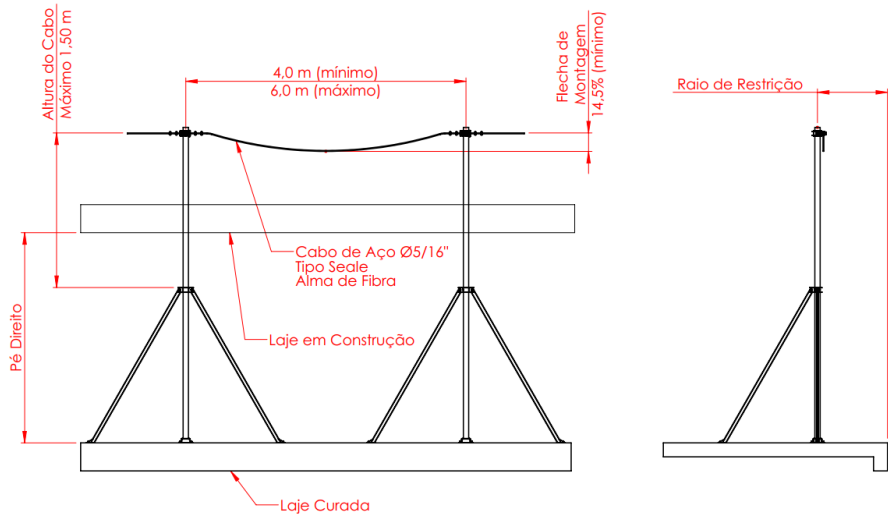
Componente	Coef. de Segurança	Tensão Admissível
Ancoragem	1,20	208 N/mm <sup>2</sup>
Cabo de Aço	5,00	314 N/mm <sup>2</sup>

7. Componentes do Sistema

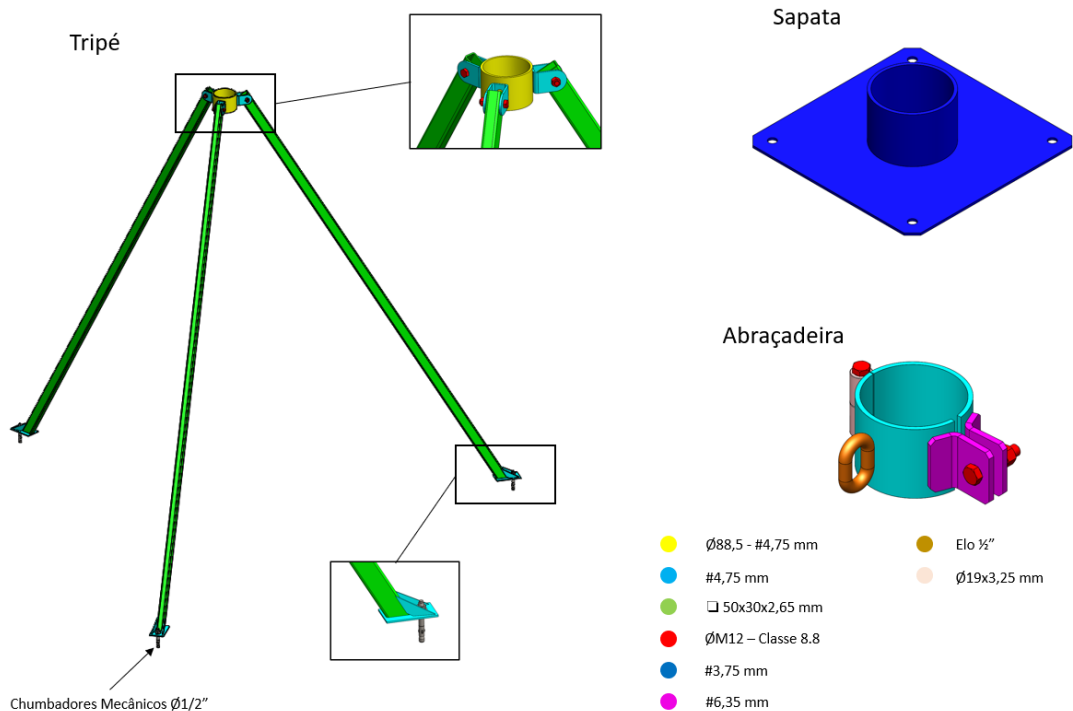
Opção 1 (Sistema com ancoragem passante entre lajes curadas):



Opção 2 (Sistema com ancoragem com tripé de suporte):

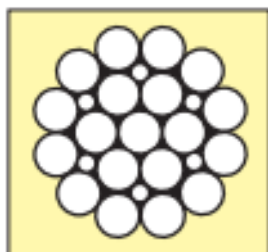


Demais componentes e acessórios do sistema:



Cabo de aço:

Ø5/16" 6x19 Tipo Seale Alma de Fibra – IPS (1570 – 1960 N/mm<sup>2</sup>) – Galvanizado

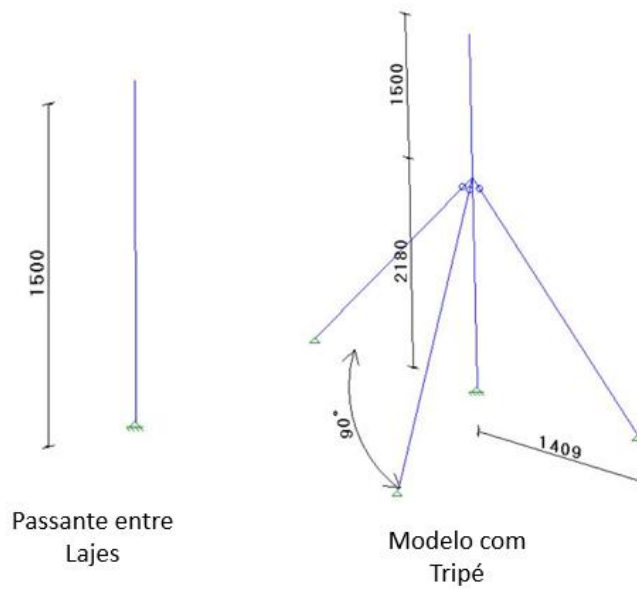


8. Dimensionamento do Cabo de Aço

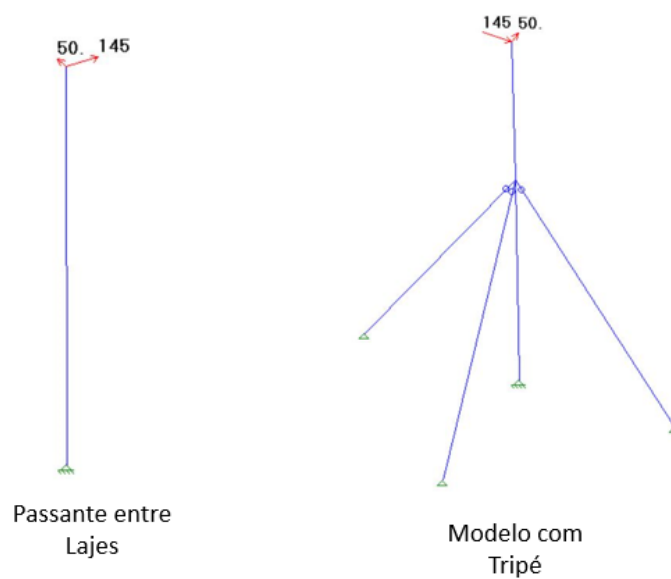
Planilha de Cálculo Cabo de Aço - Linha de Vida de Restrição de Queda - NR-18 / NR-35													
Peso do Operário [kgf]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Qtd. de Operários Conectados por Vão	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vão [cm]	400,00	450,00	500,00	550,00	600,00	650,00	700,00	750,00	800,00				
% Flecha de Montagem	13,50%	13,50%	13,50%	13,50%	13,50%	13,50%	13,50%	13,50%	13,50%				
Flecha de Montagem [cm]	54	60,75	67,5	74,25	81	87,75	94,5	101,25	108				
Comprimento do Cabo Parabólico [cm]	419	472	524	577	629	682	734	786	839				
Flecha Triangular de Montagem [cm]	63	71	79	87	95	103	110	118	126				
Força Inicial no Cabo (Iteração) [kgf]	387	388	389	390	391	392	393	394	395				
Ø do Cabo de Aço (6x19 Af) [pol]	5/16"	5/16"	5/16"	5/16"	5/16"	5/16"	5/16"	5/16"	5/16"				
Força Elástico do Cabo (6x19 Af) [kgf/cm²]	9,00E+05	9,00E+05	9,00E+05	9,00E+05	9,00E+05	9,00E+05	9,00E+05	9,00E+05	9,00E+05				
Área Metálica do Cabo [cm²]	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26				
Carga de Ruptura do Cabo [kgf]	3755	3755	3755	3755	3755	3755	3755	3755	3755				
Alongamento Inicial do Cabo [cm]	0,69	0,78	0,86	0,95	1,04	1,13	1,22	1,31	1,40				
Flecha Dinâmica do Cabo [cm]	64,2	72,3	80,3	88,3	96,4	104,4	112,5	120,5	128,5				
Força Trativa no Cabo [kgf]	163	163	163	163	163	163	163	163	163				
Ângulo Cabo Deformado [°]	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8				
Reação Paralela ao Cabo [kgf]	156	156	156	156	156	156	156	156	156				
Reação Perpendicular ao Cabo [kgf]	50	50	50	50	50	50	50	50	50				
Fator de Segurança Cabo	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0				
Verificação do Cabo de Aço	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK				

## 9. Dimensionamento da Ancoragem

Cotas do modelo (em mm):

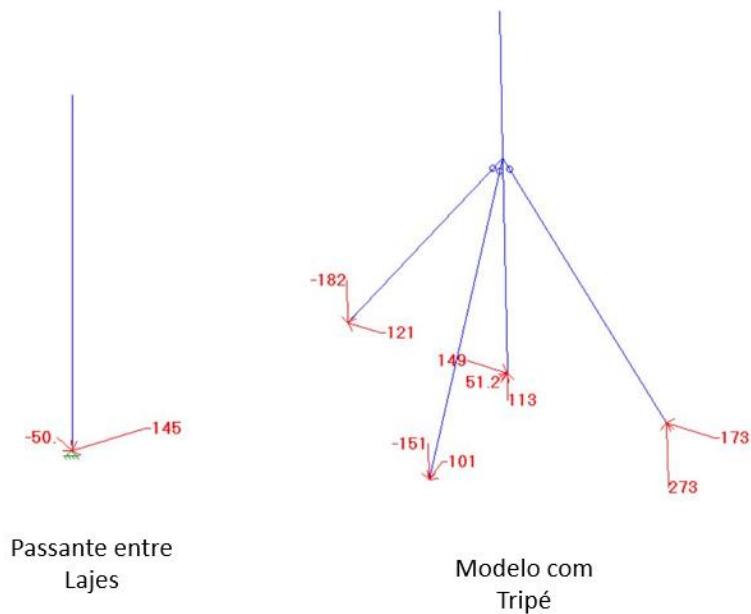


Cargas Aplicadas (reações do cabo, em kgf):

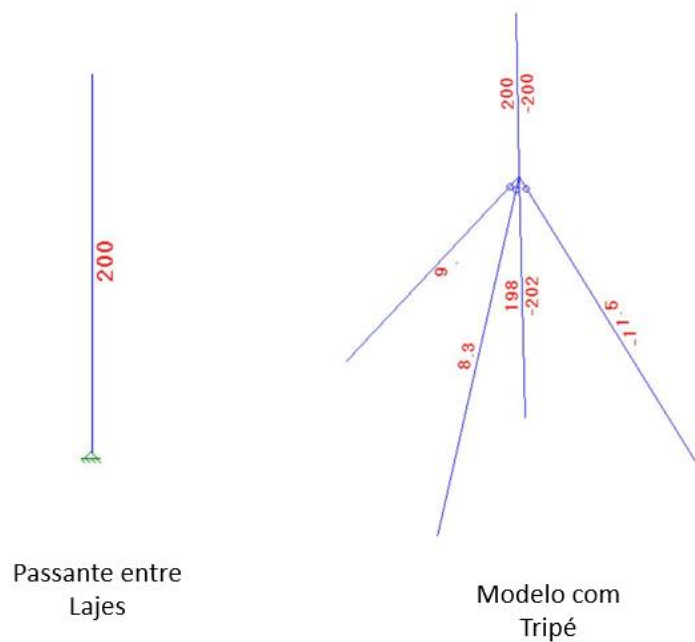




Reações de apoio da ancoragem (em kgf):

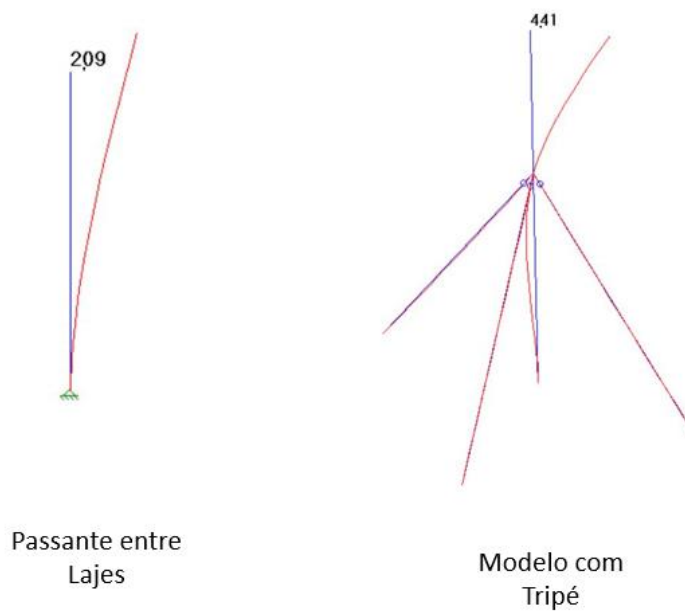


Tensões na ancoragem (em N/mm<sup>2</sup>):

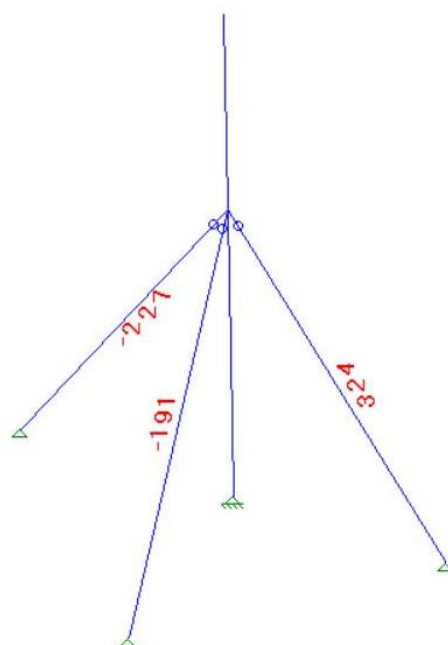


Tensão máxima = 202 N/mm<sup>2</sup> < 208 N/mm<sup>2</sup> → OK

Deslocamentos na ancoragem (em cm):



Esforços axiais no tripé (em kgf):



Carga máxima de compressão = 324 kgf

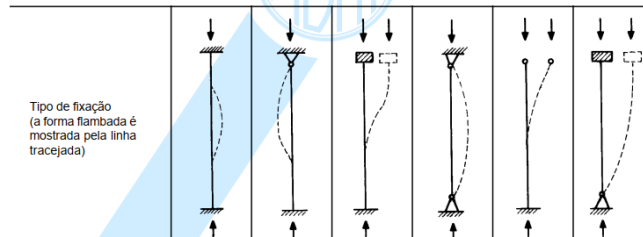
## Verificação de flambagem do tripé:

### Verificação de Flambagem AISC 360-16 (ASD)

Comp.: Tubo Tripé Linha de Vida de Restrição de Queda

$\Omega$	1,67	Coef. Segurança (AISC - ASD)
P	324,0 kgf	Carga de Compressão Aplic.
E	200000,0 MPa	Módulo de Elasticidade
Fy	250,0 MPa	Limite de Escoamento do Material
K	1,0	Fator de Comprimento
I1	30,0 mm	Base da Seção
I2	50,0 mm	Altura da Seção
e	2,7 mm	Espessura do Tubo
L	2550,0 mm	Comprimento Destravado
A	395,9 mm <sup>2</sup>	Área da Seção
I	128660,7 mm <sup>4</sup>	Momento de Inércia da Seção
r	18,0 mm	Raio de Giração
Lc	2550,0 mm	Comprimento Efetivo de Flambagem
Lc/r	141,5	Elbeltez
Fe	31,4 MPa	Tensão Elástica de Flambagem
Fy/Fe	7,96	Valor Comparativo
Fcr	27,5 MPa	Tensão Crítica de Flambagem
Pn	665,518 kgf	Carga de Compressão Adm.
Verificação	OK	

Tabela 41 - Fator de multiplicação para determinação do comprimento de flambagem



Tipo de fixação (a forma flambada é mostrada pela linha tracejada)						
Valor teórico de K	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valor de projeto de K	0,65	0,80	1,2	1,0	2,1	2,0

## 10. Flechas de Referência para Cálculo do Raio de Restrição

As flechas de referência demonstradas na tabela abaixo devem ser consideradas para definição do raio de ação do operador e consequentemente a distância de instalação da ancoragem em relação a borda da laje. Para determinação do raio de restrição do operador deve-se considerar a soma da flecha de referência conforme o vão utilizado com o comprimento do talabarte utilizado.

**Raio de Restrição = Flecha de Ref. + Comp. do Talabarte**

	Flecha de Referência para Definição do Raio de Restrição [cm]								
Vão [cm]	400,00	450,00	500,00	550,00	600,00	650,00	700,00	750,00	800,00
Tipo Passante Entre Lajes	66,3	74,4	82,4	90,4	98,5	106,5	114,5	122,6	130,6
Tipo com Tripé de Suporte	68,7	76,7	84,7	92,8	100,8	108,8	116,9	124,9	132,9

## 11. Conclusões

De acordo com os requisitos especificados pelas referências normativas informadas no item 2, as linhas de vida para retenção de queda, tipo passante entre lajes curadas e tipo com tripé de suporte (para casos onde é necessária a proteção contra quedas

em lajes na fase de construção), estão aptas para utilização conforme o especificado neste documento. As ancoragens, em ambos os tipos, estão aptas a suportar uma reação de 163 kgf, gerada por um operador por vão com carga de 100 kgf. Para que a reação calculada na ancoragem seja atendida, a flecha de montagem do cabo padrão de  $\varnothing 5/16''$  deve ser sempre de 14,5%, independentemente do vão utilizado (intervalo entre 4,0 e 8,0 m).



---

Msc. Giuliano Dal Bó  
Engenheiro Mecânico  
CREA RS189165