Documentos de Referência:

DE-3.26.03.01/4J2-001 A DE-3.26.03.01/4J2-018

Documento Resultante:

MC-3.26.03.01/4J2-001

Observações

Sumário

[1 BREVE DESCRITIVO 3](#_Toc423700821)

[1.1 Materiais 3](#_Toc423700822)

[1.2 Geometria do apoio. 3](#_Toc423700823)

[2 Modelo de Cálculo 4](#_Toc423700824)

[2.1 STRAP 4](#_Toc423700825)

[2.2 MIDAS CIVIL 5](#_Toc423700826)

[3 Carregamentos 6](#_Toc423700827)

[3.1 Carregamentos Permanentes. 6](#_Toc423700828)

[3.2 Carregamentos Acidentais. 8](#_Toc423700829)

[4 Dimensionamento das estacas 11](#_Toc423700830)

[4.1 Modelo de cálculo 11](#_Toc423700831)

[4.2 Sondagens 13](#_Toc423700832)

[4.3 Dimensionamento estutural 22](#_Toc423700833)

[5 Dimensionamento do Bloco de Fundação 28](#_Toc423700834)

[6 Dimensionamento da Travessa 29](#_Toc423700835)

[6.1 Modelo de Cálculo 29](#_Toc423700836)

[6.2 Dimensionamento 30](#_Toc423700837)

[7 DIMENSIONAMENTOS DOS PILARES 36](#_Toc423700838)

[7.1 Esforços Solicitantes 36](#_Toc423700839)

[7.2 Verificação do Estado Limite Ultimo 38](#_Toc423700840)

[8 Verificação do Neoprene 39](#_Toc423700841)

Obra: Viaduto sobre Bem Tombado

Objeto: Projeto Básico Estrutural - Infraestrutura e Mesoestrutura

# BREVE DESCRITIVO

Obra composta por trecho em caixa estaqueada ao início e final da obra, trecho com superestrutura mista de vigas metálicas e vãos metálicos apoiadas sobre travessas do tipo “T” invertido e pilar parede sobre bloco de estacas do tipo raiz, e superestrutura em concreto apoiadas em travessas do tipo “T” invertido e pilar parede sobre bloco de estacas do tipo raiz. A mesma solução de mesoestrutura e infraestrutura se aplica, portanto, para as soluções de superestrutura mista e de concreto.

Será apresentado a seguir um apoio da obra com a travessa do tipo “T” invertido apoiado sobre pilar parede e blocos de estacas do tipo raiz de Ø41cm.

## Materiais

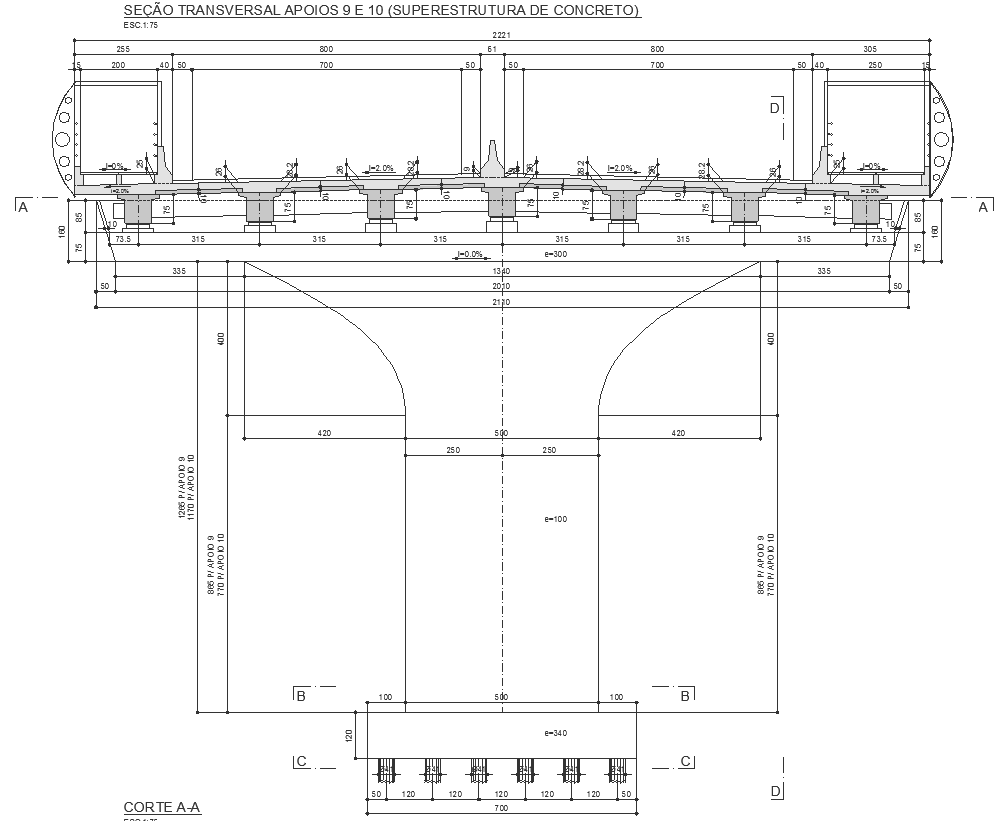
Aço comum: CA-50 fyk = 500 MPa

Concreto das travessas: fck = 35 MPa

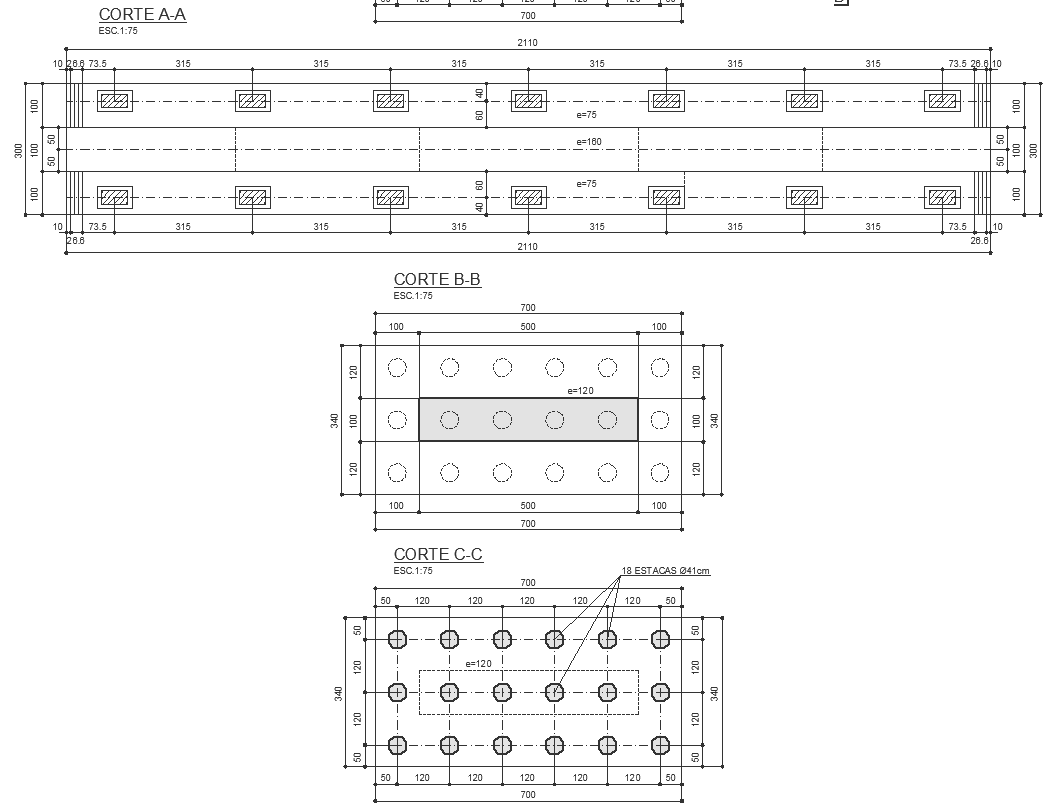
Concreto dos pilares e blocos: fck = 30 MPa

Concreto das estacas raiz: fck = 25 MPa

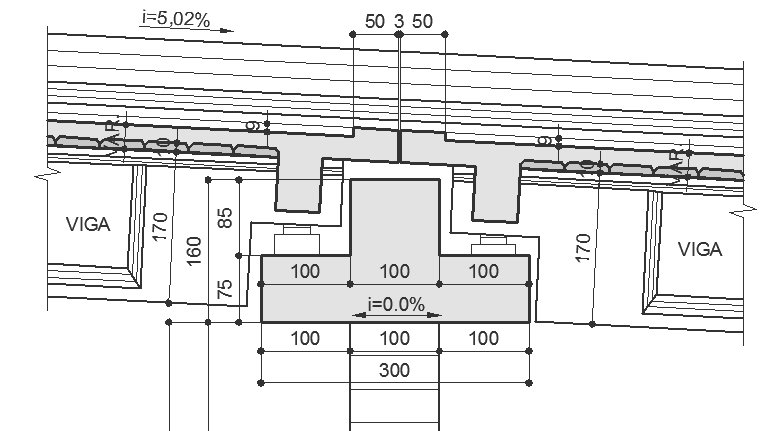
## Geometria do apoio.

******

Seção transversal.

******

Cortes da travessa e do bloco de fundação com estacas do tipo raiz.

******

Corte longitudinal da travessa.

# Modelo de Cálculo

O apoio foi analisado em dois programas de cálculo. As travessas e estacas foram analisadas com o STRAP e o pilar com o MIDAS CIVIL.

## STRAP

O programa utilizado para o cálculo da travessa e estacas foi o STRAP - Structural Analysis Program

A estrutura foi discretizada em elementos de barras e elementos finitos compondo um modelo estrutural em grelha plana. Este modelo foi gerado para determinação dos esforços nos elementos estruturais vigas e lajes. Utilizamos o programa de cálculo STRAP versão 11.5 (Structural Analysis Program).

O software análise estrutural, STRAP, é um conjunto de programas destinados a geração da geometria do modelo, composição de cargas e verificação de resultados.

Para facilitar a construção de modelos estruturais, o programa STRAP está subdividido, com relação ao tipo de estrutura, em: Frame Plane – estruturas planas, Grid – grelha, Space – estruturas espaciais e Truss-treliças. O modelo utilizado para o cálculo do tabuleiro foi o de Grid – estrutura em grelha plana.

**As etapas de análise de um modelo são:**

1 - Geração da geometria, características das propriedades mecânicas das barras e restrições de apoio;

2 - Discretização dos carregamentos da estrutura, tais como: peso próprio, sobrecargas, cargas móveis, etc.

3 - Cálculo do modelo

4 - Verificação dos resultados.

## MIDAS CIVIL

O programa utilizado para o cálculo do pilar foi Midas Civil Advanced da firma Midas Information Tecnology Co. Ltd.

Este é um programa específico para o projeto de pontes adquirido pela ENESCIL que inclui as seguintes análises complementares aos programas convencionais do mercado:

Unlimited numbers of Nodes/Elements/Load Combinations: ilimitado número de elementos, nós e combinações;

Efeito da protensão (traçado, perdas por atrito, encunhamento, encurtamento elástico e relaxamento);

Time-dependent material properties: que corresponde às analise de retração e fluência do concreto ao longo do tempo;

Tapered beam: elementos com seções variáveis;

Moving Load analysis: análise da carga móvel através de linhas de influência

Abaixo transcrevemos para ilustrar as capacidades e análises que o programa permite:

**MIDAS/Civil** allows **unlimited numbers of nodes and elements in a structural model. Nor does it limit the numbers of load cases and load combinations**. It also supports **Batch analysis** such that a number of structural analysis models can be executed consecutively.

Static Analysis

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Linear Static Analysis |
|  |  | Thermal Stress Analysis |

Dynamic Analysis

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Free Vibration Analysis |
|  |  | Response Spectrum Analysis (SRSS, CQC & ABS) |
|  |  | Time History Analysis |

Geometric Non-linear Analysis

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | P-delta Analysis |
|  |  | Large Displacement Analysis |

Buckling Analysis

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Critical Buckling load factors |
|  |  | Buckling Modes |

Moving Load Analysis

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Influence Line Analysis |
|  |  | Influence Surface Analysis |

Heat Transfer Analysis (Conduction, Convection & Radiation)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Steady State Analysis |
|  |  | Time Transient Analysis |

Heat of Hydration Analysis

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Thermo-elastic Analysis (Temperature stress) |
|  |  | Maturity, Creep, Shrinkage & Pipe Cooling |

Construction Stage (Sequence) Analysis

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Time dependent Material Properties |
|  |  | Boundary Group |
|  |  | Static Load Group |

Other Analysis Features

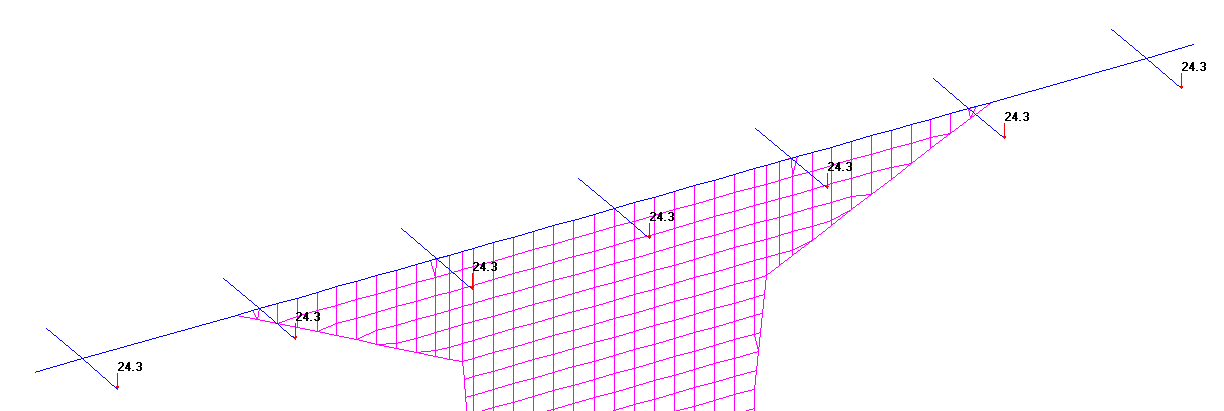
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Analysis for finding Unknown Forces by Optimization. |
|  |  | Bridge Structure Analysis considering Support Settlements. |
|  |  | Structural Steel Bridge Analysis reflecting before and after Composite Actions. |

# Carregamentos

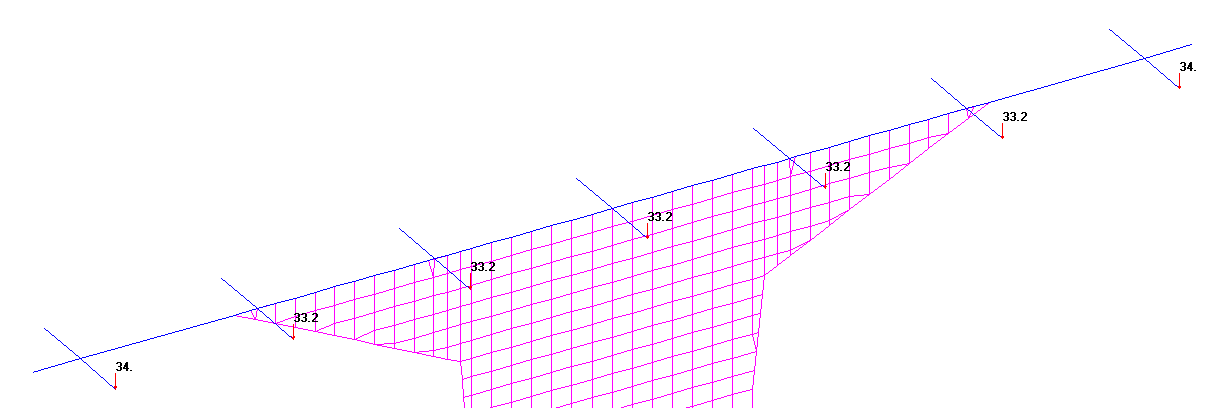
## Carregamentos Permanentes.



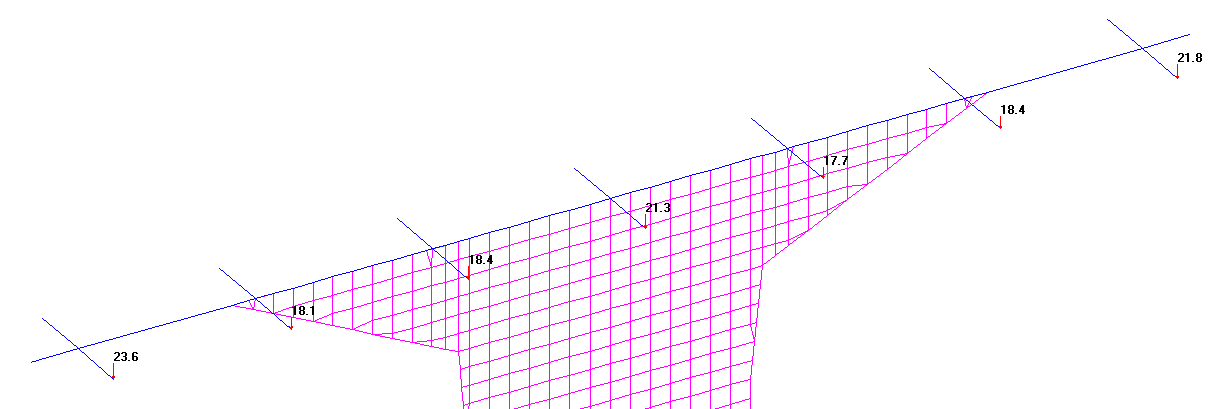
Os carregamentos foram inseridos de forma nodal na travessa.



Carga g1 no vão anterior.

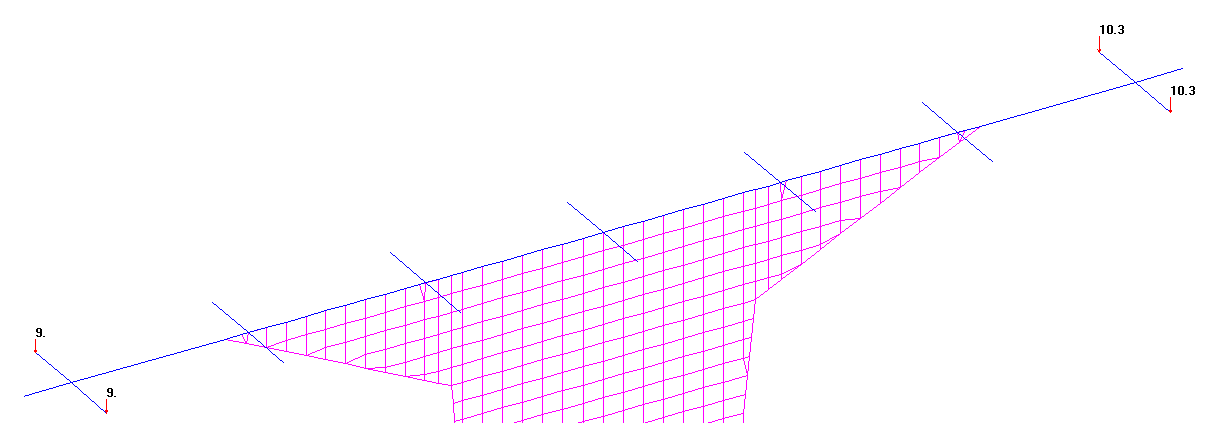


Carga g2 no vão anterior.



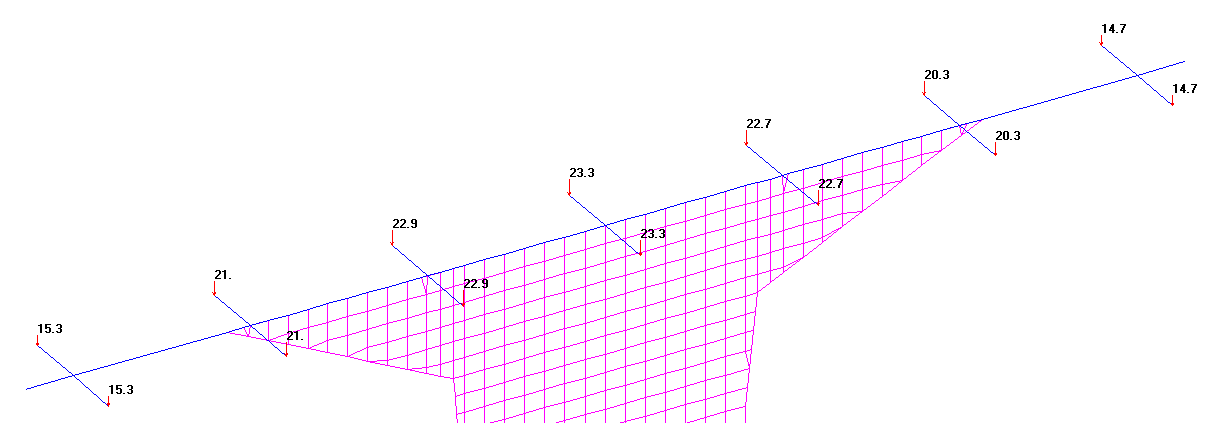
Carga g3 no vão anterior.

## Carregamentos Acidentais.

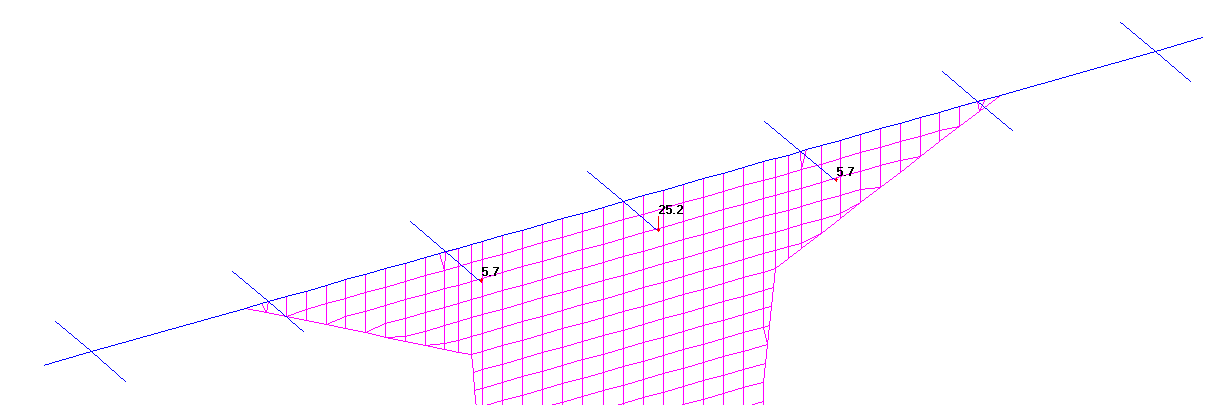


Ação da água. Item 11.4.1.3

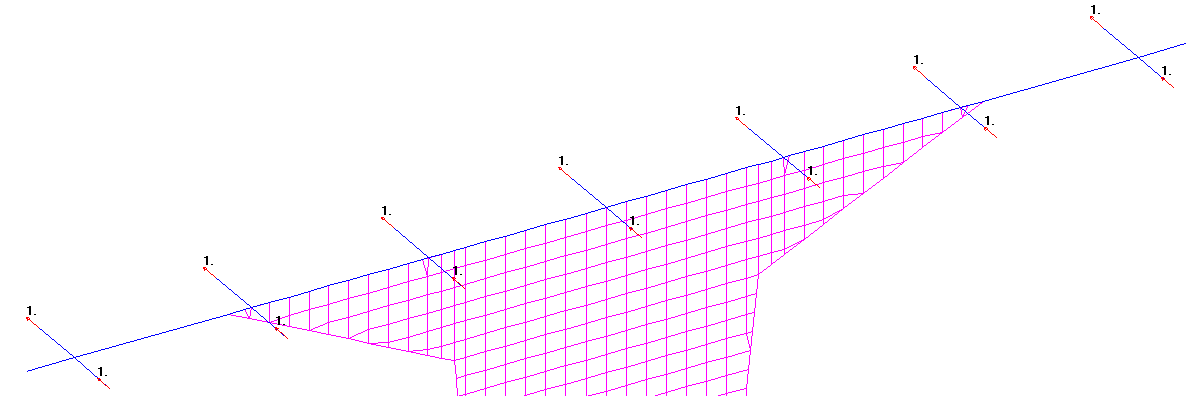




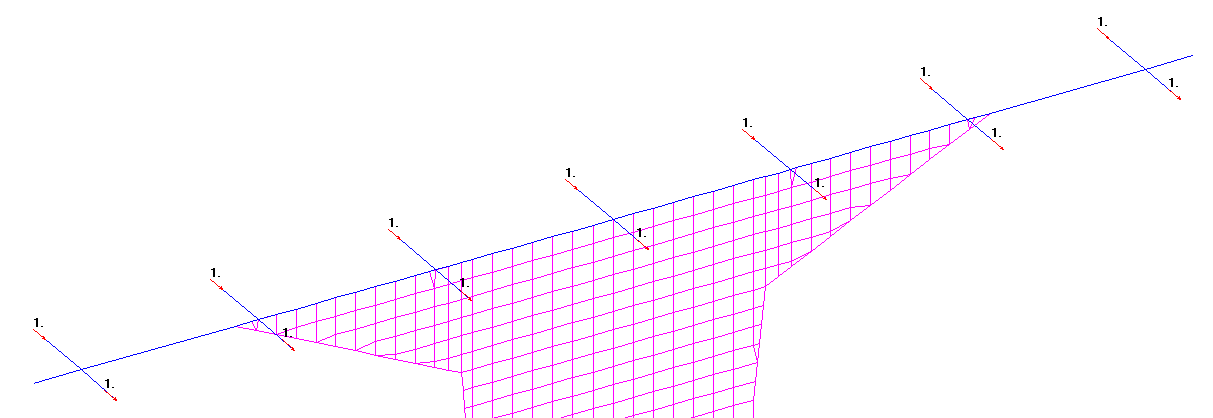
Multidão sobre todo o tabuleiro e passeios



Veículo sobre viga V4 do vão anterior.

Frenagem e Aceleração ⬄ Hf = 0.25x16x35 = 1 tf por viga 

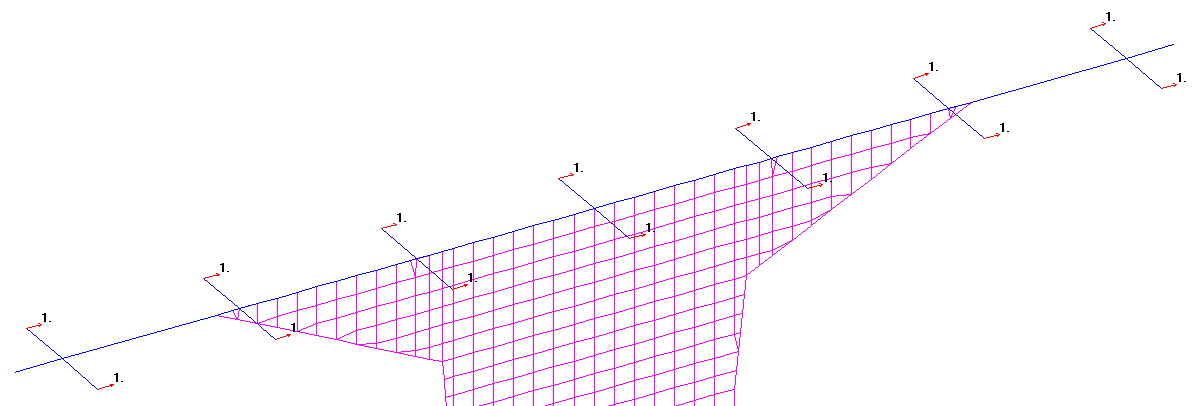
Frenagem.



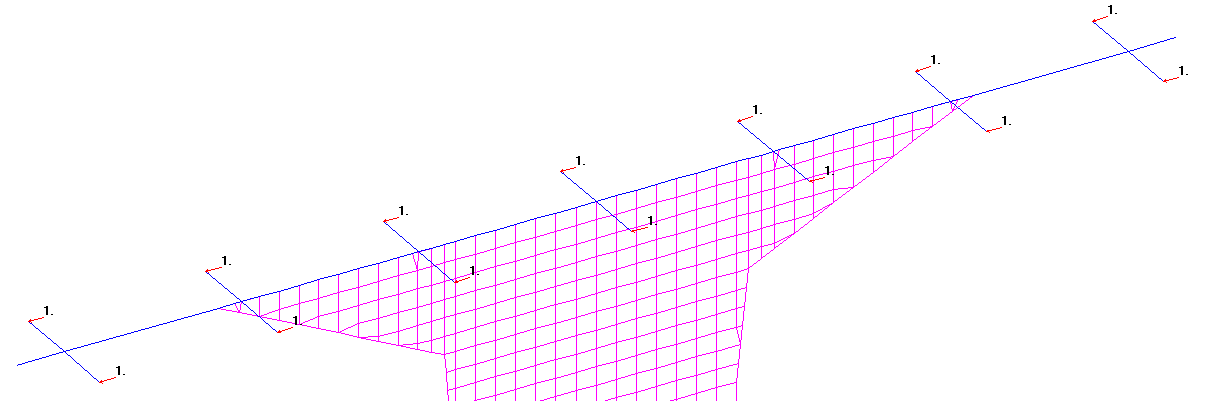
Aceleração.

Vento > 0.15x(1.7+0.3+0.8)x35; 0.10x(1.7+0.3+2)x35

Vento = 1.05 tf/viga

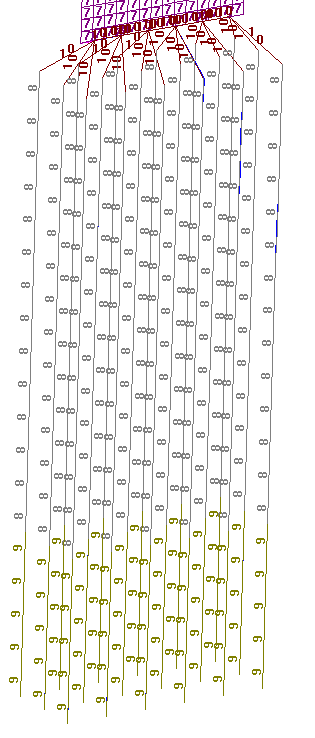


Vento 1

 Vento 2

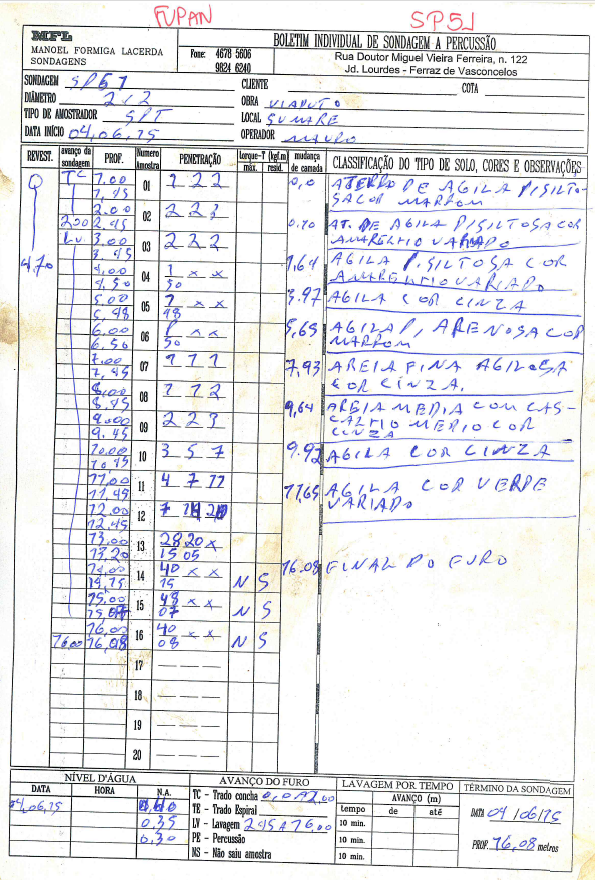
# Dimensionamento das estacas

## Modelo de cálculo

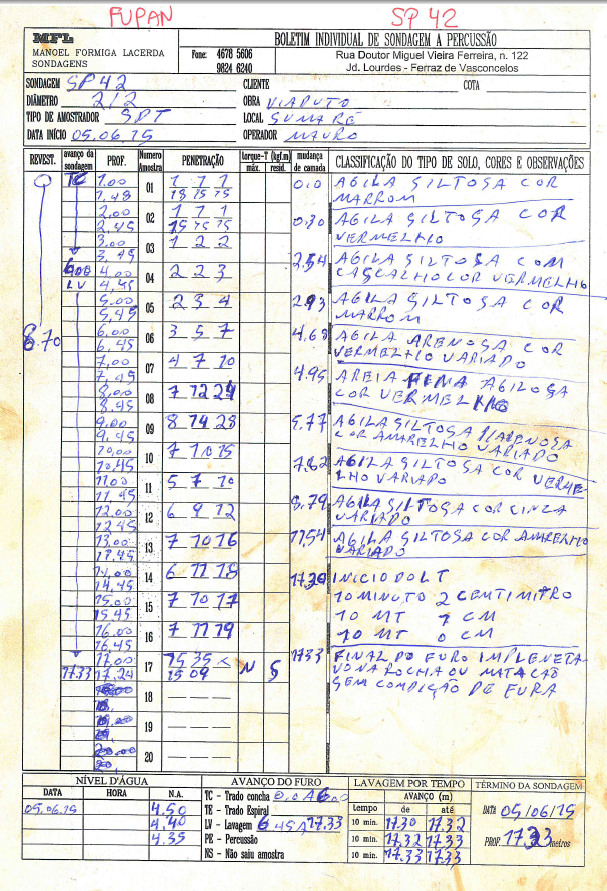
****

| **TABELA DE PROPRIEDADES (unidades - cm.)** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| PROPRIEDADE N.8 - D41 | | | | |
|  | | | | |
| A=0.1320E+04 | I2=0.1387E+06 | I3=0.1387E+06 | J=0.2774E+06 | SF2=0.890 |
| Material = 1 - CONC | | Perímetro=128.805 | SF3=0.890 | |
| h2=41.000 | h3=41.000 | e2=20.500 | e3=20.500 |  |
|  | Circ., Diâmetro= 41.000 | | | |
|  |  | | | |
| PROPRIEDADE N.9 - D30.5 | | | | |
|  | | | | |
| A=0.7306E+03 | I2=0.4248E+05 | I3=0.4248E+05 | J=0.8496E+05 | SF2=0.890 |
| Material = 1 - CONC | | Perímetro=95.819 | SF3=0.890 | |
| h2=30.500 | h3=30.500 | e2=15.250 | e3=15.250 |  |
|  | Circ., Diâmetro= 30.500 | | | |
|  |  | | | |

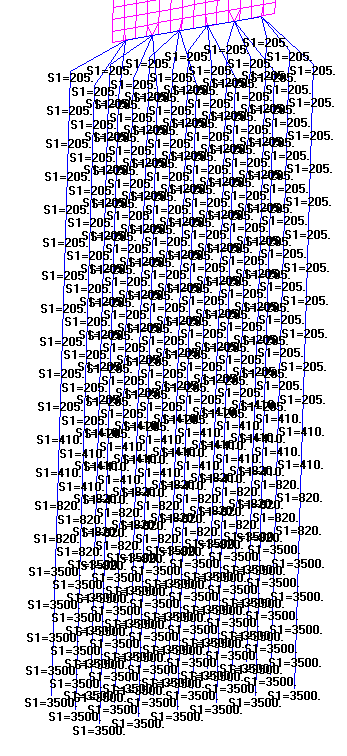
## Sondagens

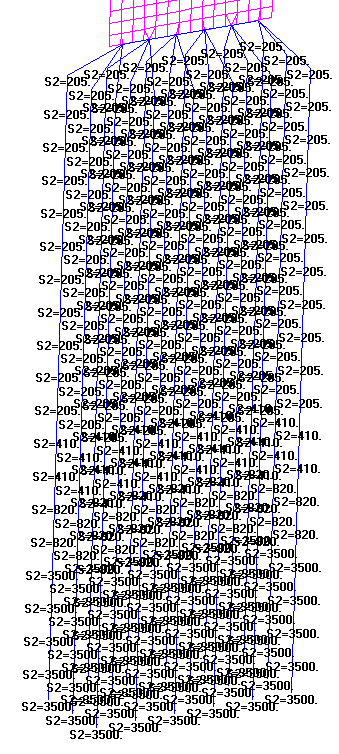


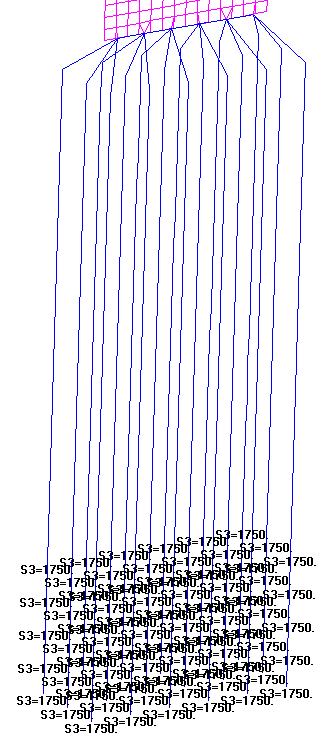


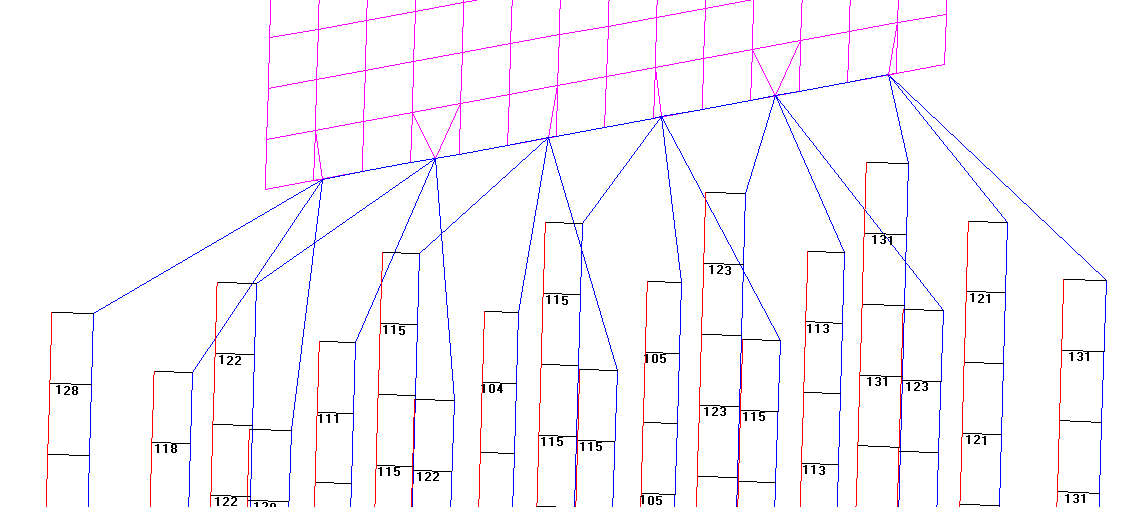




****

****

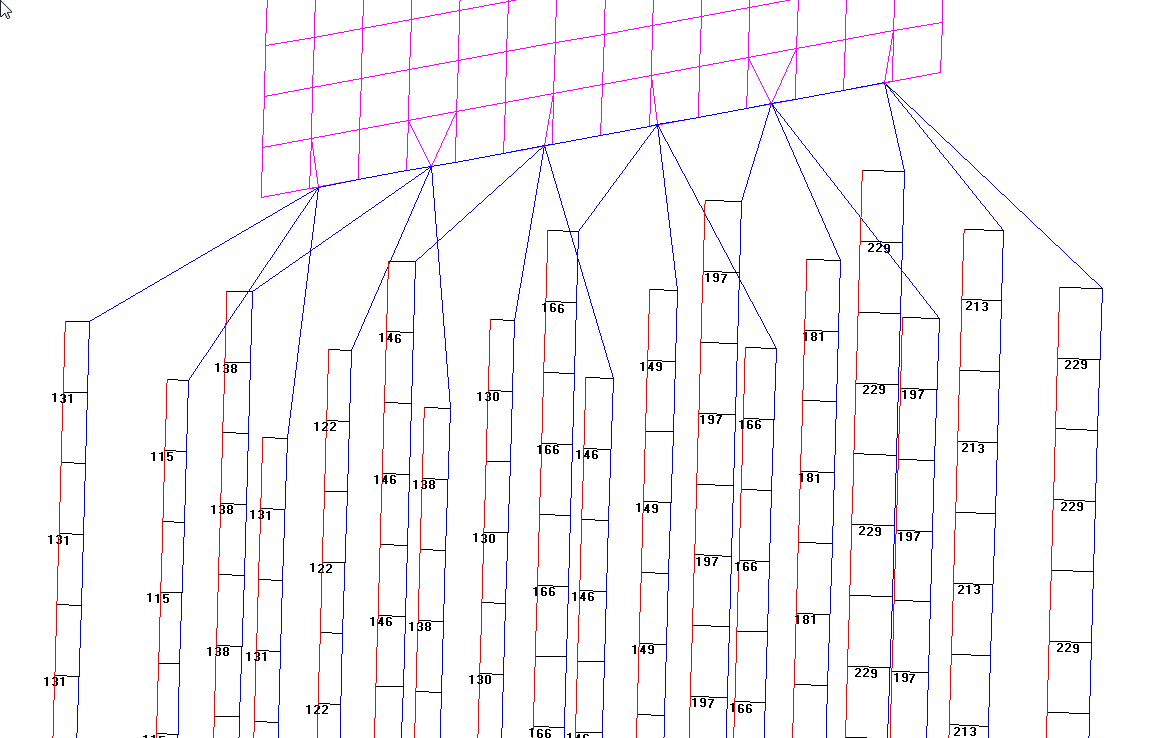
****



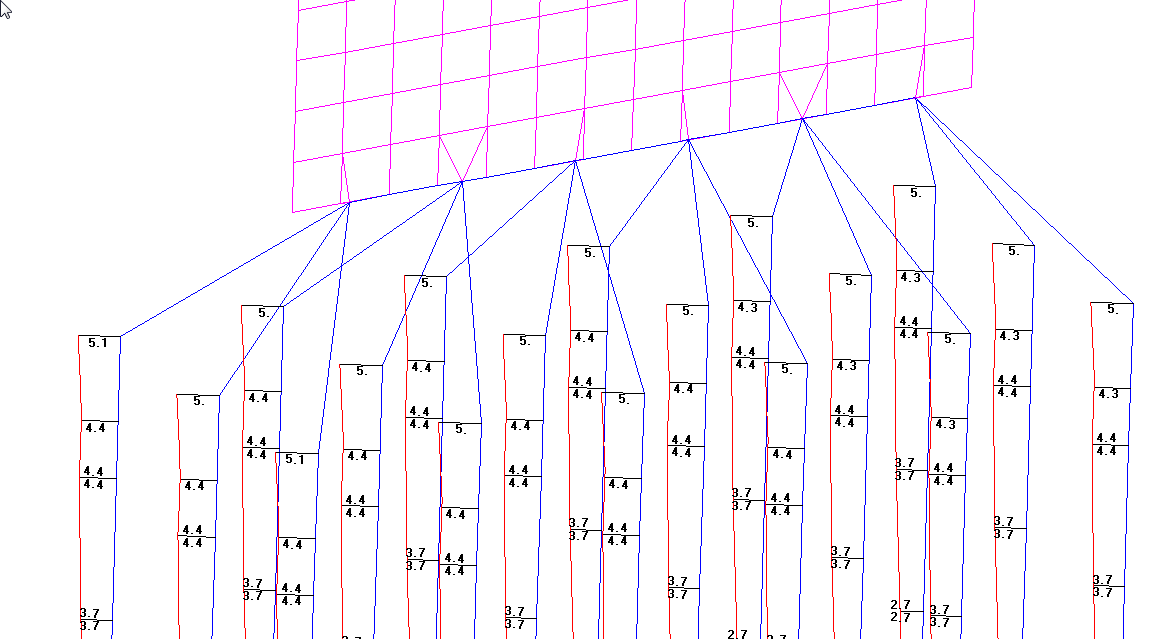
Esforço Normal Geotécnico nas estacas

## Dimensionamento estutural

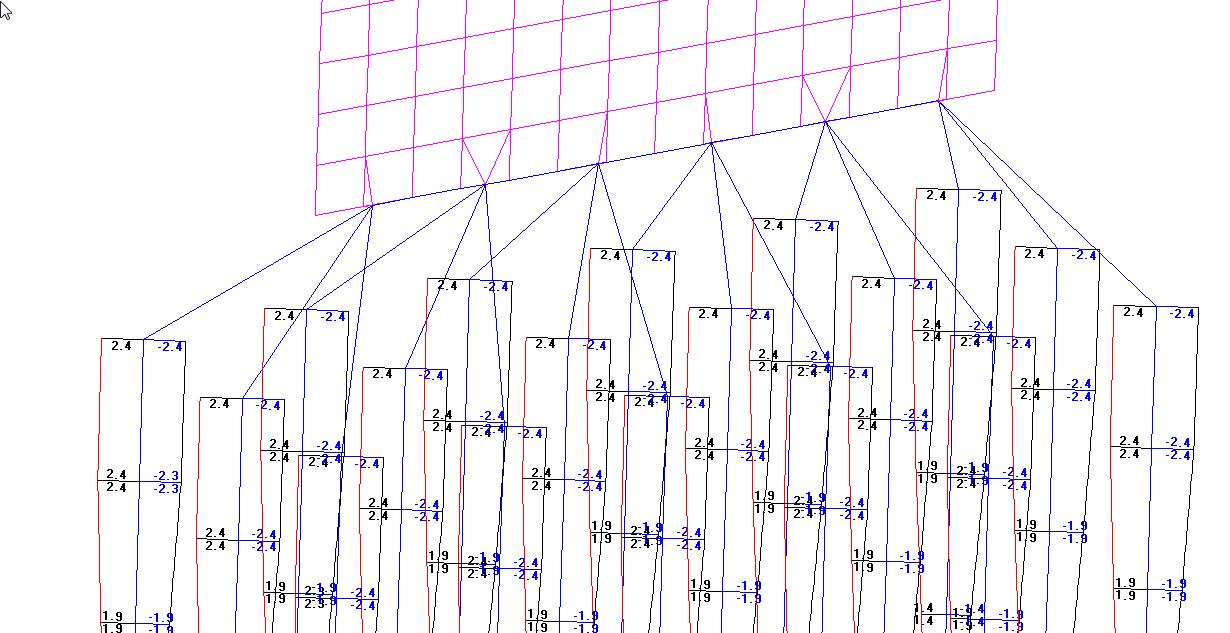
Normal Máxima e Momentos Fletores Concomitantes

****

Normal Máxima

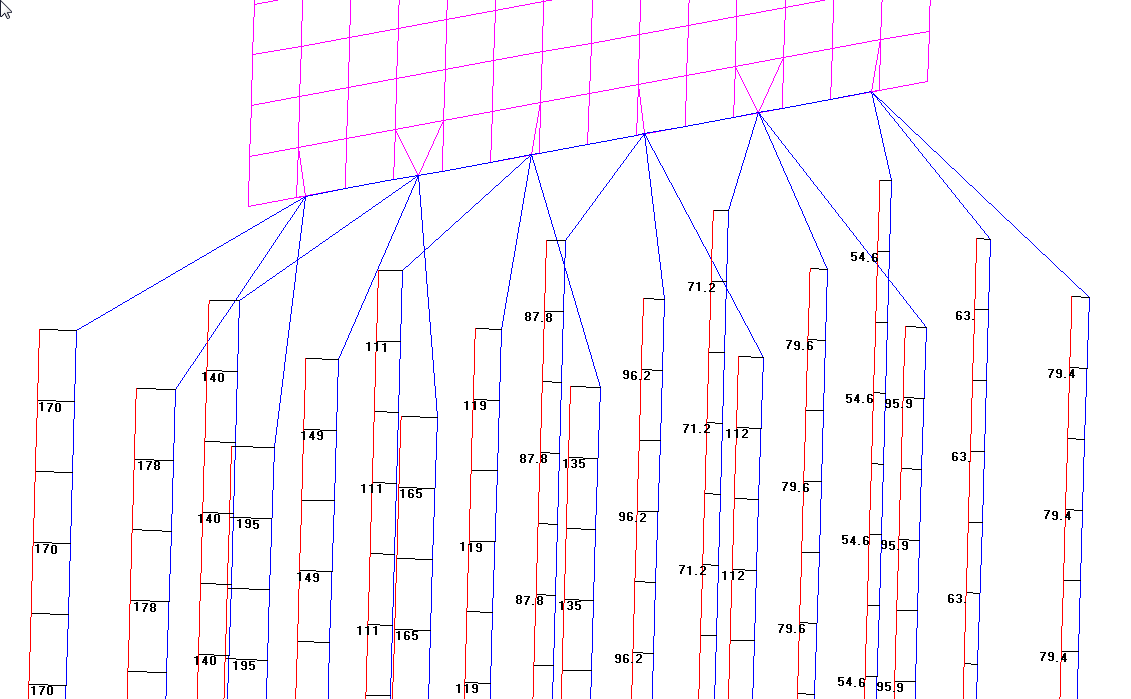
****

Momento Fletor Transversal Concomitante

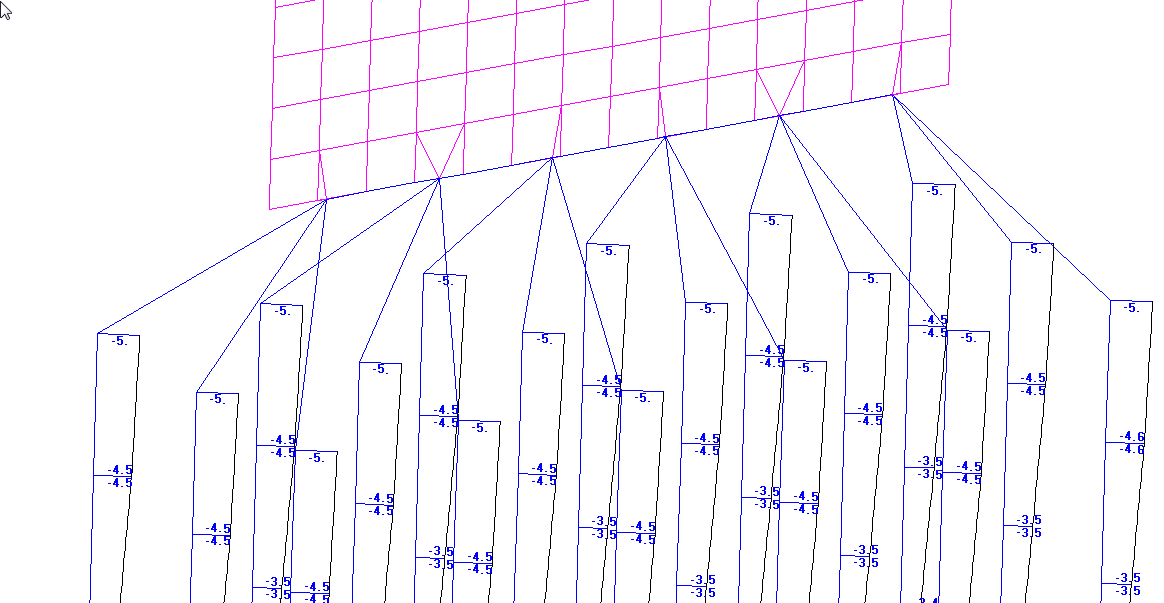
****

Momento Fletor Longitudinal Concomitante

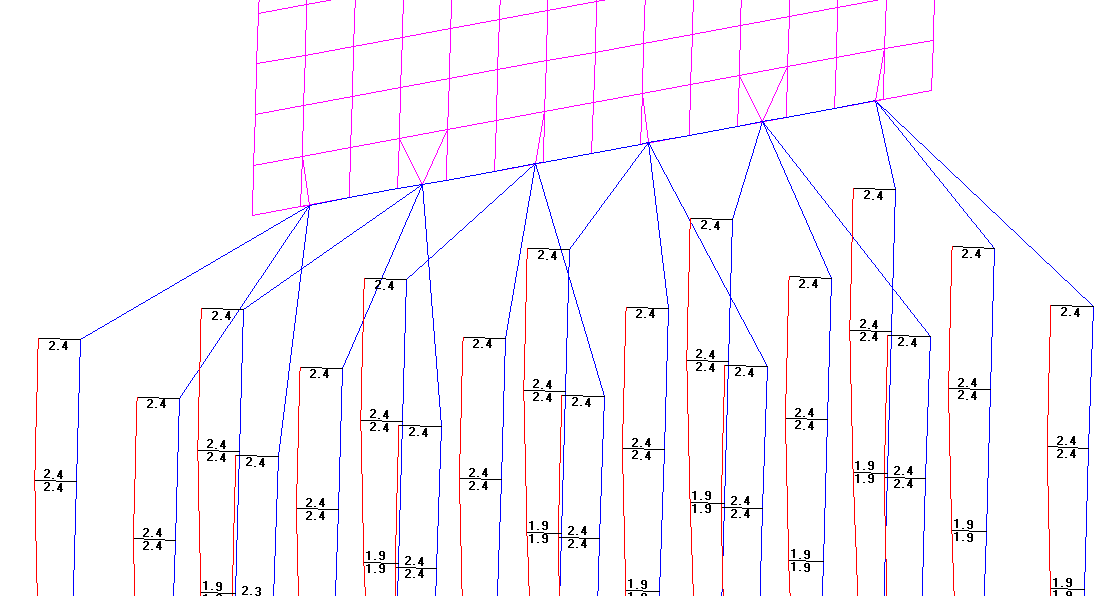
Normal Mínima e Momentos Fletores Concomitantes

****

Normal Mínima

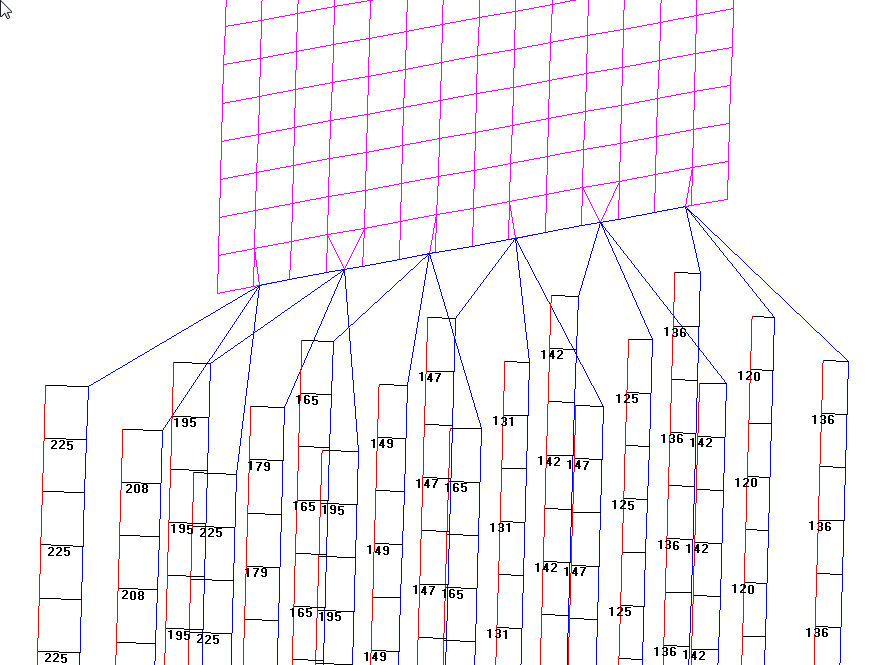
****

Momento Fletor Transversal Concomitante

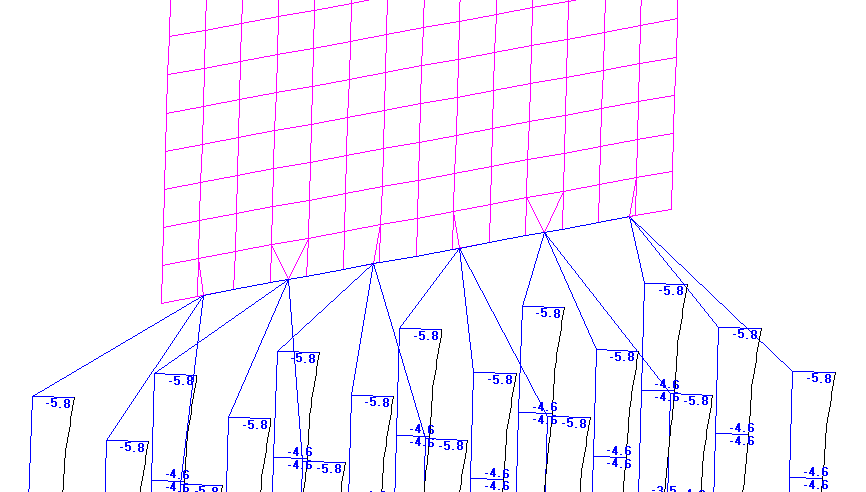
****

Momento Fletor Longitudinal Concomitante

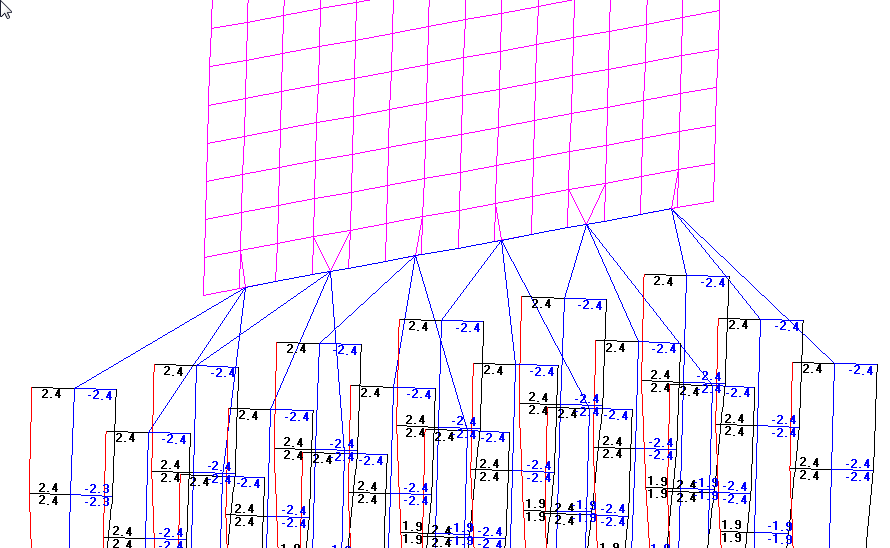
Normal Concomitante com Momento Fletor Máximo

****

Normal Concomitante com Momento Fletor Máximo

****

Momento Fletor Transversal Máximo

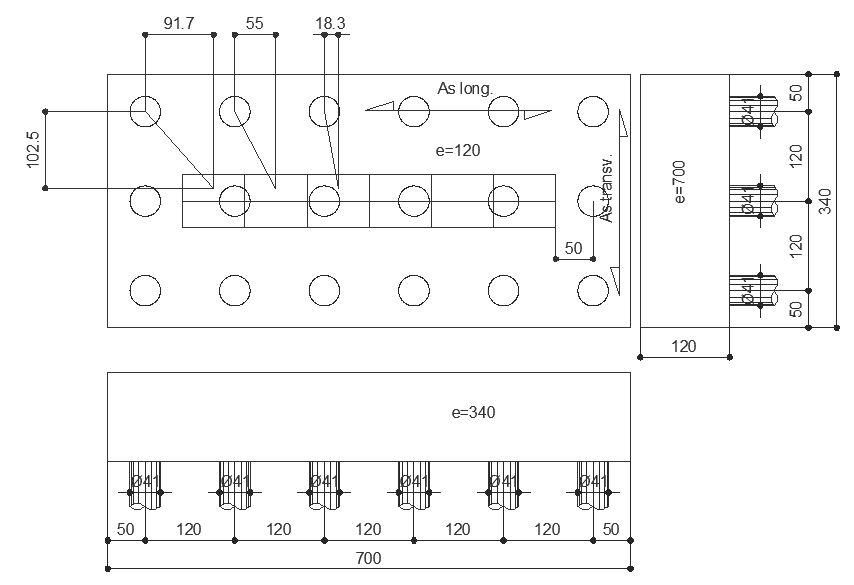
****

Momento Fletor Longitudinal Máximo



# Dimensionamento do Bloco de Fundação

Nd = 229 tf/estaca

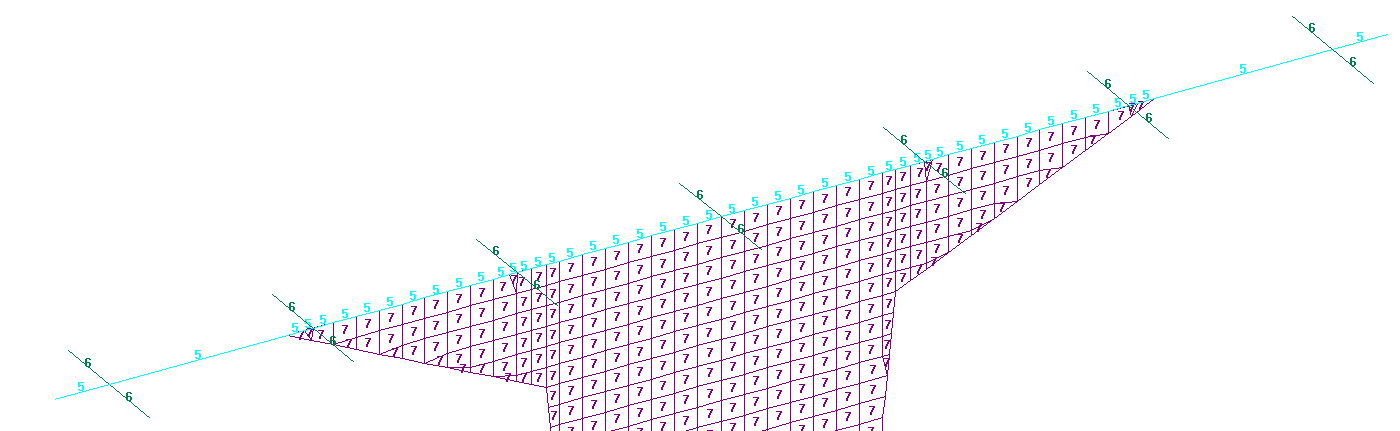


As longitudinal = 229/5/1.15\*180/120 = 60 cm2

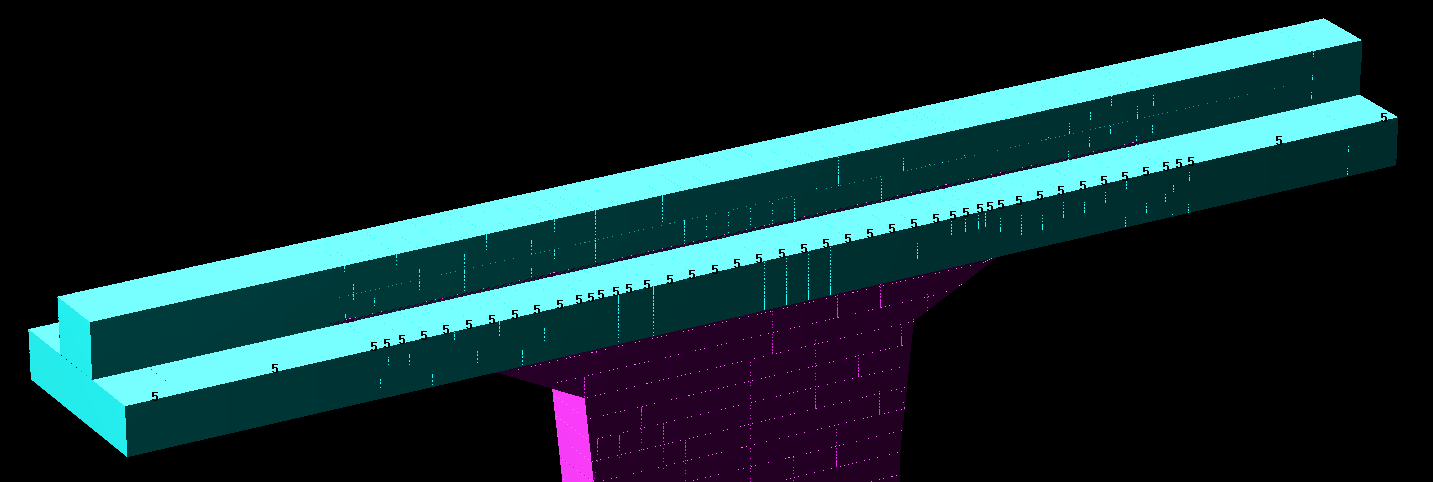
As transversal = 229/5/1.15\*108/120 = 36 cm2

# Dimensionamento da Travessa

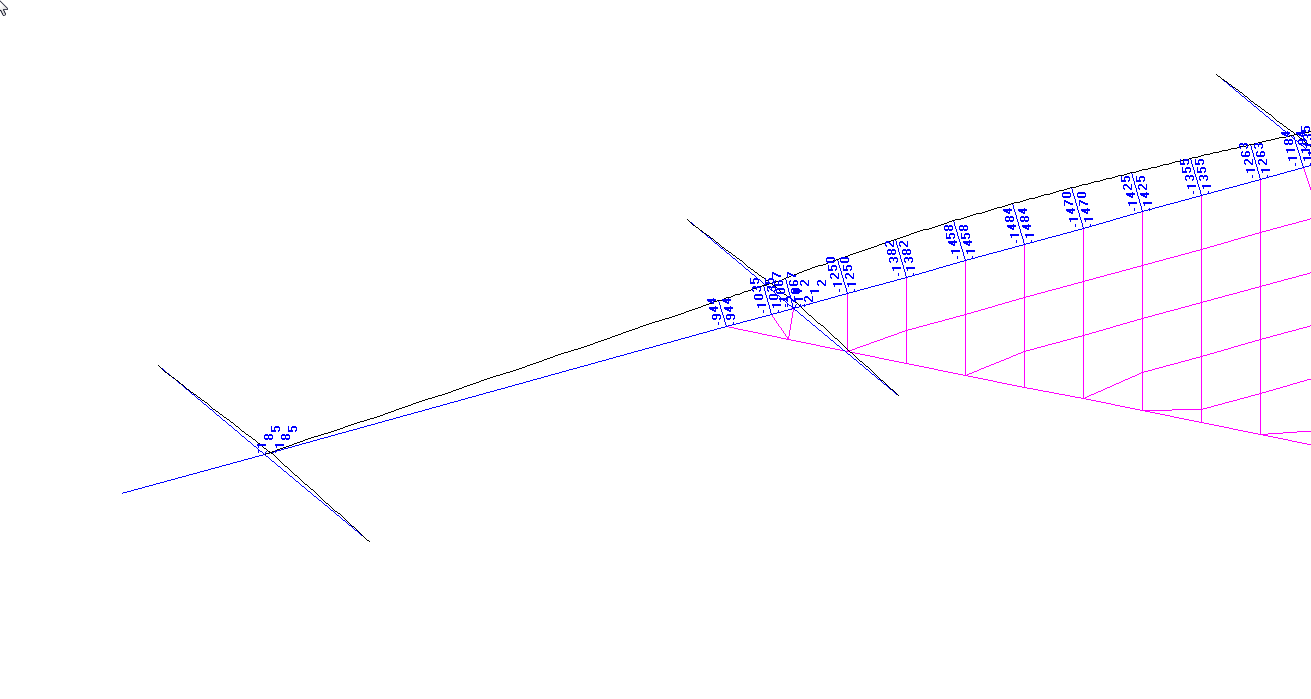
## Modelo de Cálculo



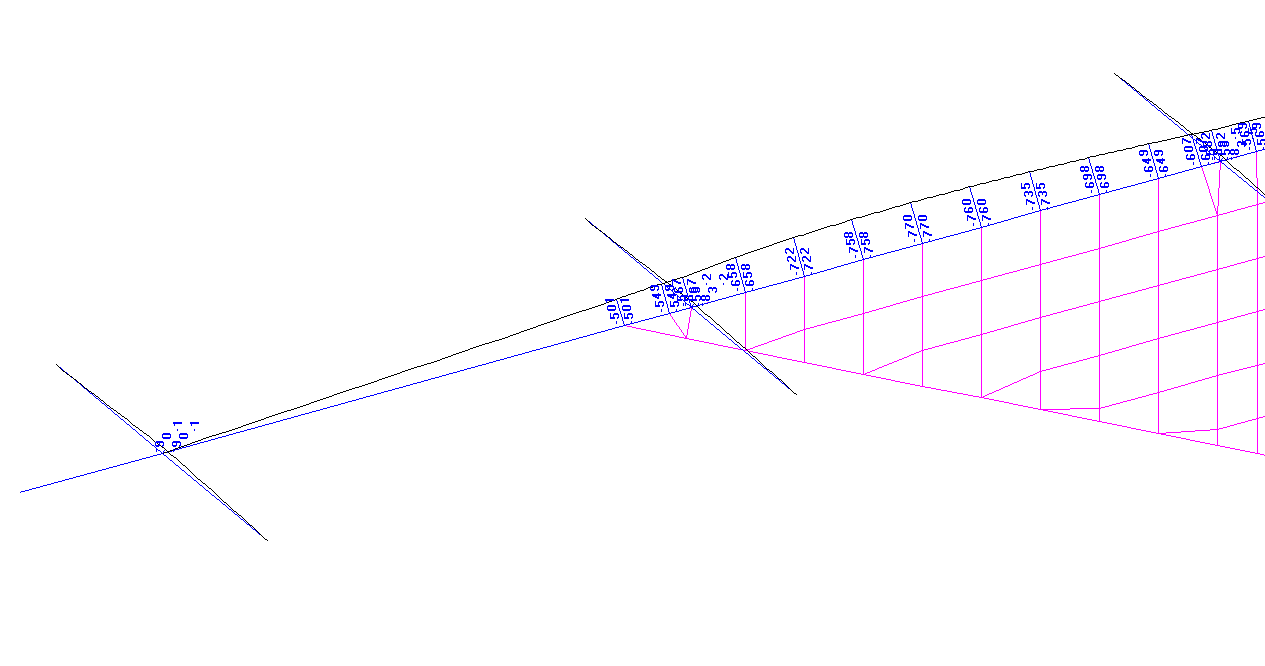
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| PROPRIEDADE N.5 - I99x160+101x45+300x75 | | | | |
|  | | | | |
| A=0.3100E+05 | I2=0.5537E+08 | I3=0.1758E+09 | J=0.7043E+08 | SF2=0.500 |
| Material = 1 - CONC | | Perímetro=924.000 | SF3=0.500 | |
| h2=300.000 | h3=160.000 | e2=150.000 | e3=100.497 |  |
|  | x3 | | | |
|  | 45.0 | | | |
|  | 160 1.00 99.0 1.00 x2 | | | |
|  |  | | | |
|  | 75.0 | | | |
|  | 300 | | | |
|  |  | | | |



## Dimensionamento



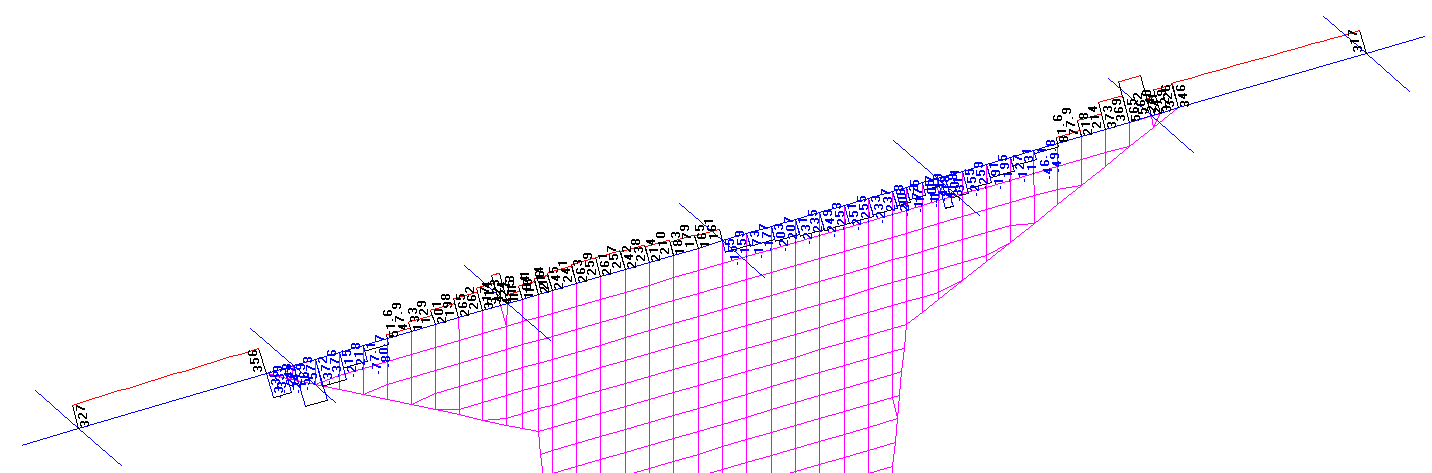
Momentos de Cálculo



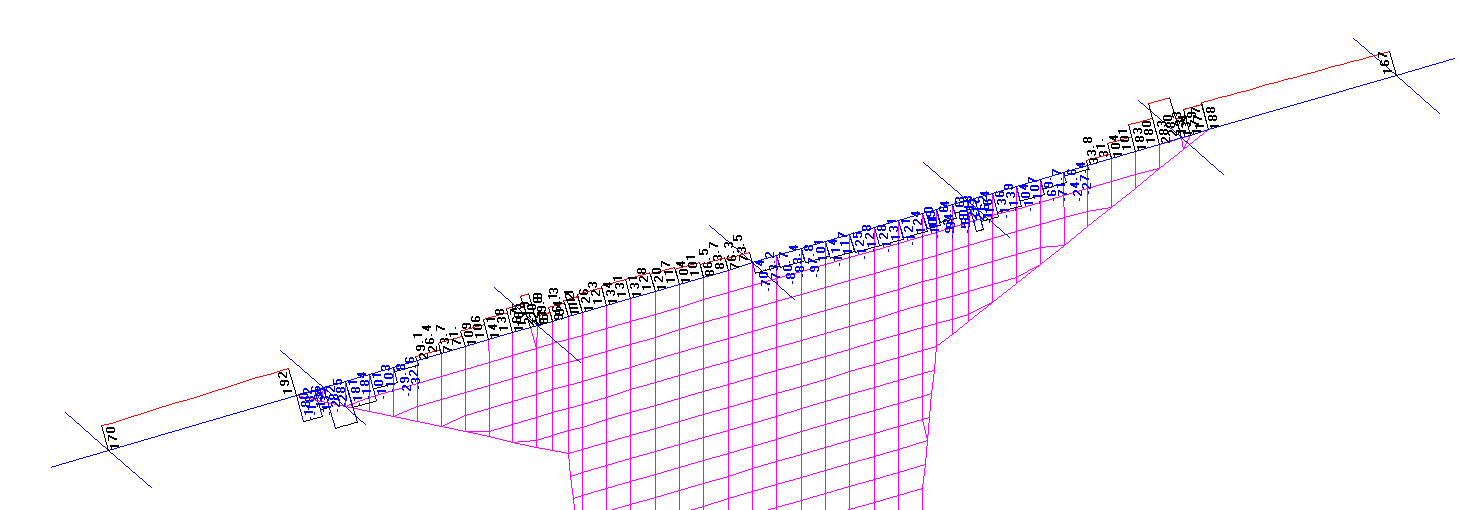
Momentos devido Cargas Permanentes



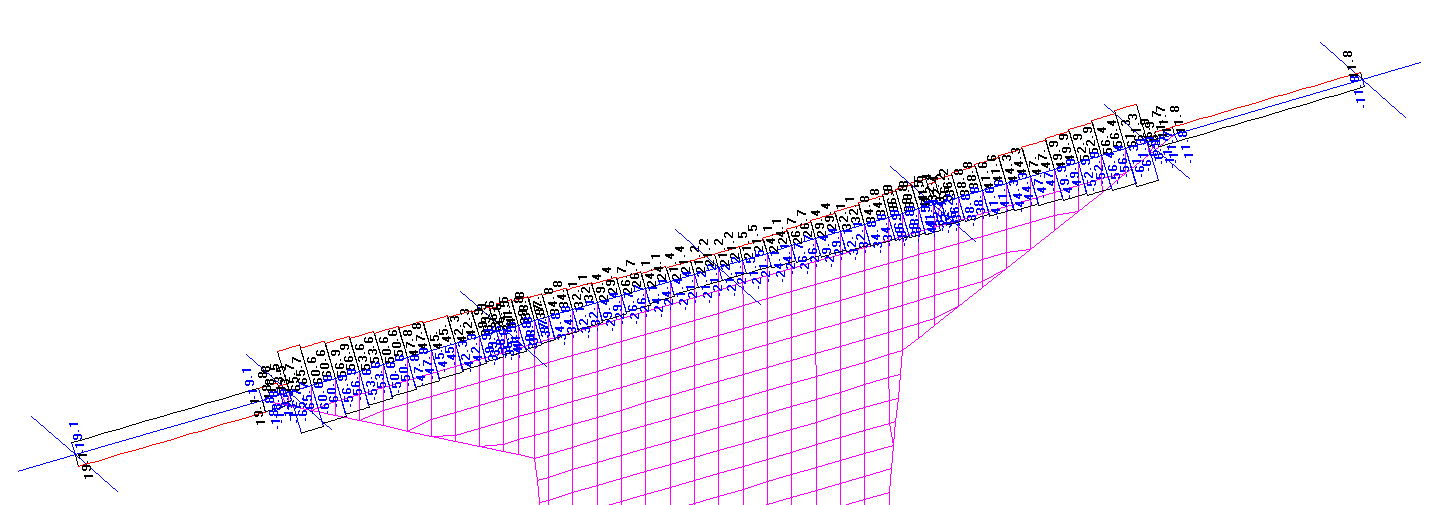
As mínima esforços flexão = 46.5 cm2



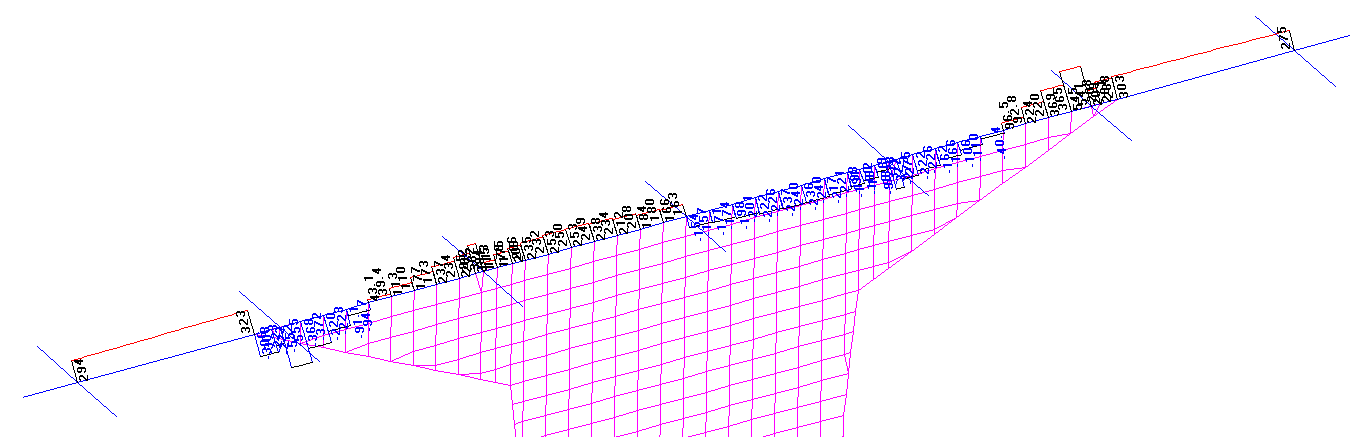
Cortante Máxima de Cálculo



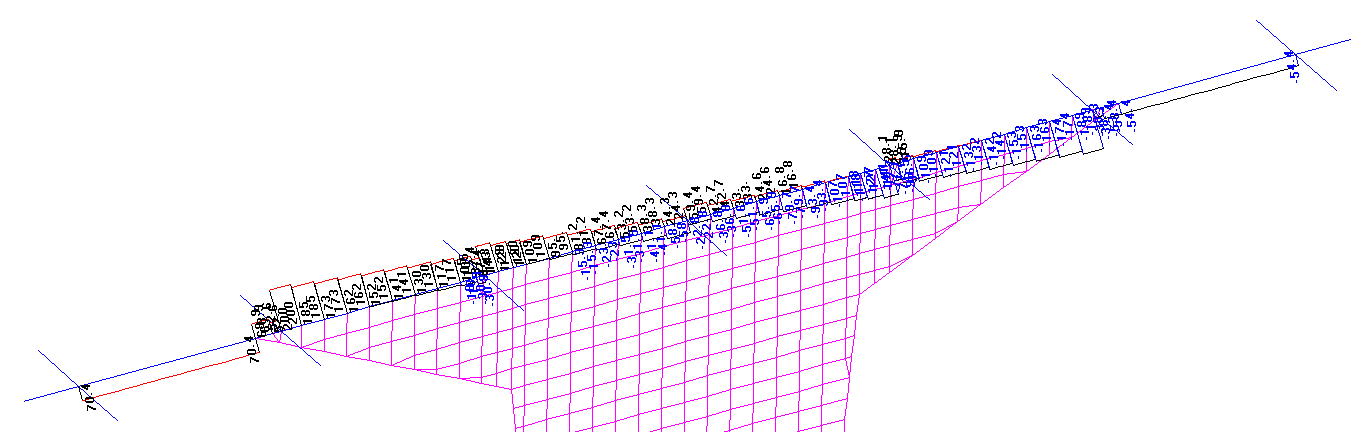
Cortante devido cargas permanentes



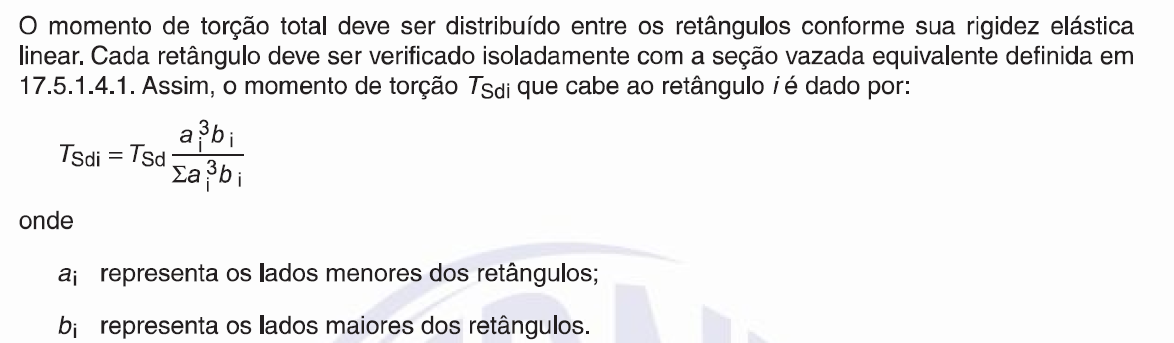
Momento Torsor de Cálculo Concomitante com Cortante Máxima

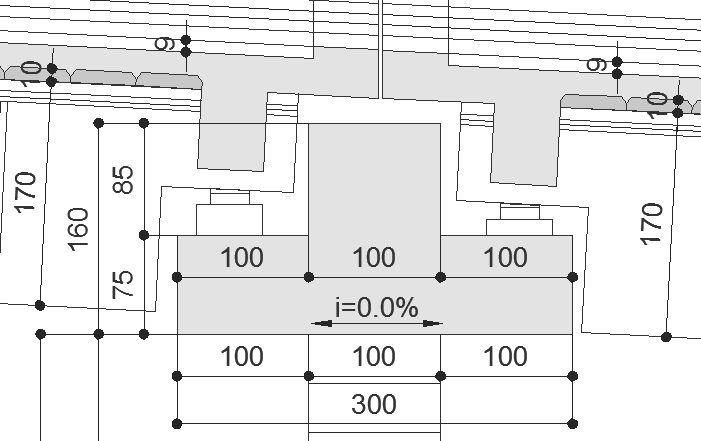


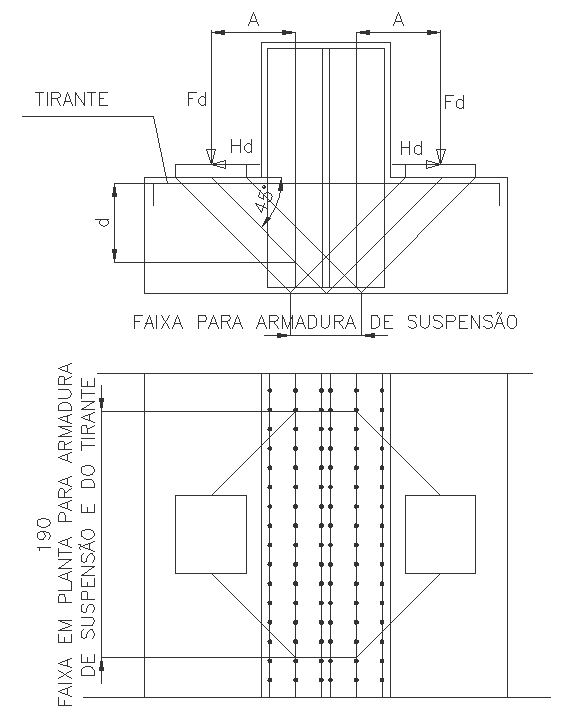
Cortante de Cálculo concomitante com Momento Torsor Máximo



Momento Torsor Máximo de Cálculo









Armadura de suspensão

Assusp= Rdmáx/fyd = 240 / 4,348= 55,2cm2 (cada lado)

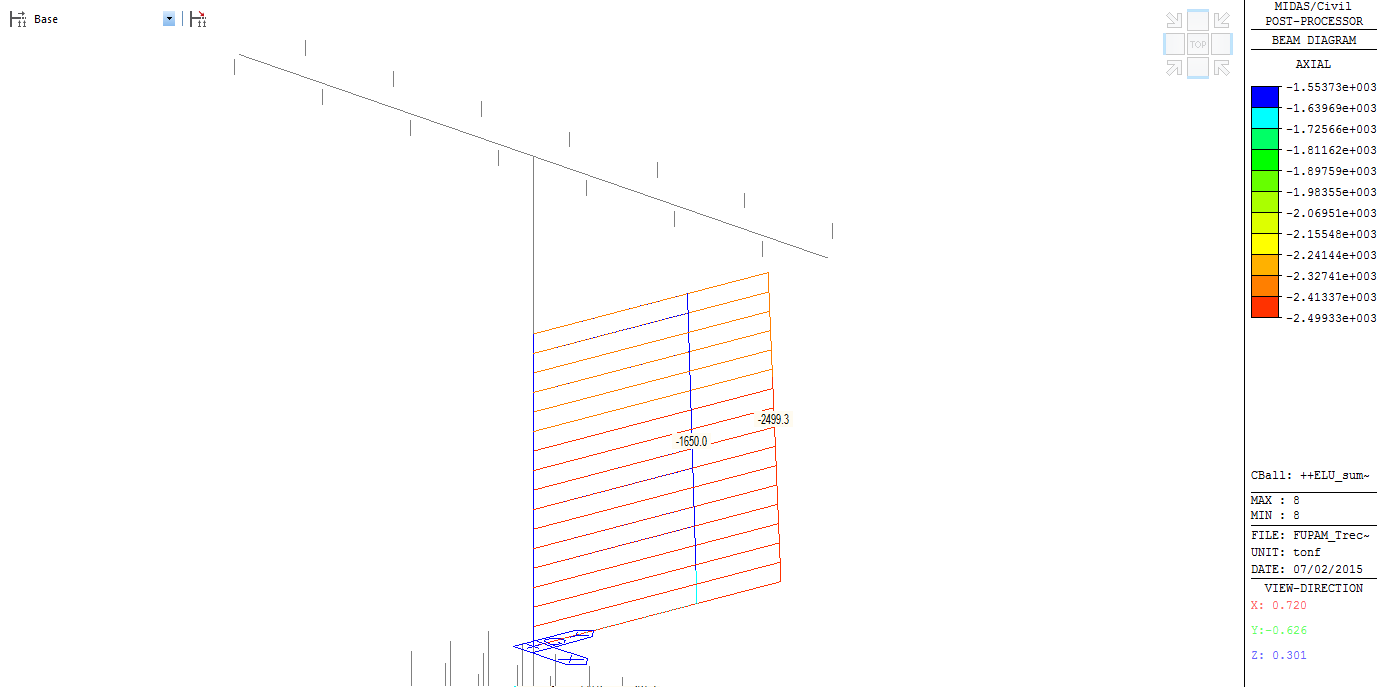
Assusp/m= 55,2 / 1,9 = 29,1cm2/m (cada lado)

# DIMENSIONAMENTOS DOS PILARES

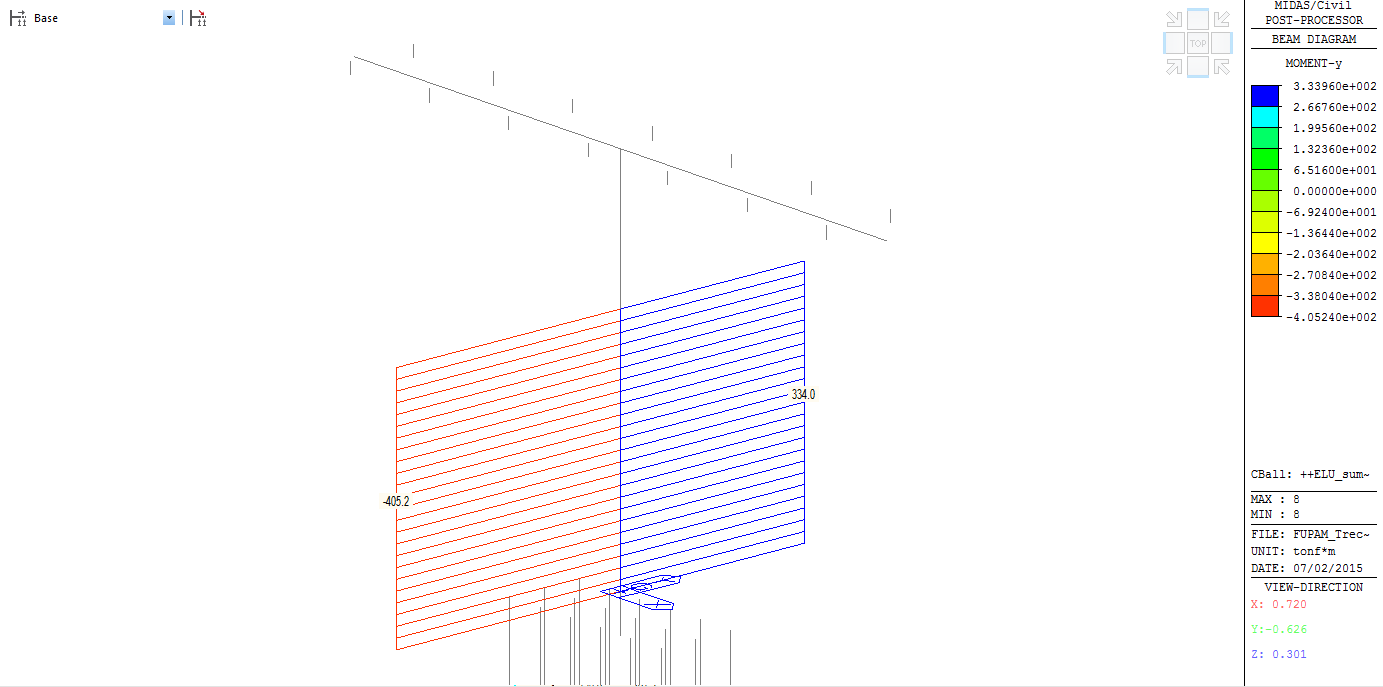
## Esforços Solicitantes

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

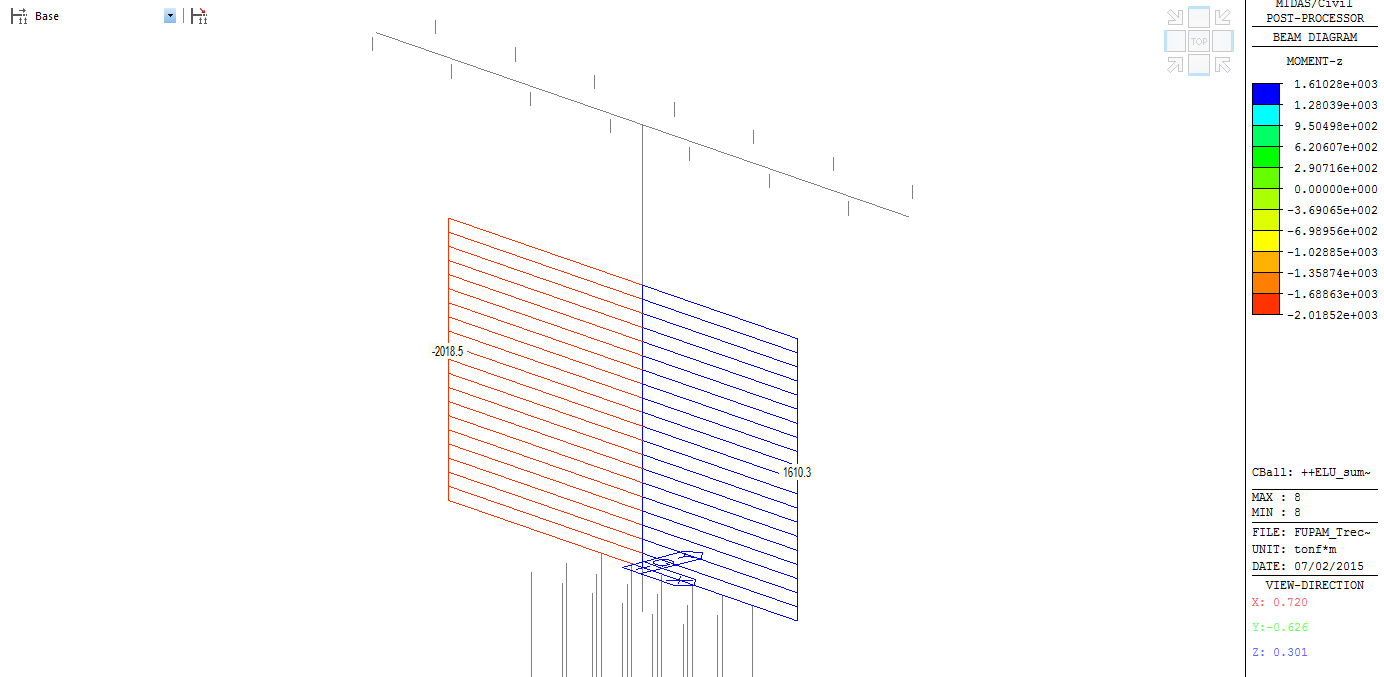
Esforço Normal para combinação E.L.U.(tf)



Momento Fletor Longitudinal para combinação E.L.U.(tf.m)



Momento Fletor Transversal para combinação E.L.U.(tf.m)



## Verificação do Estado Limite Ultimo

Plotamos abaixo os esforços solicitantes de cálculo no gráfico de esforços resistentes obtido pelo programa de Lauro Modesto dos Santos, do livro Sub-rotinas básicas do dimensionamento do concreto (programa TABFOC) temos:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  | |

O pilar está verificado com a Armadura Mínima 0.4% Ac = 40 cm2/m

# Verificação do Neoprene

