

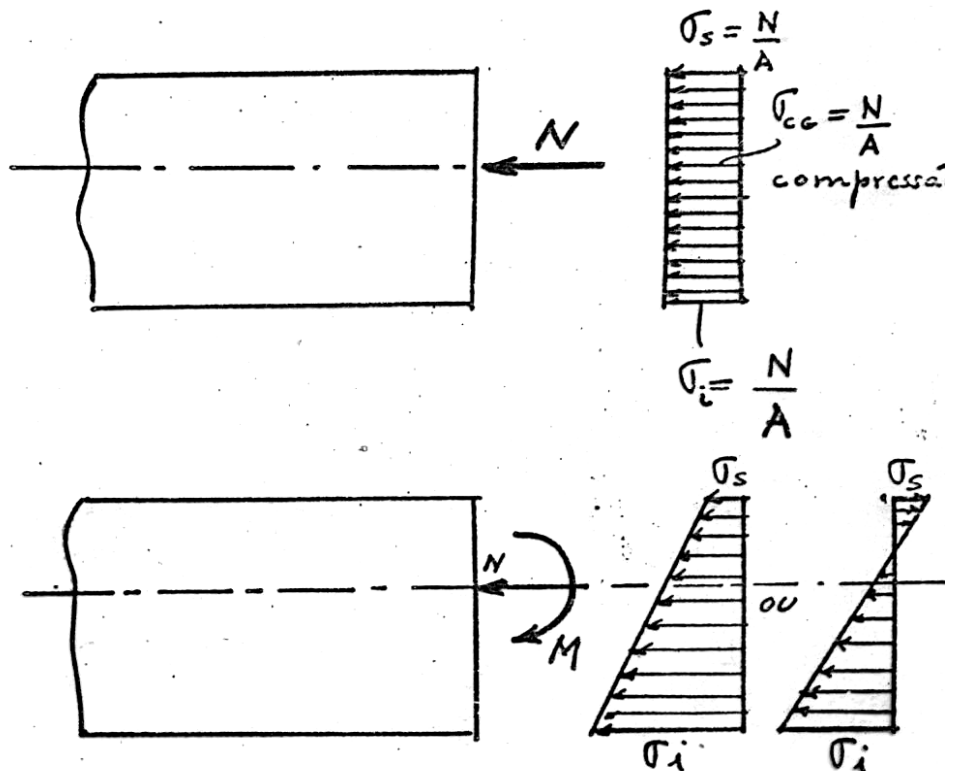
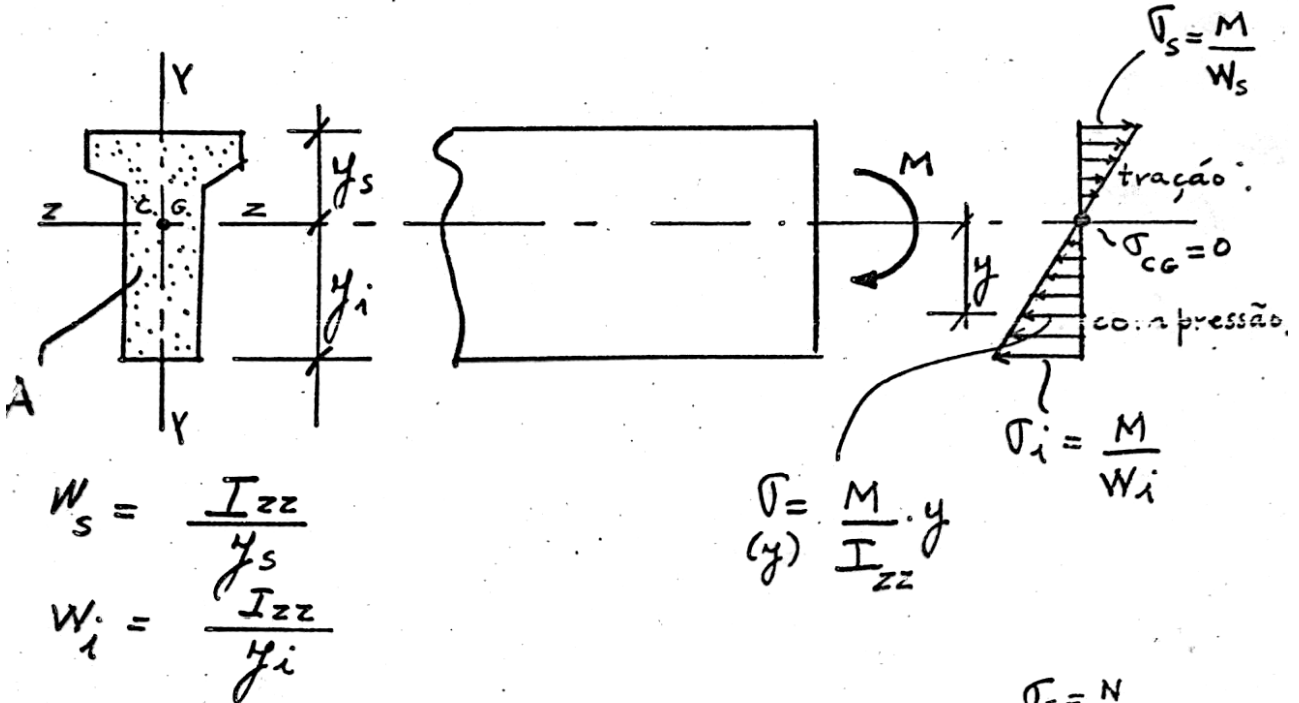


## Concreto Protendido.

- 1) Idéias Básicas - Def. Lente - Retração
- 2) Resistência à flexão - Ruptura.
- 3) Resistência ao cisalhamento.
- 4) Perdas de protensão.
- 5) Lançamento de cabos - Furação.
- 6) Aplicações - Pontes com Vigas Pré-moldadas
- 7) Aplicações - Lajes lisas, sem vigas



## Resistencia dos materiais.



$$\sigma_i = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_i} = \dots (\text{compress\~ao})$$

$$\sigma_s = \frac{N}{A} - \frac{M}{W_i} = \dots (\text{compress\~ao ou tra\~c\~ao}).$$



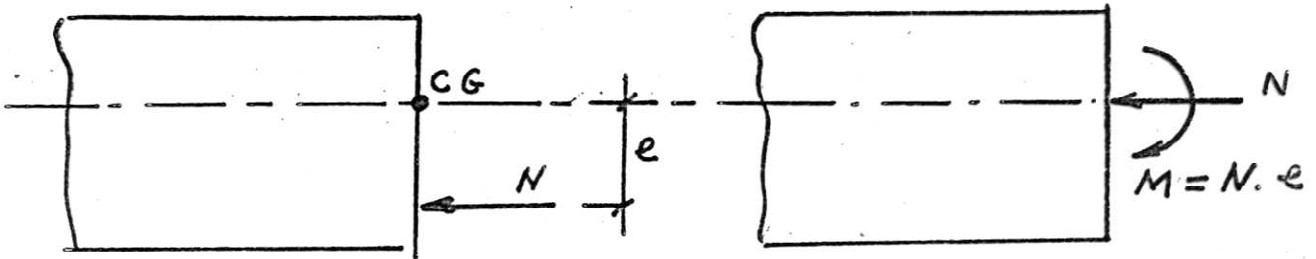
Num ponto qualquer:

$$\sigma(y) = \frac{N}{A} + \frac{M}{I} \cdot y$$

No C.G.  $y=0 \Rightarrow \sigma_{CG} = \frac{N}{A}$

— + —

Se tivermos uma força normal  
excentrica:

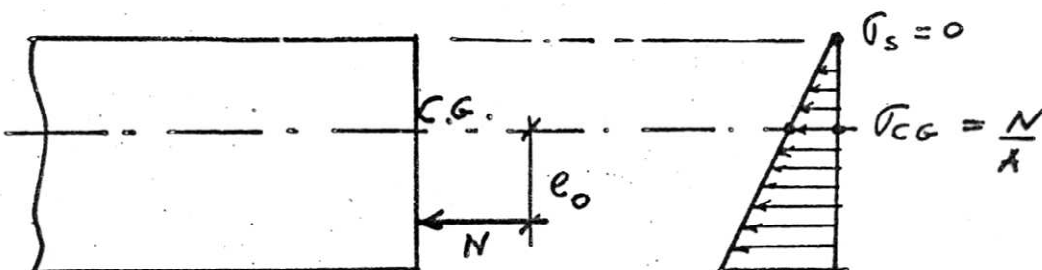


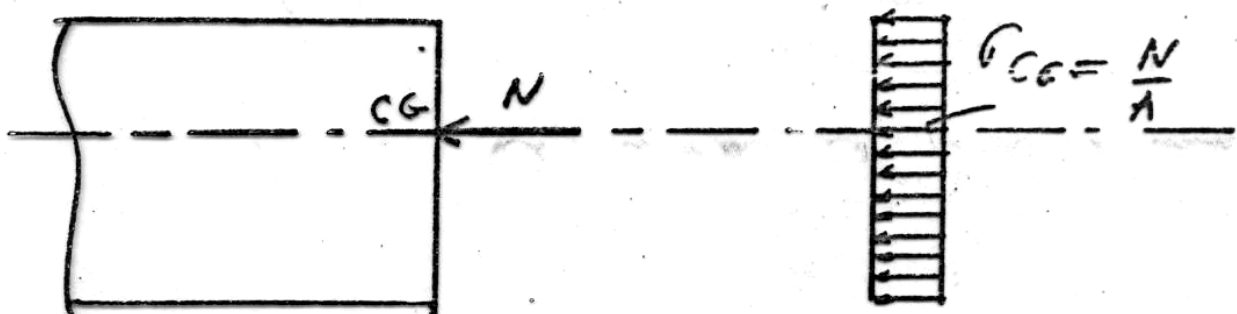
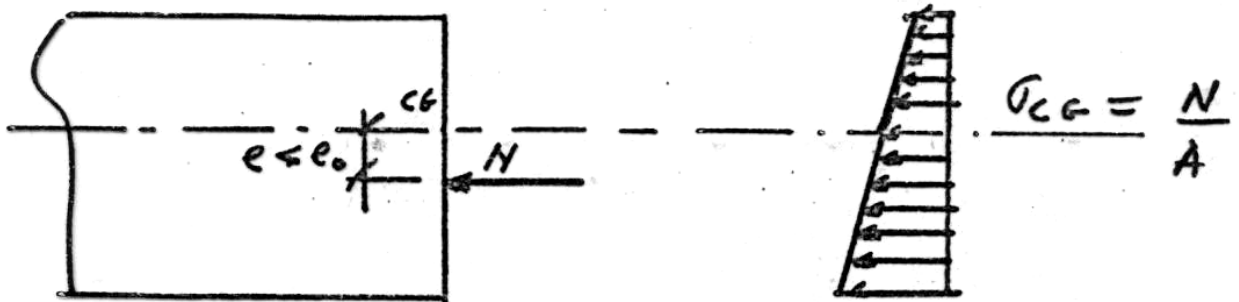
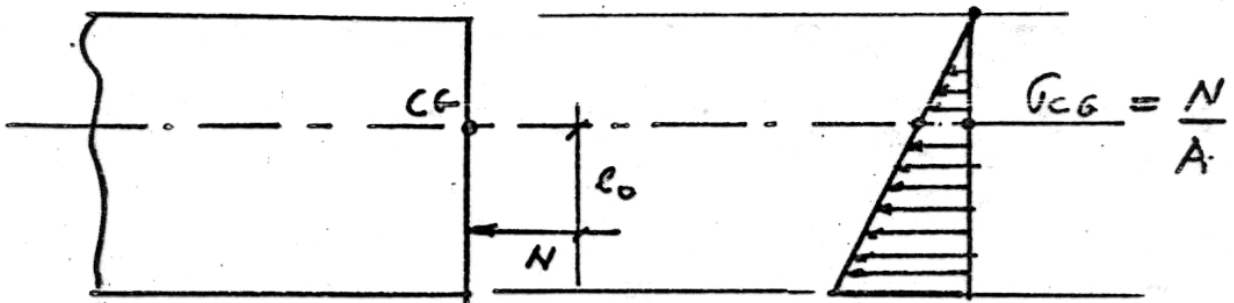
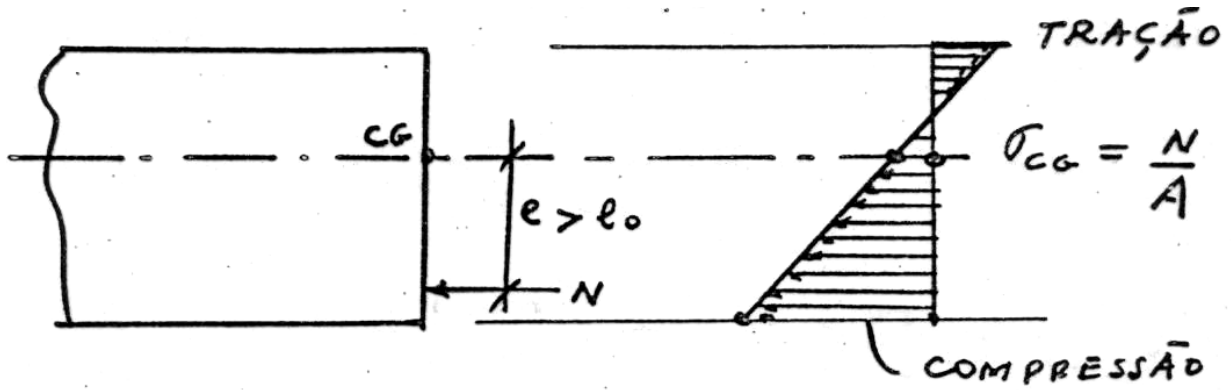
$$\sigma_s = \frac{N}{A} - \frac{N \cdot e}{W_s}$$

$$\sigma_i = \frac{N}{A} + \frac{N \cdot e}{W_i}$$

Núcleo central.  $\Rightarrow \sigma_s = 0 \quad e = ?$

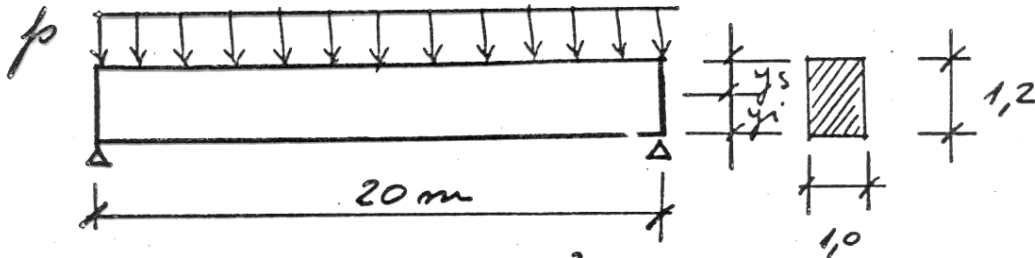
$$0 = \frac{N}{A} - \frac{N \cdot e}{W_s} \Rightarrow \boxed{e_0 = \frac{W_s}{A}}$$







Ideia básica do concreto protendido.



$$A = 1,0 \times 1,2 = 1,2 \text{ m}^2$$

$$W_s = W_i = 1,0 \times \frac{1,2^2}{6} = 0,24 \text{ m}^3$$

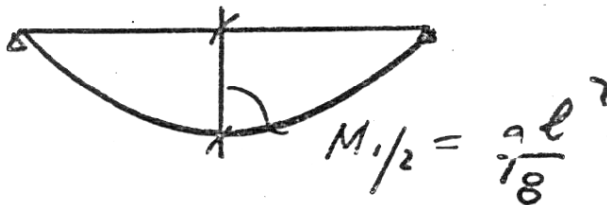
$$y_s = y_i = \frac{h}{2} = 0,6 \text{ m.}$$

Sobrecarga  $p = 3,6 \text{ t/m.}$

Peso próprio  $g = A \cdot \gamma = 1,2 \times 2,5 = 3,0 \text{ t/m}$

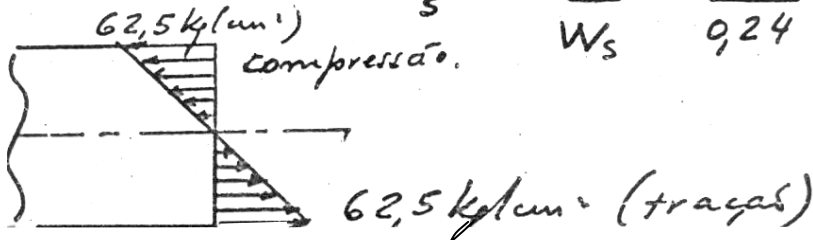
— + —

Momento fletor.



Peso próprio  $M_g = 3,0 \times \frac{20^2}{8} = 150 \text{ t.m.}$

Tensão no bordo  $\sigma_s = + \frac{M}{W_s} = \frac{150}{0,24} = 625 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$



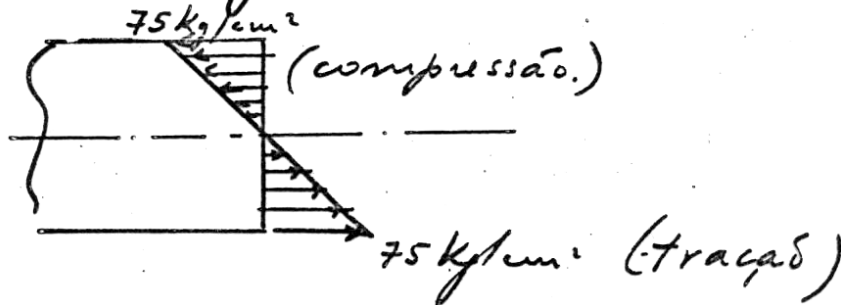


Cargas móveis:  $p = 3,6 \text{ t/m}$ .

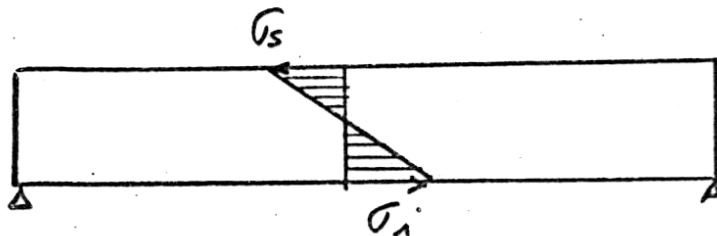
$$M_{1/2 \text{vão}} = 3,6 \times \frac{20^2}{8} = 180 \text{ tm.}$$

$$\sigma_s = \frac{M}{W_s} = \frac{180}{0,24} = 750 \text{ t/m}^2 = 75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_i = -75 \text{ kg/cm}^2$$



Tensões totais no 1/2 do vão.



$$\sigma_s = 62,5 + 75 = 137,5 \text{ kg/cm}^2. \text{ (compressão).}$$

$$\sigma_i = -(62,5 + 75) = -137,5 \text{ " (tração).}$$

PNB - 116

$$\sigma_c \leq \frac{f_{ck}}{2}$$

$$\sigma_t \left\{ \begin{array}{l} \leq 0 \text{ Protensão completa} \\ \leq 2f_{ckt} \text{ " limitada.} \end{array} \right.$$



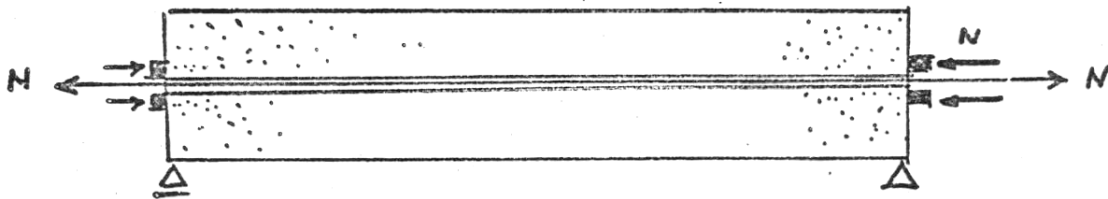
Se tivermos  $f_{ck} = 300 \text{ kg/cm}^2$

$$\sigma_c \leq \frac{300}{2} = 150 \text{ kg/cm}^2$$

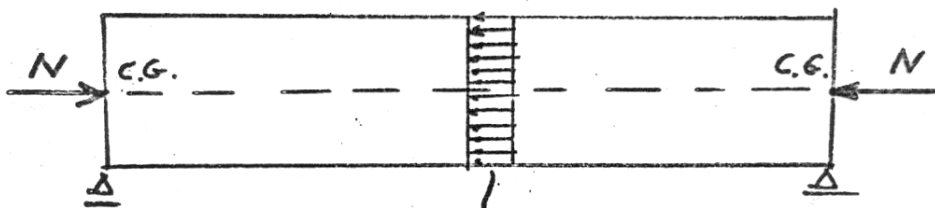
Coef. de segurança

Protensão completa  $\Rightarrow \sigma_t \leq 0$

Como temos  $\sigma_t = -137,5 \text{ kg/cm}^2$  (traças)  
a 1ª ideia seria comprimir a  
viga.



1ª hipótese: Compressão axial



$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{N}{1,0 \times 1,2}$$

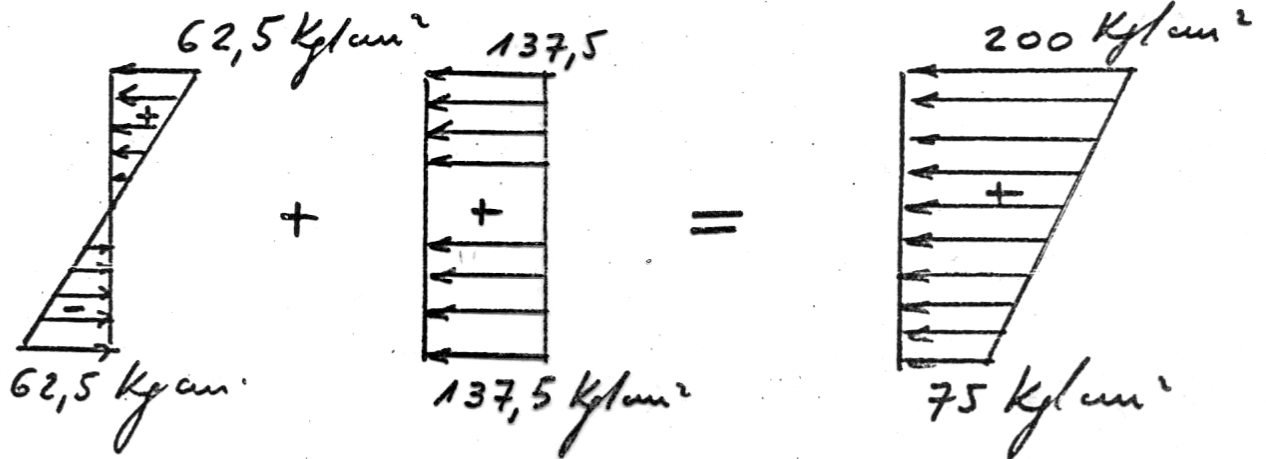
$$\sigma = \frac{N}{A} = \sigma_c = 137,5 \text{ kg/cm}^2 = 1375 \text{ t/m}^2$$

$$\frac{N}{1,0 \times 1,2} = 1375 \Rightarrow N = 1650 \text{ t.}$$

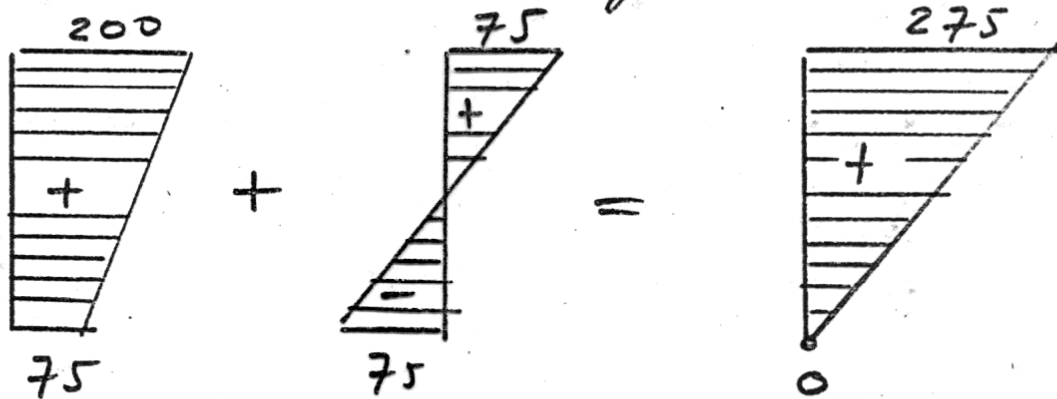


Teríamos portanto:

Peso próprio + Protensão.  
(carga móvel não atuando)



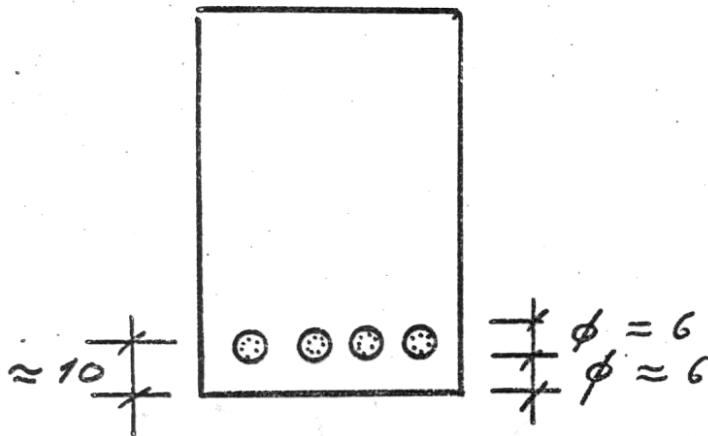
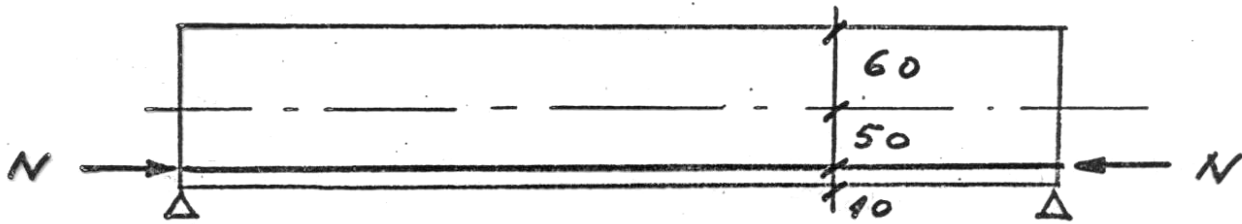
acrescentando a carga móvel.



$$275 > \frac{f_{ck}}{2} \quad \text{excesso de compressão.}$$

2ª hipótese: Compressão excêntrica.





$$\sigma_s = \frac{N}{A} - \frac{N \cdot e}{W_s} = \frac{N}{1,2} - \frac{N \times 0,5}{0,24} \left( \frac{t}{m^2} \right)$$

$$\sigma_i = \frac{N}{A} + \frac{N \cdot e}{W_i} = \frac{N}{1,2} + \frac{N \times 0,5}{0,24}$$

Analisando o bordo inferior:

peso próprio  $\sigma_i = -62,5 \text{ kg/cm}^2$

carga móvel  $\sigma_i = -75,0 \text{ "}$

Protensão excêntrica  $\sigma_i = + \frac{N}{1,2} + \frac{N \times 0,5}{0,24} \frac{t}{m^2}$

Se desejarmos protensão completa  $\sigma_i = 0.$



$$-625 - 750 + \left( \frac{N}{1,2} + \frac{N \times 0,5}{0,24} \right) = 0$$

$$1375 = 2,917 N.$$

$$N = \frac{1375}{2,917} = 471 \text{ t.} \ll 1650 \text{ t.} \quad (\text{protensão centrada}).$$

Usando por exemplo

$$\underline{\underline{N = 475 \text{ t}}}$$

teremos:

$$\sigma_s = \frac{475}{1,2} - \frac{475 \times 0,5}{0,24} = 395,8 - 989,6 = -593 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_i = \quad " \quad + \quad " \quad = 395,8 + 989,6 =$$

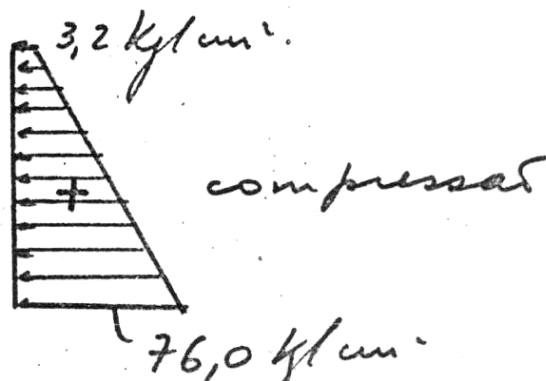
$$1385 \text{ t/m}^2$$

Teremos portanto:

peso próprio + protensão:

$$\sigma_s = + 62,5 - 59,3 = 3,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_i = - 62,5 + 138,5 = + 76,0 \quad "$$

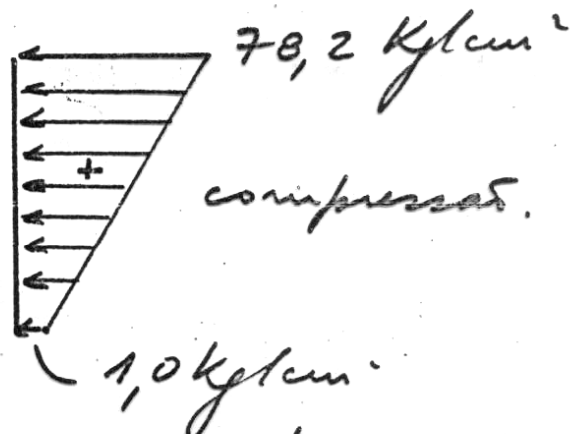




acrescentando a carga móvel.

$$\sigma_s = + 3,2 + 75 = +78,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = + 76,0 - 75 = + 1,0 \text{ kg/cm}^2$$



Em nenhuma situação temos  
tracás.

Por causa da retracás e  
deformação lenta do concreto  
e da relaxacáo do aço, o  
cabo de protensáo perde tensáo

Imaginemos que essa perda  
de protensáo seja de 15%.

Após um certo tempo.

$$N_{\infty} = 0,85 \times 475 = 403,8 \text{ t.}$$



As tensões de protensão seriam portanto:

$$\sigma_s = 0,85 \times (-59,3) = -50,4 \text{ kg/cm}^2$$

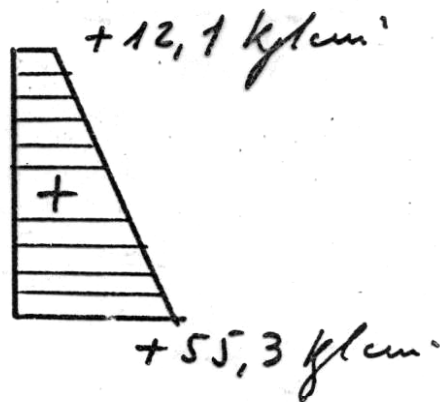
$$\sigma_i = 0,85 \times (138,5) = +117,7 \text{ kg/cm}^2$$

Teríamos portanto:

$t = \infty$ . peso próprio + protensão.

$$\sigma_s = +62,5 - 50,4 = +12,1 \text{ kg/cm}^2$$

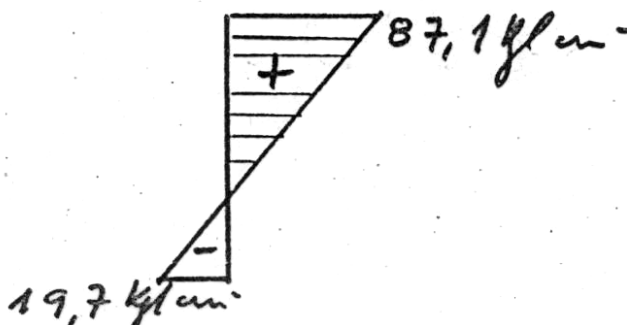
$$\sigma_i = -62,5 + 117,7 = +55,3 \text{ kg/cm}^2$$



acrescentando a carga móvel.

$$\sigma_s = +12,1 + 75 = 87,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_i = +55,3 - 75 = -19,7 \text{ kg/cm}^2$$



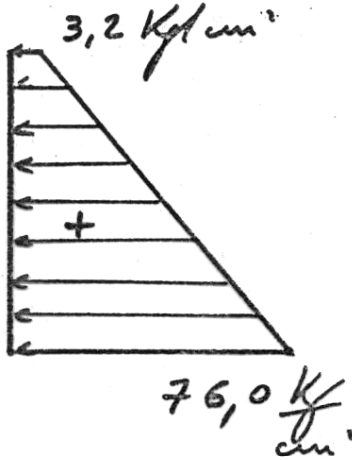
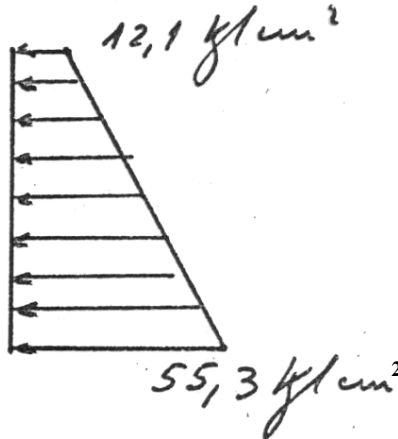
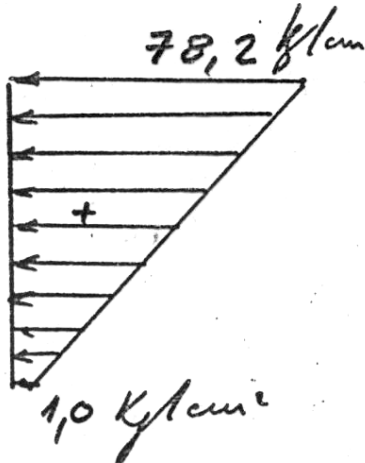
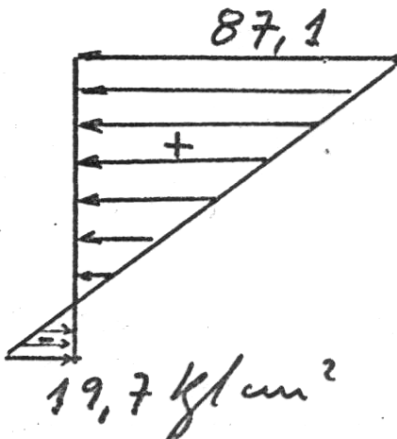


$$f_{ct} = 0,5 \sqrt[3]{f_{cc}^2} \quad (\text{NB - 116}).$$

$$= 0,5 \sqrt[3]{300^2} = 22 \text{ kg/cm}^2$$

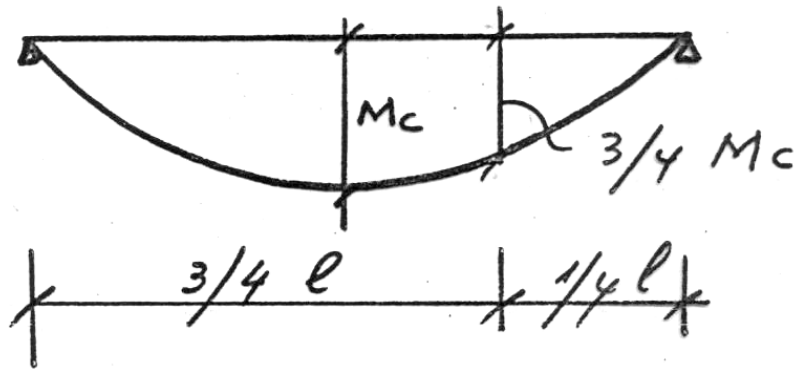
Pela NB 116 seria admissível  
pois  $2f_{ct} = 44 > 19,7 \text{ kg/cm}^2$

### RESUMO (1/2 VÃO)

	tempo $t=0$	tempo $t=\infty$
peso próprio + protensão		
peso próprio + protensão + C. móvel.		



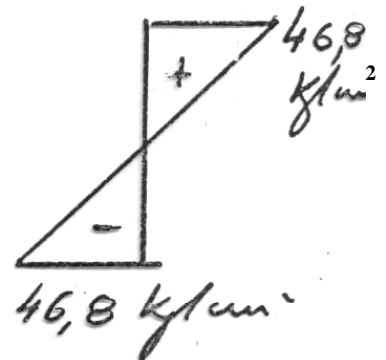
Analizemos agora a seção  
 $3/4$  do vão.



Peso próprio:  $M = \frac{3}{4} \times 150 = 112,5 \text{ tm}$

$$\sigma_s = + \frac{112,5}{0,24} = 468 \text{ t/m}^2$$

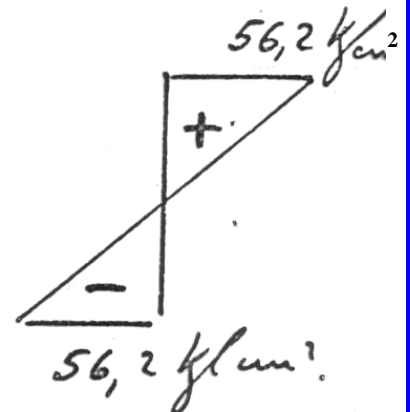
$$\sigma_a = - \quad \quad = -468 \text{ t/m}^2$$



Carga móvel:  $M = \frac{3}{4} \times 180 = 135 \text{ tm}$

$$\sigma_s = + \frac{135}{0,24} = +562 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_a = - \frac{135}{0,24} = -562 \text{ t/m}^2$$





Se mantivermos a protensão  
 $N = 475t$  com excentricidade  
 $e = 50\text{ cm}$  teremos as mesmas  
tensões que no  $1/2$  vão.

peso próprio + protensão.

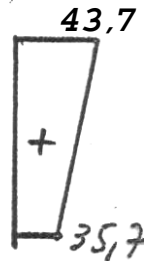
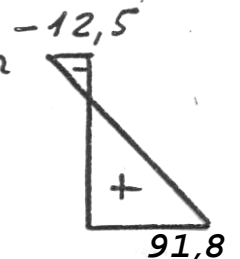
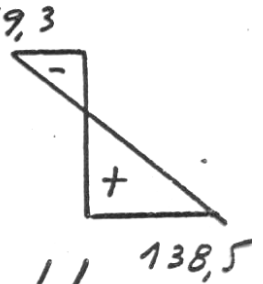
$$\sigma_s = +46,8 - 59,3 = -12,5 \text{ kg/cm}^2 !!$$

$$\sigma_i = -46,8 + 138,5 = +91,8 \text{ kg/cm}^2$$

com a carga móvel.

$$\sigma_s = -12,5 + 56,2 = +43,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_i = +91,8 - 56,2 = +35,7 \text{ kg/cm}^2$$



A protensão está tracionando  
em excesso o bordo superior.

Soluções:

- 1) Diminuir o  $N$
- 2) Diminuir a exc.  $e$
- 3) Diminuir  $N$  e  $e$ .

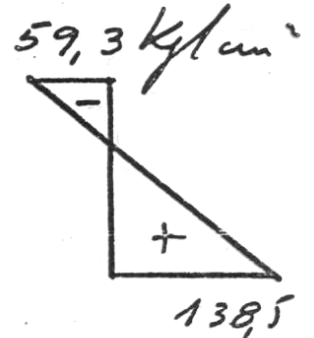


Na secção de apoio:

$M_g = 0$  peso próprio

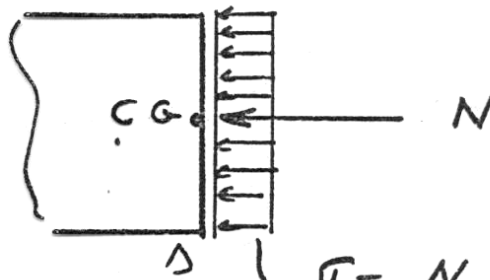
$M_p = 0$  carga móvel.

Protensas  $N = 475t$   
 $e = 50\text{ cm}$   $\Rightarrow$



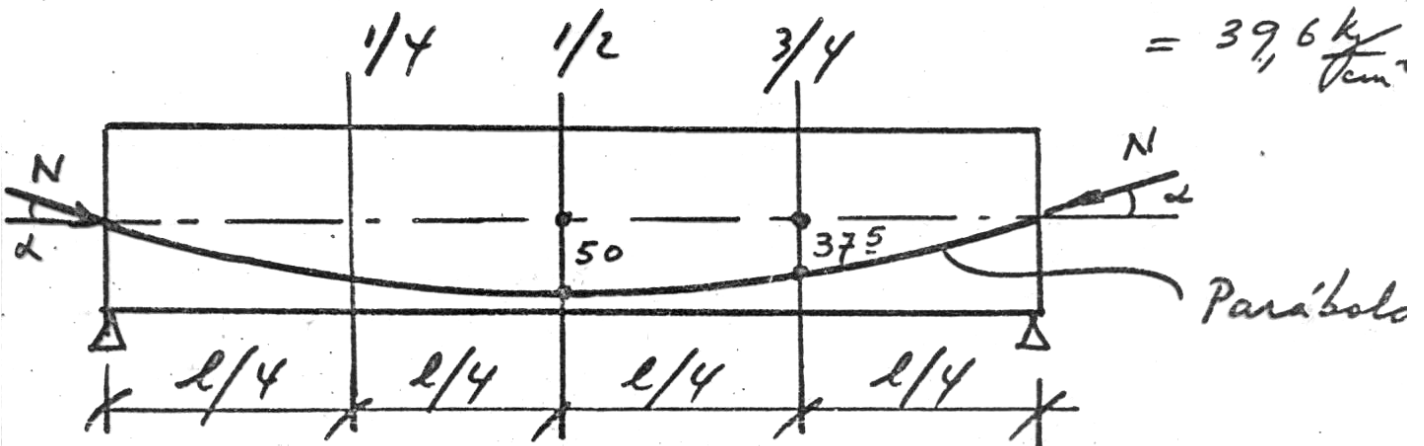
Solução ideal: Aplicar a protensa no C.G. da secção do apoio.

Neste caso teríamos no apoio



$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{475}{1,2} = 396$$

$$= 39,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$







$$\tan \alpha = \frac{2 \times 50}{1000} = 0,1 \quad \alpha = 6^\circ$$

$$\cos \alpha = 0,9950 \approx 1$$

$$\sin \alpha = 0,1$$

Na seção 3/4.

$$N = 475t.$$

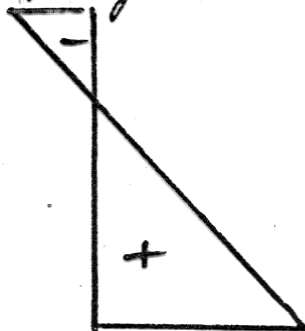
$$N \cos \alpha = 475t.$$

$$e = 37,5 \text{ cm.}$$

$$\sigma_s = \frac{475}{1,2} - \frac{475 \times 0,375}{0,24} = 395 - 742 = -346 \text{ t/cm}^2$$

$$\sigma_i = \quad \quad \quad + \quad \quad \quad = 395 + 742 = 1137 \text{ t/cm}^2$$

34,6 Kgf/cm<sup>2</sup>



113,7 Kgf/cm<sup>2</sup>.

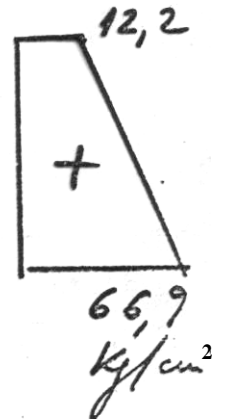


Temos portanto: Antes das perdas.

Peso próprio + Protensas. ( $t=0$ )

$$\sigma_s = 46,8 - 34,6 = +12,2 \text{ kg/cm}^2$$

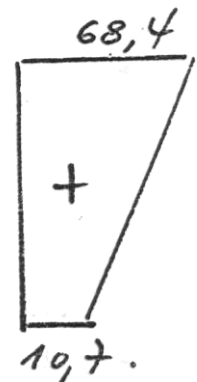
$$\sigma_a = -46,8 + 113,7 = +66,9 \text{ kg/cm}^2$$



com a carga móvel.

$$\sigma_s = +12,2 + 56,2 = +68,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = +66,9 - 56,2 = +10,7 \text{ kg/cm}^2$$



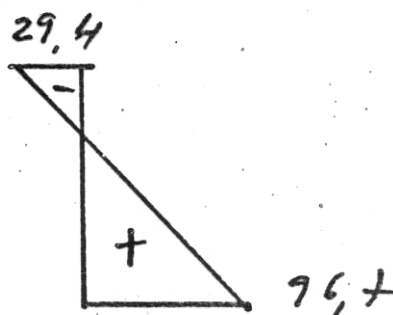
Após as perdas lentas: ( $t=\infty$ )

Com perda de 15% tensões

Protensas

$$\sigma_s = -0,85 \times 34,6 = -29,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = 0,85 \times 113,7 = +96,7 \text{ kg/cm}^2$$

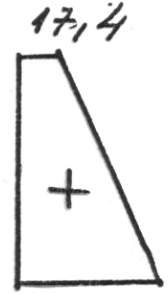




Peso próprio + Protensas:

$$\sigma_s = +46,8 - 29,4 = +17,4 \text{ kg/cm}^2$$

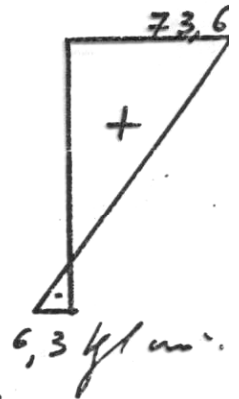
$$\sigma_1 = -46,8 + 96,7 = +49,9 \text{ kg/cm}^2$$



com a carga móvel.

$$\sigma_s = +17,4 + 56,2 = +73,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = +49,9 - 56,2 = -6,3 \text{ kg/cm}^2$$

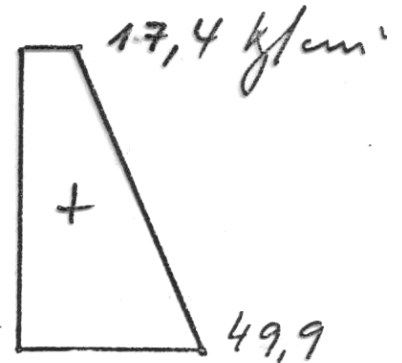
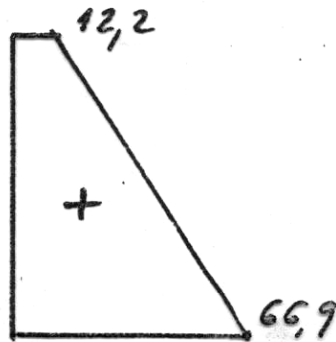


RESUMO

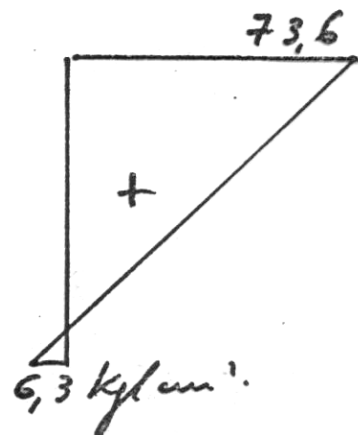
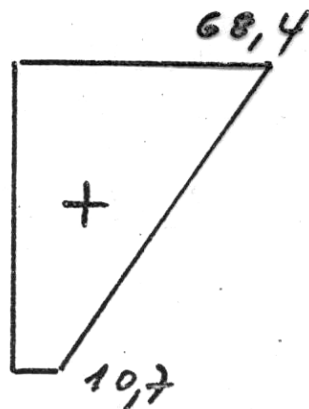
tempo  $t=0$

tempo  $t=\infty$

peso próprio +  
protensas

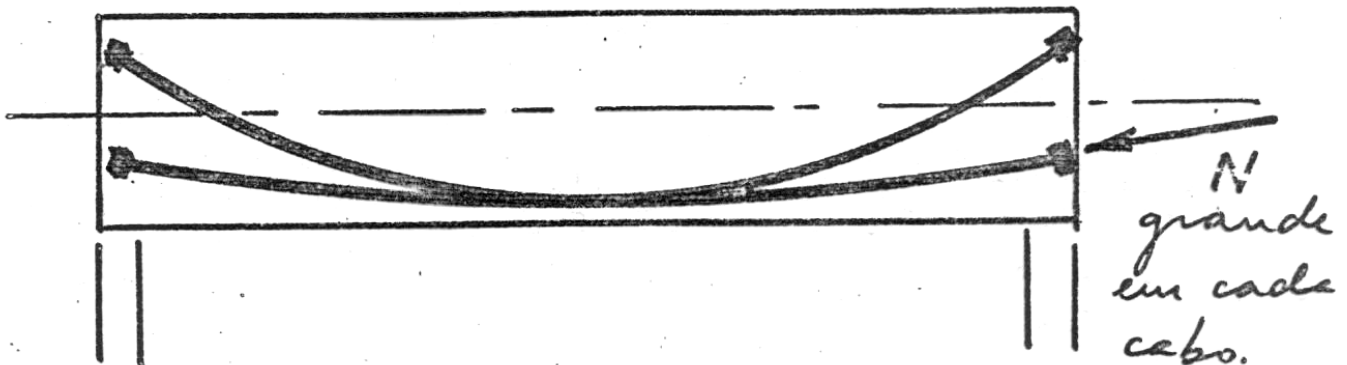
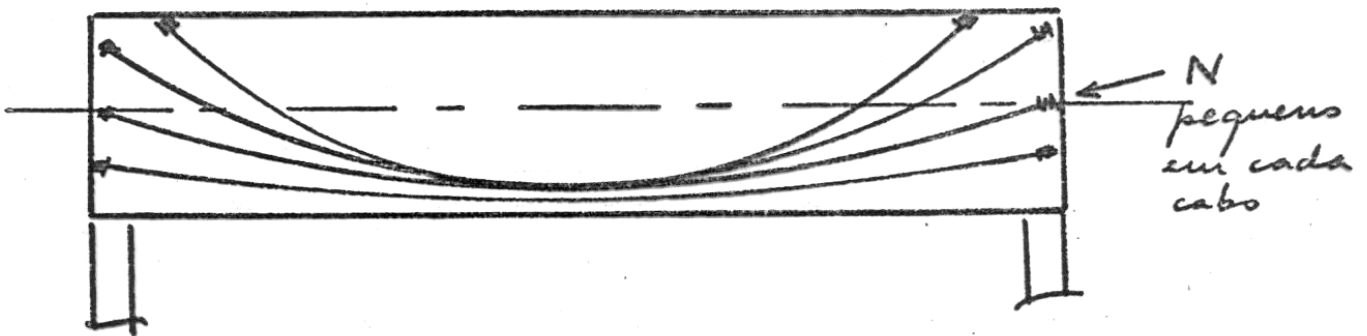
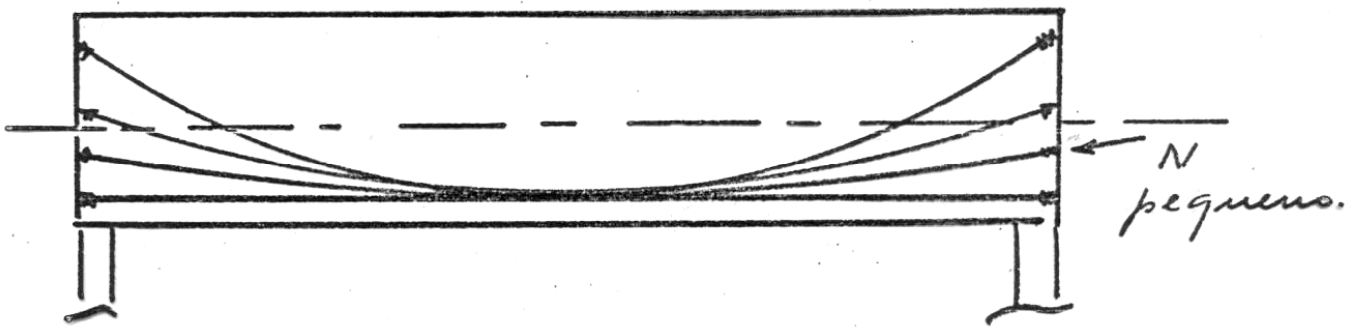


peso próprio +  
protensas +  
carga móvel.



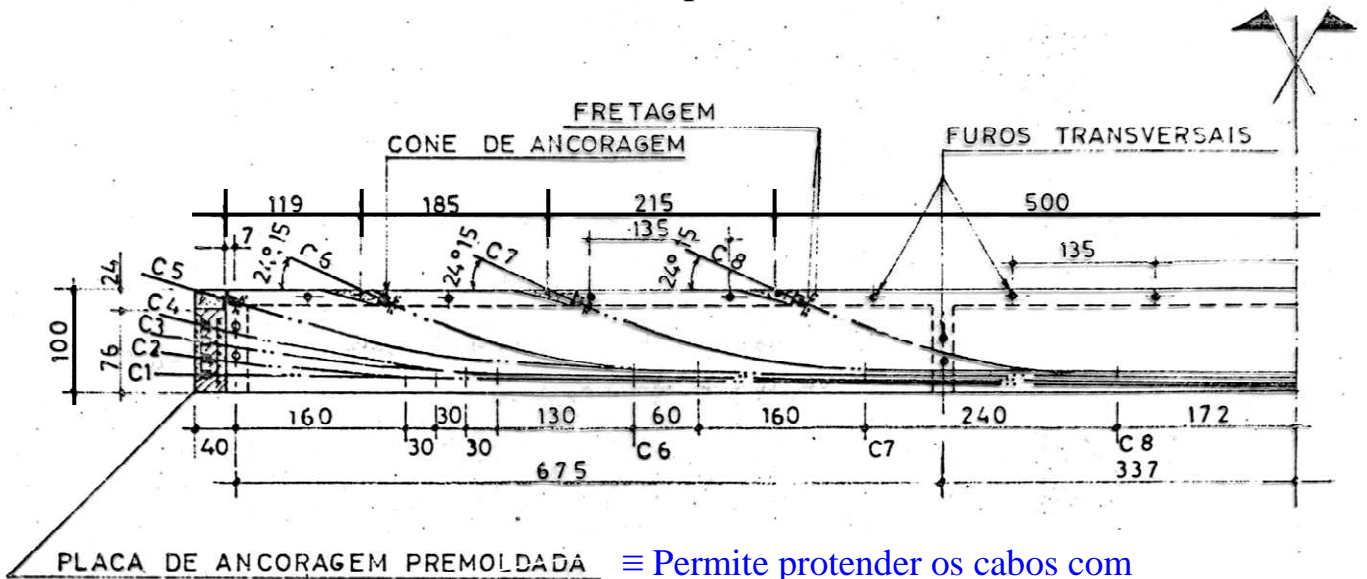


A variação de  $N$  e  $e$  é feita de várias maneiras de modo a se adaptar aos momentos fletores atuantes.



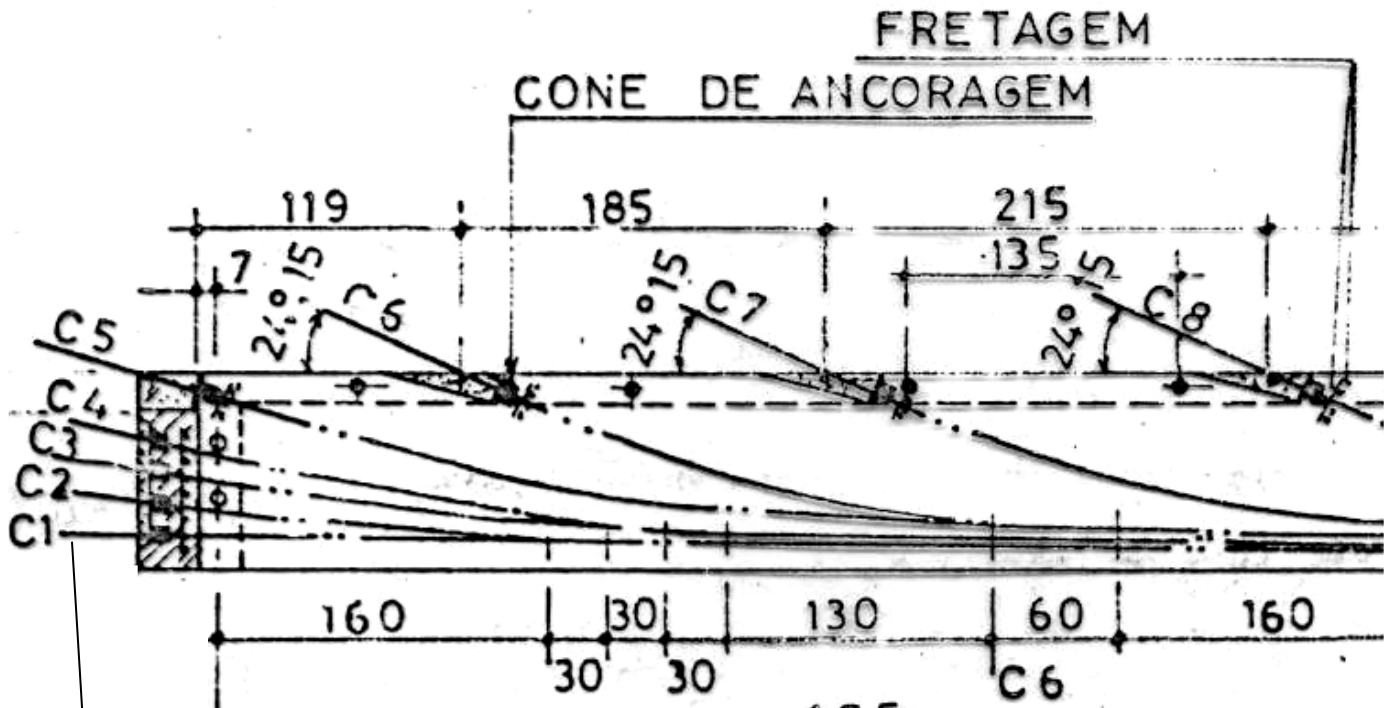


Exemplo :

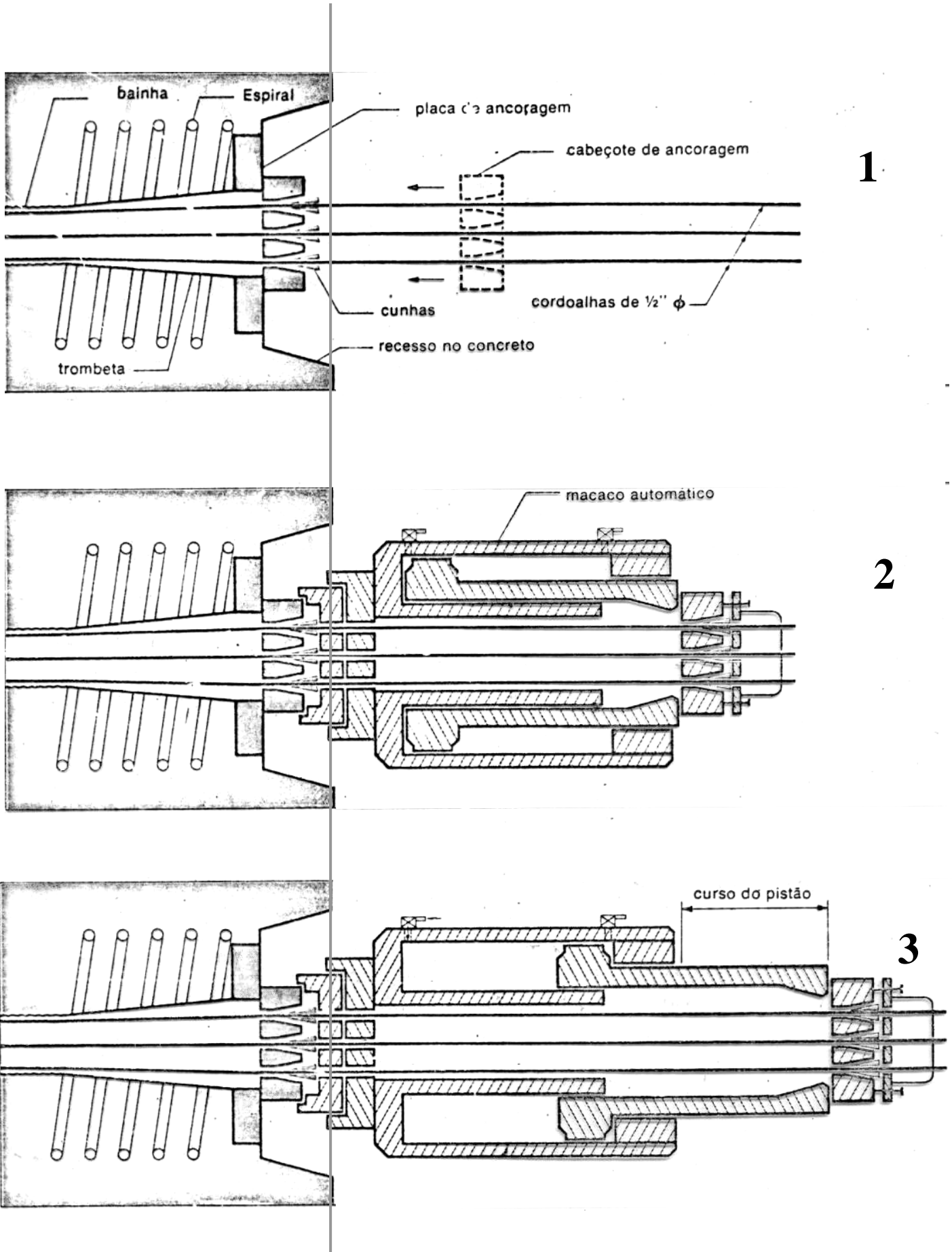


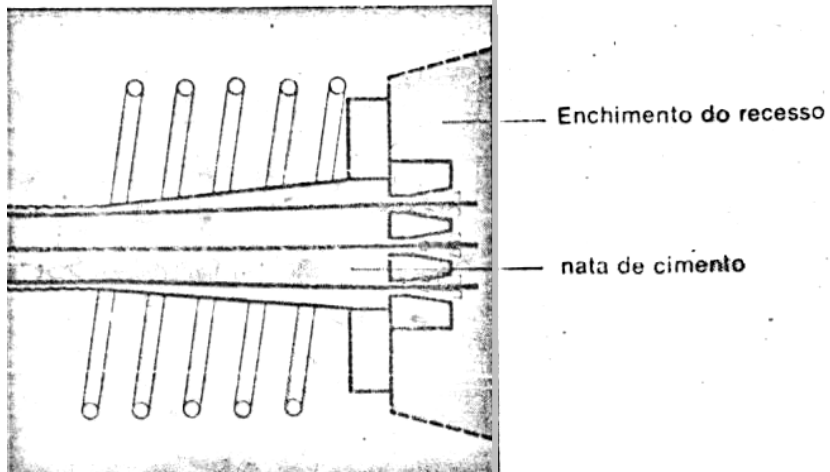
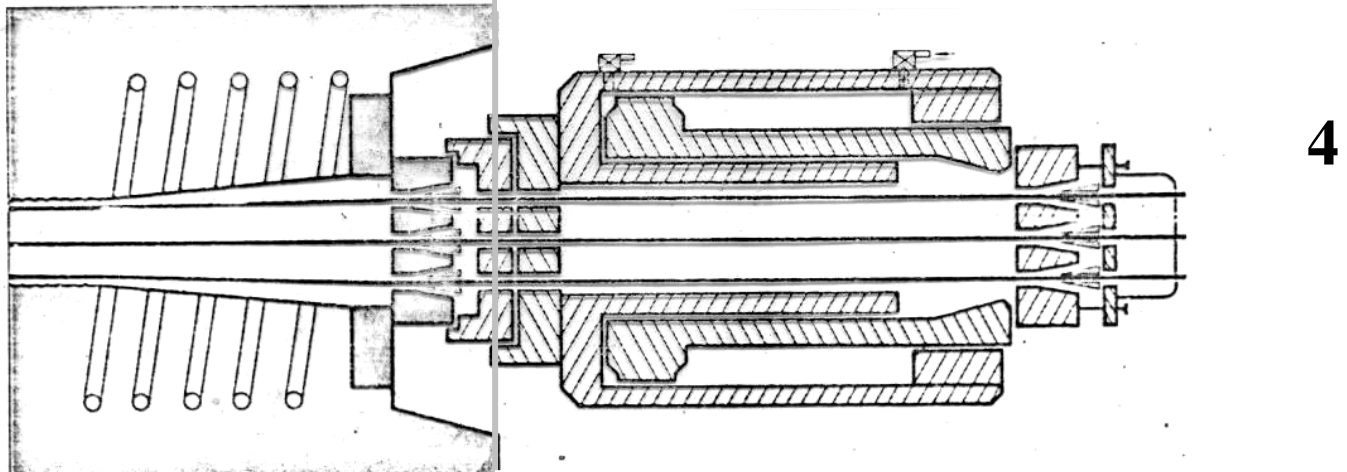
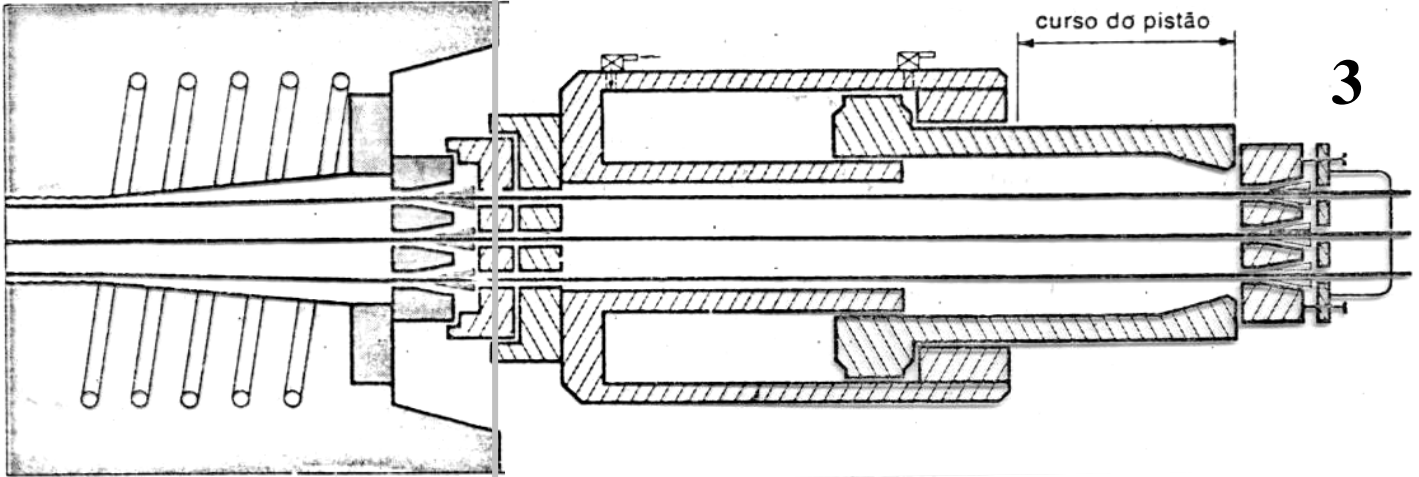
PLACA DE ANCORAGEM PREMOLDADA  $\equiv$  Permite protender os cabos com  
concreto já bem endurecido e resistente

Altura da viga  $h = 1\text{ m}$  ; Vão  $L = 20\text{ m}$  ; Relação  $h/L = L/20$



$\approx 60\%$  dos cabos são ancorados  
na extremidade da viga





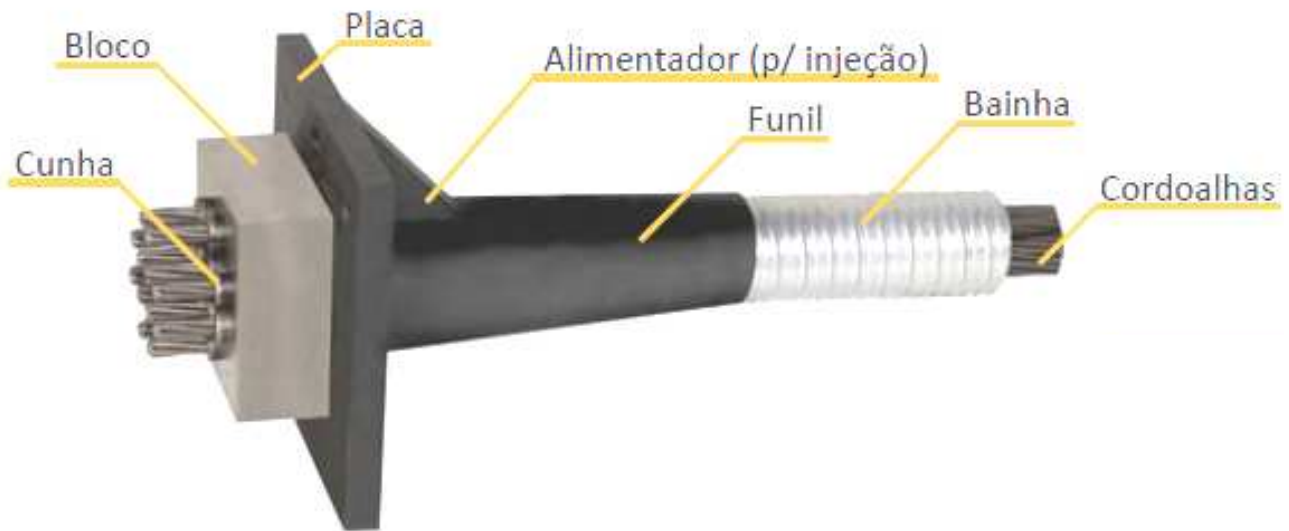


Ancoragens - Catálogo Rudloff





## Ancoragem – Catálogo Rudloff



## Ancoragem Freyssinet - 200 t





## ETAPAS DA OPERAÇÃO DE PROTENSÃO

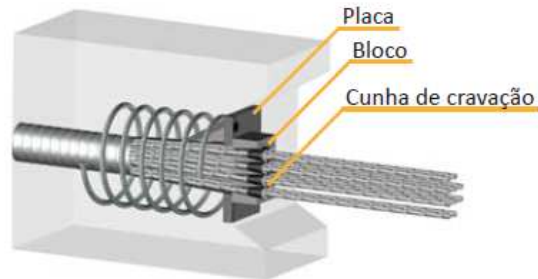


Imagem 34: Colocação de bloco e cunhas

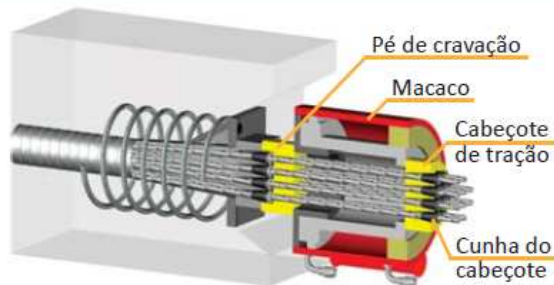


Imagem 35: Posicionamento do macaco de protensão

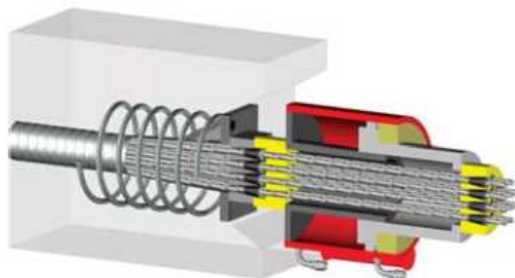


Imagem 36: Tracionamento das cordoalhas

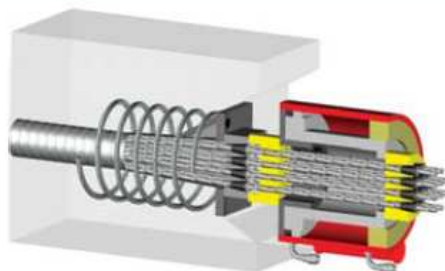


Imagem 37: Cravação das cunhas

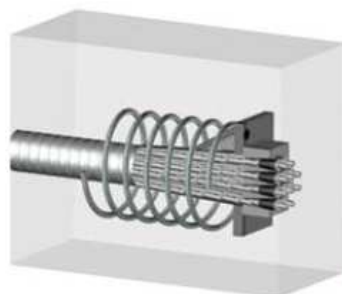


Imagem 38: Corte das  
pontas das cordoalhas e  
fechamento dos nichos



# ARMADURAS DE PROTENSÃO

## CORDOALHAS

Designação ABNT NBR-7483	Diâmetro Nominal	Área Nominal do Aço	Massa Nominal	Carga de Ruptura Mínima	Carga Mínima a 1% de Alongamento	Relaxação Máxima após 1.000 h a 20°C p/ Carga Inicial de	
						70%	80%
						da Carga de Ruptura	
CORDOALHAS	mm	mm <sup>2</sup>	g/m	kN	kN	%	%
CR 175 RB	12,7	94,2	744	165,7	149,1	2,5	3,5
CR 190 RB		98,7	775	187,3	168,6		
CR 210 RB	12,7	101,4	792	207,2	186,5	2,5	3,5
CR 190 RB	15,2	140,0	1102	265,8	239,2	2,5	3,5
CORDOALHAS P/ ESTAIS	mm	mm <sup>2</sup>	g/m	kN	kN	%	%
CR 177 RB	15,7	150	1,270	260,5	229,2	2,5	3,5

Módulo de elasticidade -  $195 \pm 10$  kN/mm<sup>2</sup>

Carga mínima a 1% de alongamento, é considerada equivalente a carga de 0,2% da deformação permanente, e corresponde a 90% da carga de ruptura mínima especificada.

Dimensões sujeitas a modificações conforme projeto

## CABOS

Número de Cordoalha do Cabo	Diâmetro Interno Bainha		Consumo de Nata para Injeção				Seção Nominal de Aço do Cabo		Massa Nominal do Cabo	
	mm		Volume l / m		Volume kg / m		mm <sup>2</sup>		mm <sup>2</sup>	
Un.	12,7 mm	15,2 mm	12,7 mm	15,2 mm	12,7 mm	15,2 mm	Ø 12,7 mm	Ø 15,2 mm	Ø 12,7 mm	Ø 15,2 mm
2	30	35	0,6	0,9	1,1	1,6	197,4	280,0	1,550	2,204
4	40	45	1,0	1,2	1,8	2,2	394,8	560,0	3,100	4,408
6	50	60	1,6	2,3	2,9	4,1	592,2	840,0	4,650	6,612
8	55	65	1,7	2,4	3,1	4,3	789,6	1120,0	6,200	8,816
9	60	70	2,1	3,0	3,8	5,4	888,6	1260,0	6,975	9,918
10	65	75	2,6	3,3	4,7	5,9	987,0	1400,0	7,750	11,020
12	65	80	2,3	3,6	4,2	6,5	1184,4	1680,0	9,300	13,224
15	70	85	2,6	3,9	4,7	7,0	1480,5	2100,0	11,625	16,530
16	75	90	3,0	4,4	5,4	7,9	1579,2	2240,0	12,400	17,632
18	75	90	2,9	4,2	5,2	7,6	1776,6	2520,0	13,950	19,836
20	80	95	3,3	4,6	6,0	8,3	1974,0	2800,0	15,500	22,040
24	85	100	3,6	4,9	6,5	8,8	2368,8	3360,0	18,600	26,448
25	85	100	3,5	4,8	6,3	8,7	2467,5	3500,0	19,375	27,550
27	90	110	3,9	6,1	7,0	11,0	2664,9	3780,0	20,925	29,754
30	100	120	5,2	7,5	9,4	13,5	2961,0	4200,0	23,250	33,060
37	110	130	6,2	8,5	11,2	15,3	3651,9	5180,0	28,675	40,774

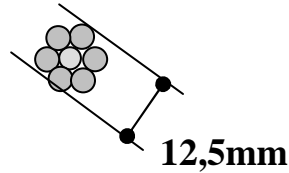
Para enfição posterior do cabo, adotar para diâmetro da bainha o diâmetro subsequente.

As dimensões acima são apenas indicativas, em alguns casos devem ser de acordo com os padrões PROTENDE e conforme as condições de execução.

Dimensões sujeitas a modificações conforme projeto

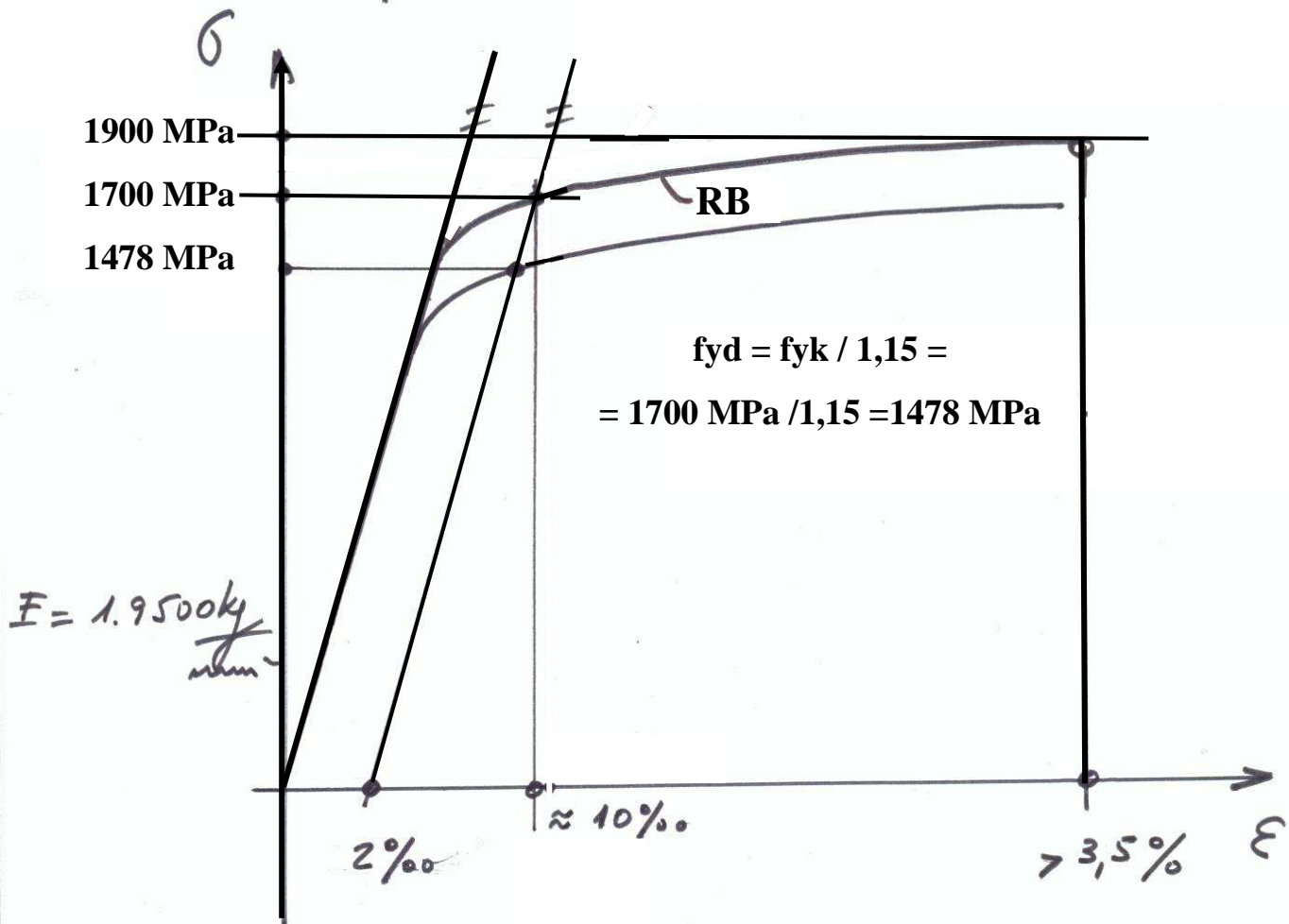


### Aço para Protensão CP190-RB - Cordoalhas



Seção transversal = 1 fio reto central e 6 fios helicoidais

Tensão de ruptura = **1900 MPa**  
Tensão de escoamento = 1700 MPa  
**RB**  $\equiv$  Relaxação Baixa

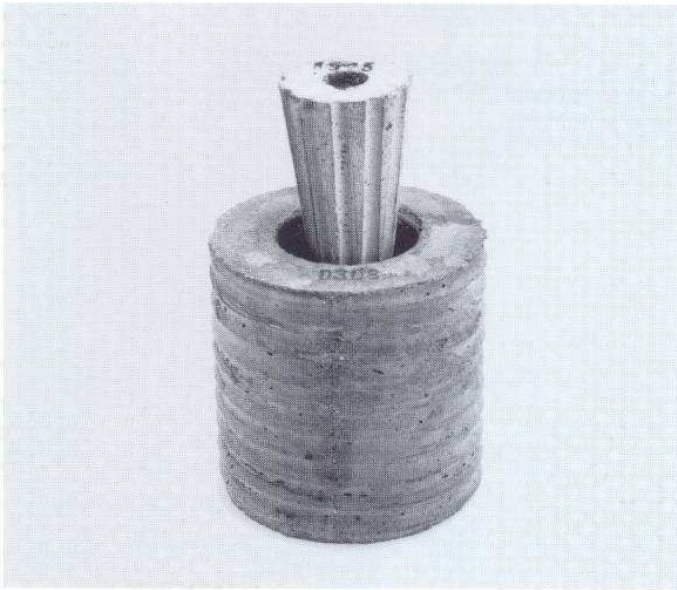




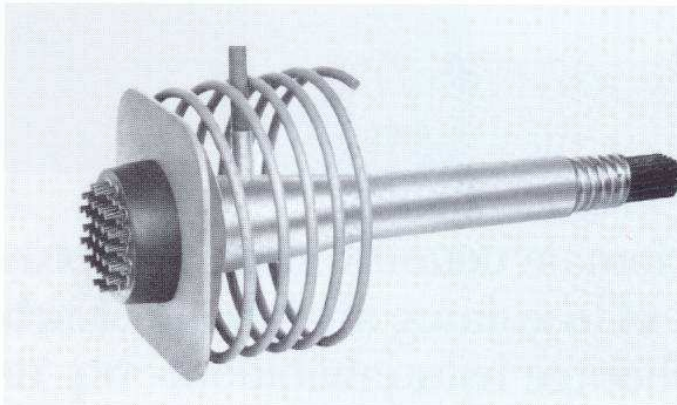
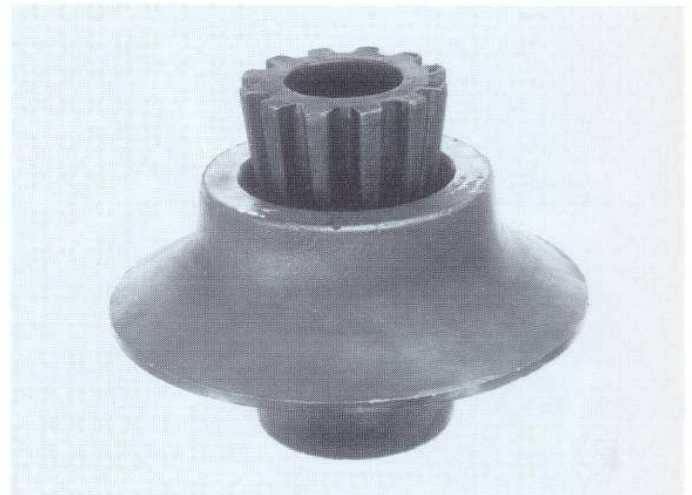
## Ancoragens

Livro : *Eugène Freyssinet - A revolution in the art of construction*  
Presses de l'École Nationale de Ponts et Chaussées -2004

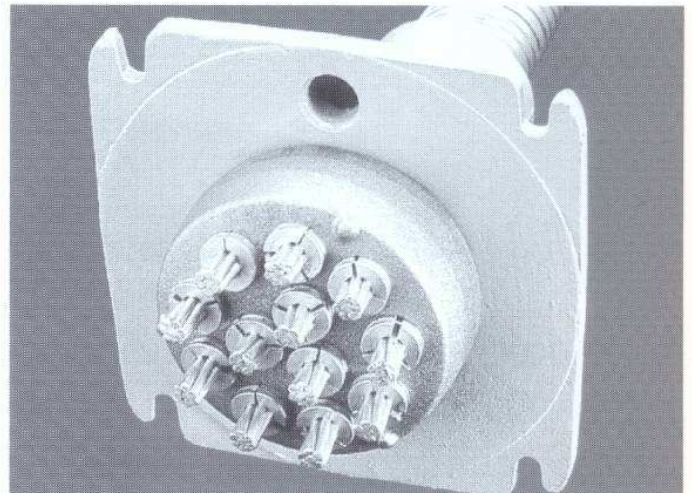
**1939 – Cone de concreto - Capacidade 20t**  
**12 fios de 5mm, usado na ponte do Galeão/RJ**



**1960 Ancoragem em aço -Capacidade 150t**



**1965 Ancoragem VSL**



**1972 Ancoragem Freyssinet para 200 t**



## Alguns Aspectos Curiosos da História do Concreto

Eng<sup>o</sup> Augusto Carlos de Vasconcelos

Quando se começa a estudar a fundo algum fato histórico, acaba-se por perceber conexões não explícitas e razões não documentadas. —

....

....

Ao perceber a possibilidade de aplicar sua patente a uma ponte de 370 m o entusiasmo de Freyssinet foi enorme. Imediatamente estendeu uma folha de papel sobre a mesa e começou a fazer alguns esquemas, dividindo os 370 m em vãos todos iguais, como convém para uma obra com vigas pré-moldadas de concreto protendido. Nisto, de Boscoli alertou-o de que aquilo

não era possível: as fundações já estavam prontas e não seria possível abandoná-las, mesmo que daí resultasse alguma economia. Freyssinet deve ter-se exasperado diante da impossibilidade de fazer o melhor projeto para uma obra que viria a ser um recorde mundial, a maior até então como o seu sistema. Ante a perspectiva porém da realização de tal obra, aceitou a contingência de fazer um projeto para cada vão. O gênio de Freyssinet fez-se logo sentir, projetando apenas dois tipos de formas, aplicáveis respectivamente para os tramos menores de 19,4 m onde usou vigas de 94 centímetros de altura, e para os demais tramos de 28,3 a 37,2 m onde usou vigas de 170 centímetros. O tramo maior, de 43,4 m exigia vigas mais altas. Para não destoar do restante da obra, Freyssinet usou de um artifício que passou despercebido para quem de fora, contempla a ponte: foi usada a mesma forma de 170 projetada para os demais vãos, porém um fundo variável, inclinado, permitindo um aumento de altura no meio do vão de 20 centímetros! Esse aumento de altura, quase imperceptível no conjunto da obra, foi suficiente para permitir o alojamento de 20 cabos de 20 toneladas úteis, dos quais apenas 8 atingem os topos das vigas.

## PONTE DO GALEÃO

1949

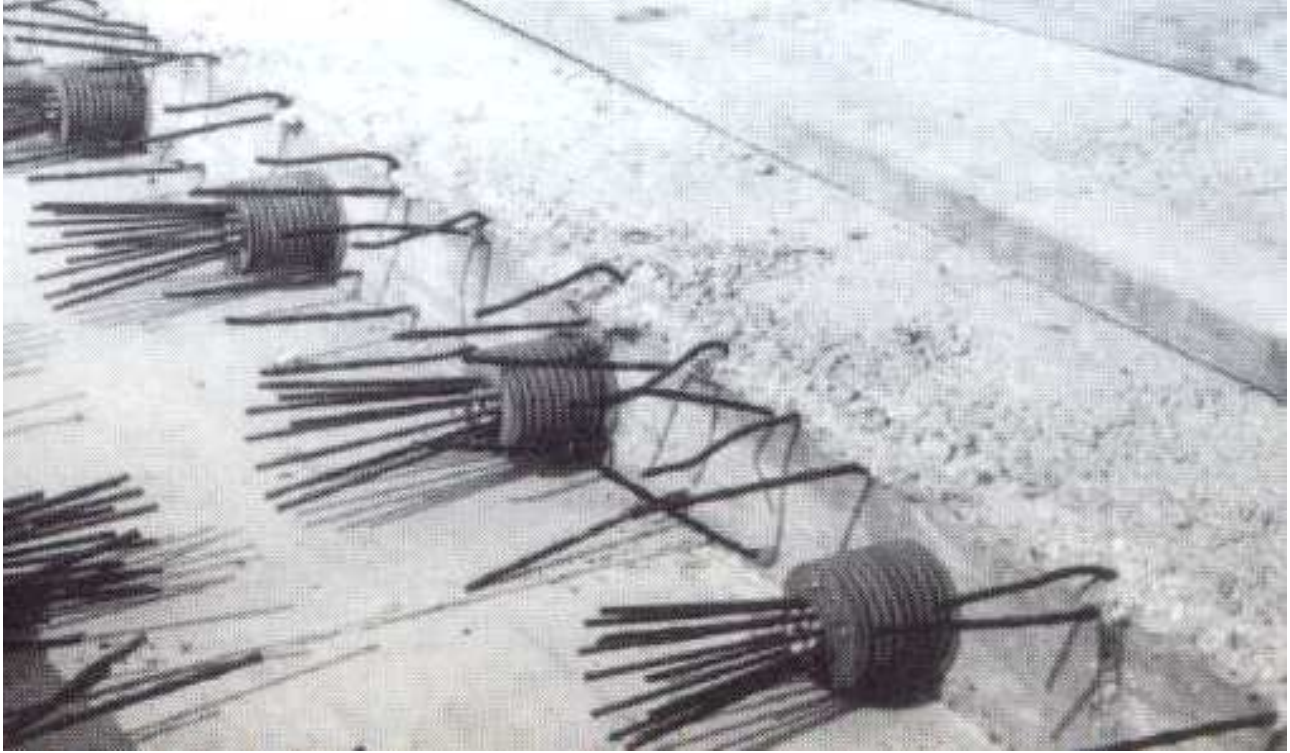
A obra foi inaugurada em Janeiro de 1949 e ainda está em utilização. Tornou-se entretanto insuficiente para a atual demanda de tráfego e necessitou de uma duplicação recentemente concluída. Após 25 anos de sua existência os jornais do Rio de Janeiro noticiaram seu perfeito estado de conservação.

Em 1982 foi feito um serviço de recuperação da obra, refazendo as pistas de rolamento e substituindo os 260 m de juntas de dilatação. Em 1983, o “Freyssinet Magazine” publicou uma pequena notícia da obra com o título: “Le Pont du Galion est toujours en bonne santé!”.

A ponte foi executada com cabos constituídos de 12 fios de 5 mm de diâmetro, paralelos e dispostos em volta de uma mola central de arame recozido. Essa mola garantia a existência de um buraco central que permitisse a injeção de calda de cimento, cuja finalidade era apenas de proteção contra corrosão. Para evitar a entrada de nata do cimento no interior do cabo, durante a contretagem da viga, o que acarretaria a aderência dos fios com o concreto antes da aplicação da protensão, os cabos eram envolvidos em papel e pintados com tinta betuminosa em várias camadas. Essa maneira de realizar a cablagem é proibida pelas normas atuais... mas a obra continua perfeita! E a História continua...



### Primeiros cones de Ancoragem Freyssinet 1939

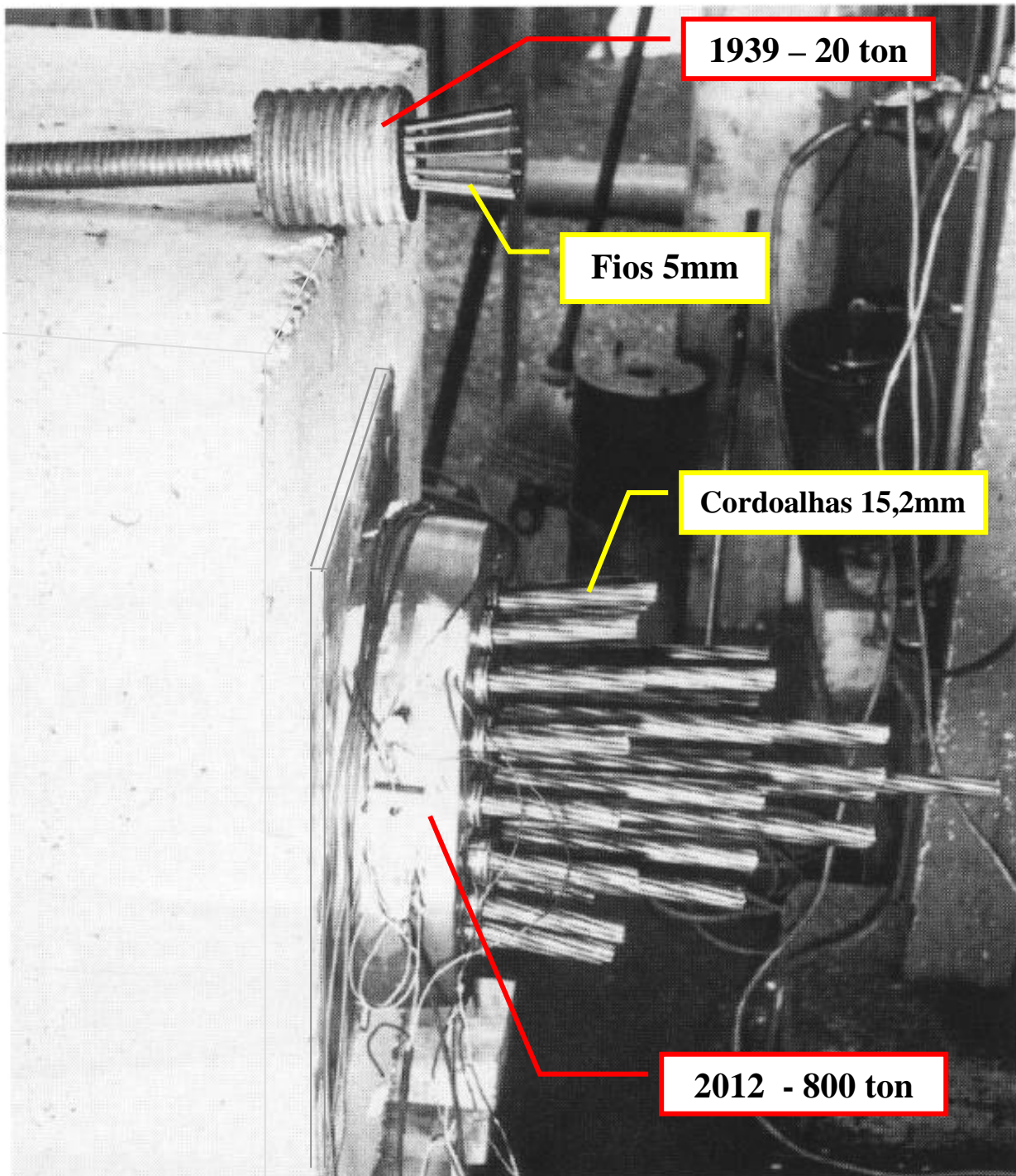


**1939 – Macaco para 20t - 12 fios de 5mm**

**Usado na Ponte do Galeão /RJ em 1948**



## ANCORAGENS







## Cunhas de aço

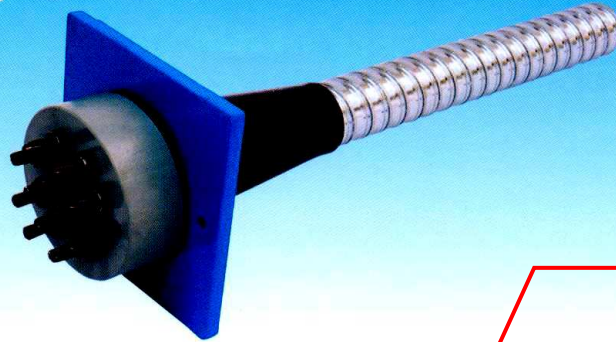


**Cunhas de fixação das cordoalhas**

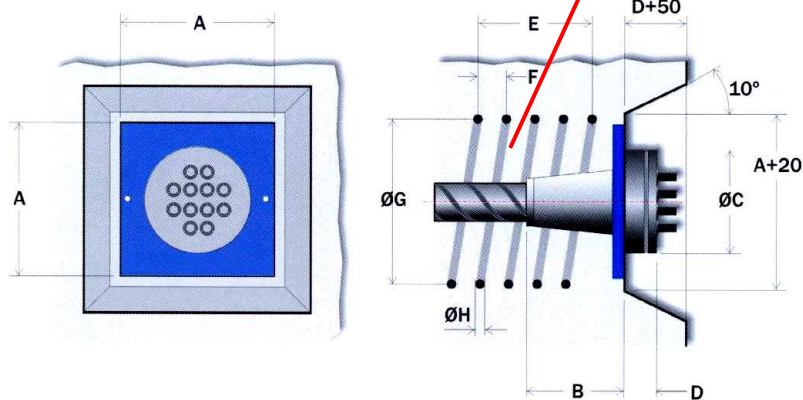


## ANCORAGENS ATIVAS

### TIPO MTC



Fretagem  
helicoidal



Tipo	Dimensões	A mm	B mm	Ø C mm	D mm	E mm	F mm	Ø G mm	Ø H mm
4 MTC 12,7		150	162	100	45	200	50	140	10
6 MTC 12,7		180	162	127	50	200	50	170	10
7 MTC 12,7		190	162	127	50	250	50	180	10
8 MTC 12,7		210	266	140	50	300	50	190	10
9 MTC 12,7		220	266	152	50	300	50	200	10
10 MTC 12,7		240	266	165	55	300	50	220	10
12 MTC 12,7		240	266	165	57	350	50	220	12
15 MTC 12,7		290	325	197	60	350	50	270	12
19 MTC 12,7		320	325	216	60	400	50	290	12
22 MTC 12,7		350	329	229	60	450	60	320	16
27 MTC 12,7		400	430	267	75	600	70	410	20
31 MTC 12,7		430	468	279	85	600	70	430	20
4 MTC 15,2		170	200	110	50	200	50	160	10
6 MTC 15,2		210	165	140	55	300	50	190	10
7 MTC 15,2		230	165	152	55	350	50	210	12
9 MTC 15,2		260	269	179	55	350	50	240	12
12 MTC 15,2		300	275	203	60	400	50	280	12
15 MTC 15,2		340	332	229	65	450	50	310	12
19 MTC 15,2		380	332	229	65	500	50	350	16
22 MTC 15,2		420	388	229	75	600	70	430	20
27 MTC 15,2		450	415	305	95	650	70	470	20

Muito usada

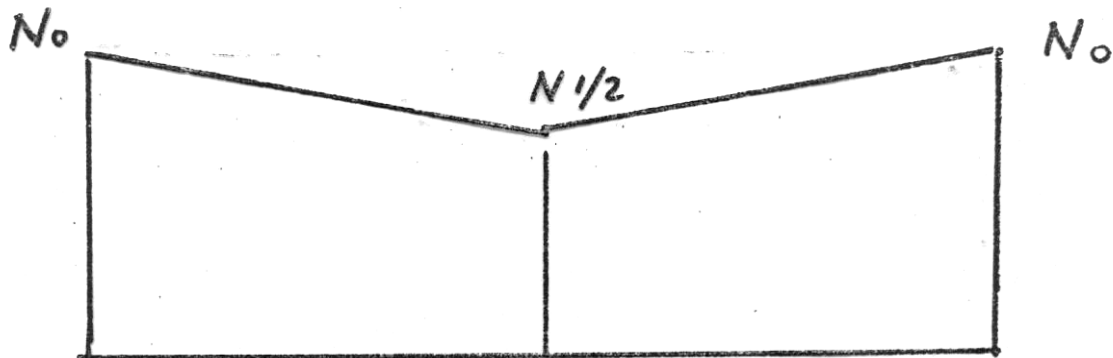
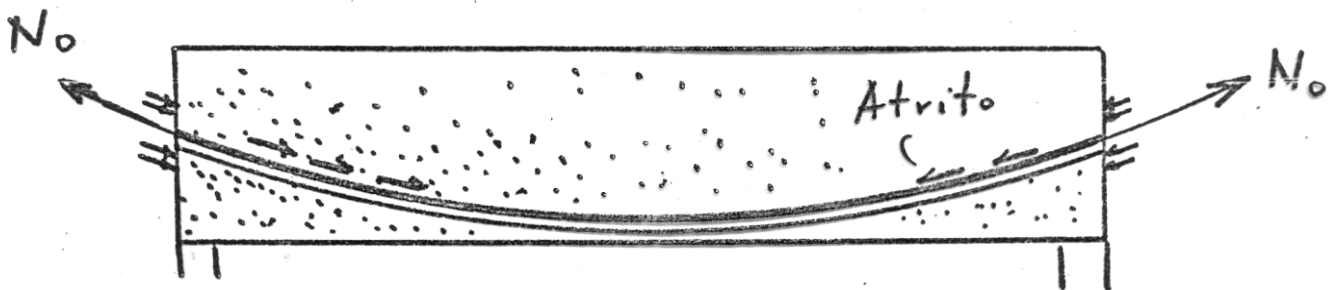


Dimensões sujeitas a modificações conforme projeto



Face à curvatura do cabo surge o problema da perda de protensão pelo atrito cabo x bainha.

Temos



A força de protensão diminui ao longo do cabo a partir da extremidade tracionada pelo macaco.



Em resumo terás que ser estudadas as perdas de força de protensas:

Perdas imediatas:

- 1) Atrito
- 2) Escorregamento do cabo no instante da fixação.
- 3) Protensas nas simultaneas de todos os cabos.

Perdas lentas devidas a

- 4) Retração do concreto
- 5) Deformação lenta do concreto
- 6) Relaxação do aço.



Além de verificações de tensões em estado limite de utilização deveremos fazer também verificações à ruptura.