



ARTIGOS TÉCNICOS:

O objetivo desta seção é disponibilizar as notas de aula relativas as cadeiras de Concreto Protendido, Pontes e Concreto Armado do curso de Engenharia Civil da Universidade Santa Úrsula do Rio de Janeiro. Apresentaremos também, tópicos relativos ao reforço estrutural, cálculo e detalhamento de estruturas metálicas.

Iniciaremos com itens isolados simples e montaremos gradativamente os assuntos de modo completos acompanhados de exemplos mais complexos, inclusive com o emprego e análise comparativa entre os vários softwares de nossa propriedade: EBERICK, SPANN, SAP, TQS, CYPECAD METÁLICA e outros.



ARTIGO 1

Estruturas Protendidas
Perdas Por Atrito

CONTROLE DA EMISSÃO				
REVISÃO	DATA	ELABORAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
A	26/02/03	SHAULA	MAURO JORGE DA COSTA SANTOS	MAURO JORGE DA COSTA SANTOS



SUMÁRIO

1 - ARTIGO 1: (15.02.2003)	4
1.1 - Pré-tensão:	4
1.2 - Pós-tensão:	4
1.3 - Exemplo 1:	7
1.4 - Exemplo 2:	9
1.5 - Exemplo 3:	11

1 - ARTIGO 1:

ESTRUTURAS PROTENDIDAS: PERDAS POR ATRITO
(NBR 7187 ITEM 8.5.1.2 E NBR 6118 (REVISÃO) ITEM 8.5.3.2.2.2)

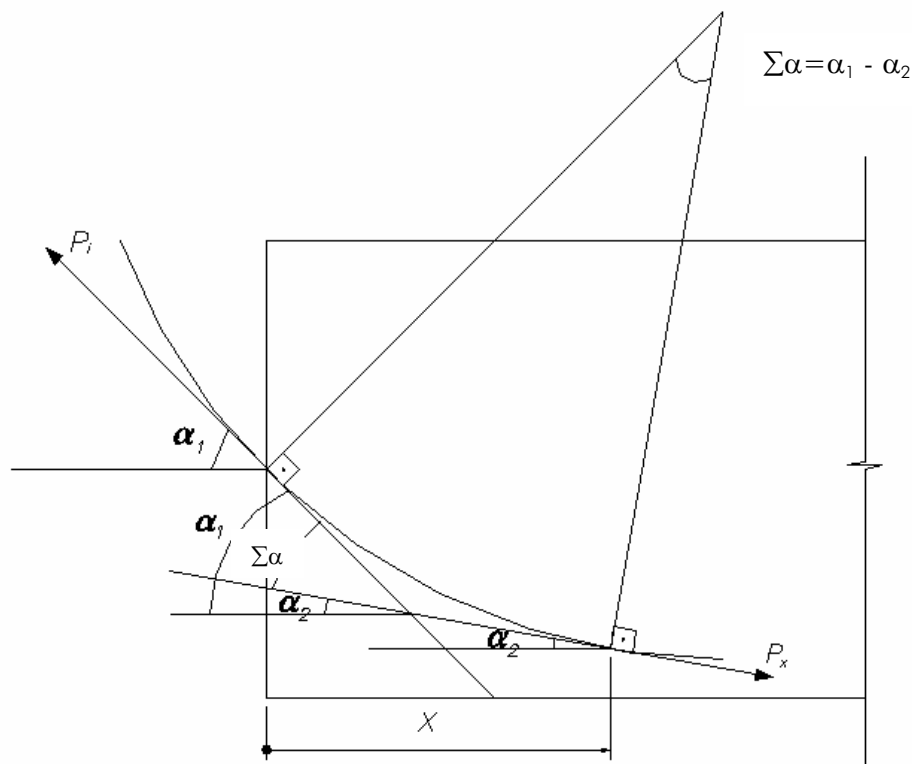
1.1 - PRÉ-TENSÃO:

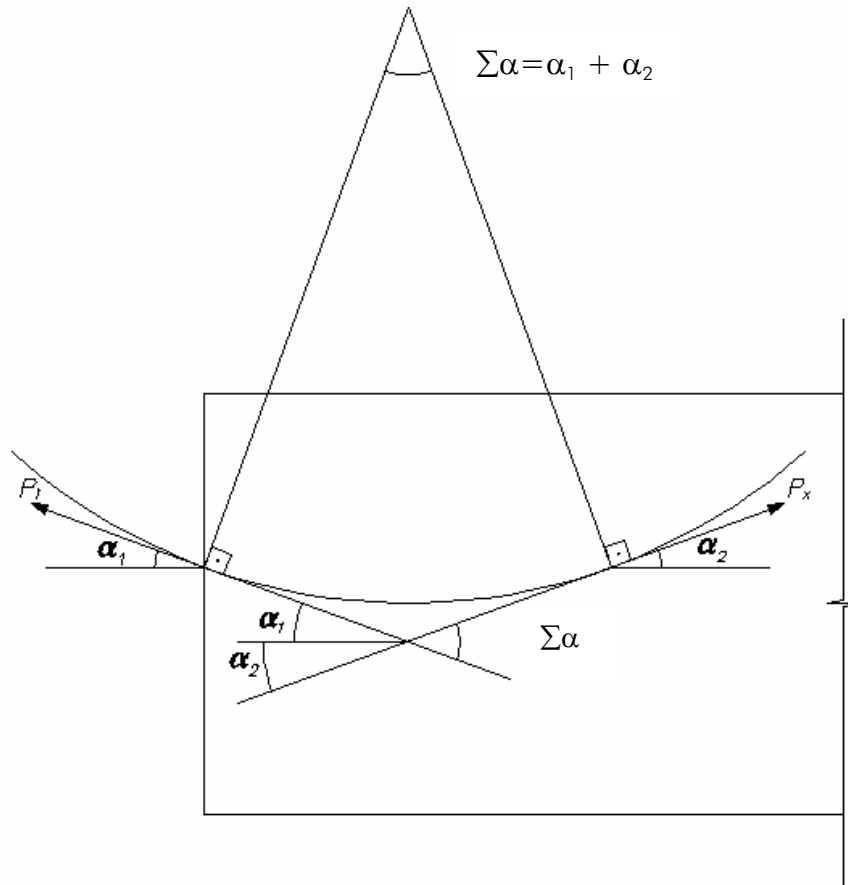
Nos elementos projetados em pré-tração, as perdas por atrito ocorrem em armaduras poligonais nos pontos de inflexão e por ocasião do tracionamento.

Esta variação na força de protensão deve ser determinada experimentalmente com base no aparelho de desvio empregado.

1.2 - PÓS-TENSÃO:

Nos elementos projetados em pós-tração com aderência posterior ou não, a perda é gerada pelo atrito entre a armadura e a bainha, ocorrendo devido aos desvios verticais e horizontais intencionais ou não dos cabos. Esta perda pode ser determinada pela seguinte expressão:





$$P_x = P_i \exp -(\mu \sum \alpha + k x)$$

P_x =força de protensão na seção de abscissa x após a perda por atrito.

P_i =força inicial de protensão.

$\sum \alpha$ =somatório dos ângulos de desvio, no trecho entre o ponto de introdução da força de protensão e a seção de abscissa x (em radianos)

x=distância entre o ponto de introdução da força de protensão e a seção considerada (em metro)

μ =coeficiente de atrito aparente entre a armadura e a bainha.



VALORES DE μ :	
cabo X concreto (sem bainha)	$\mu = 0,50$
fios ou barras com mossas X bainha metálica	$\mu = 0,30$
cordoalhas X bainha metálica	$\mu = 0,20$
cordoalhas X bainha metálica lubrificada	$\mu = 0,10$
cordoalhas X bainha polipropileno lubrificada	$\mu = 0,05$

Obs: se os elementos dentro de uma mesma bainha forem protendidos individualmente, os valores acima deverão ser majorados em 0,10

K = coeficiente de perda provocada por curvaturas não intencionais do cabo, podendo ser adotado o valor de $0,10 \mu$ (1/m)

1.3 - EXEMPLO 1:

Calcular a perda por atrito ao longo do cabo abaixo, supondo uma ancoragem ativa no apoio esquerdo e passiva no direito.

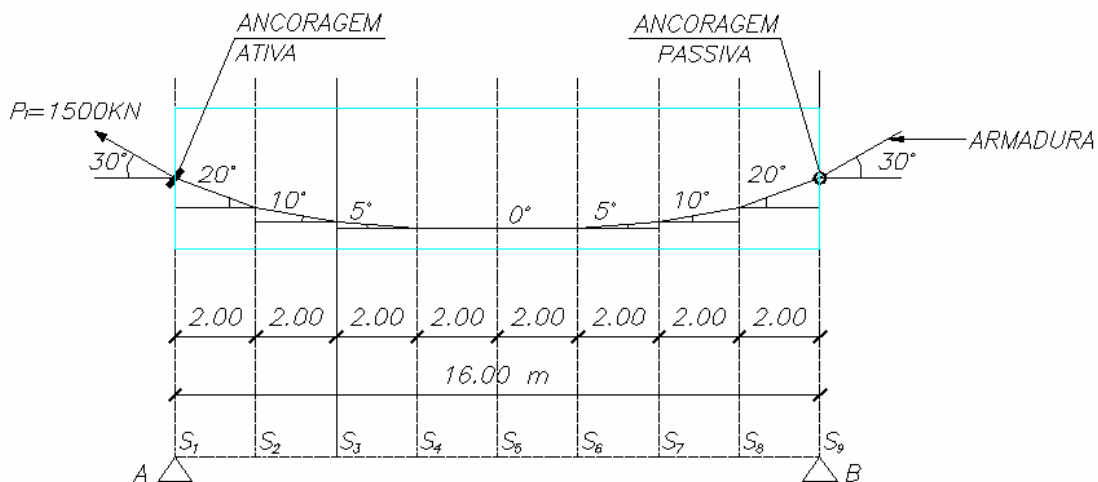
Dados básicos:

força inicial de protensão: $P_i = 1500 \text{ KN}$

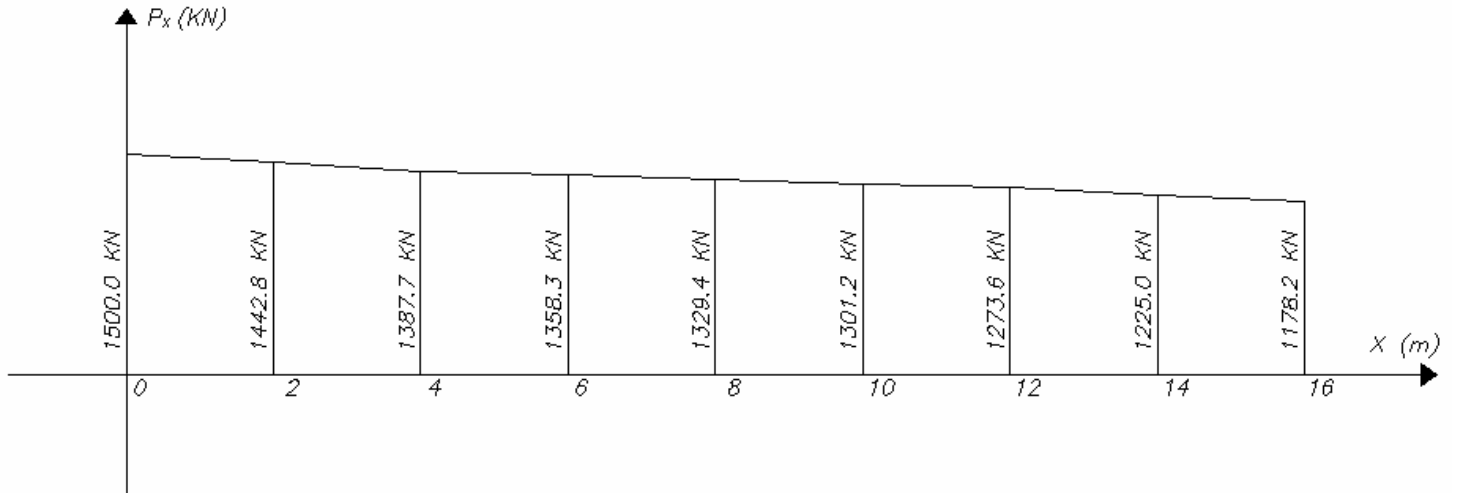
bainha metálica:

$\mu = 0,20 \Rightarrow K = 0,01\mu = 0,002$

$P_x = 1500 \exp -(0,20 \sum \alpha \{ \pi / 180 \} + 0,002 x)$ com $\sum \alpha$ em grau e x em metro



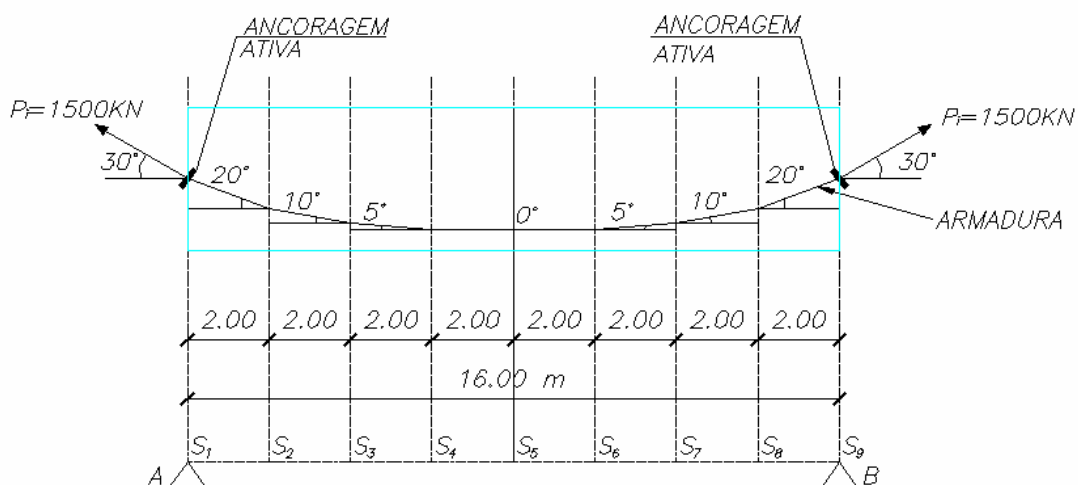
Seção	x(m)	$\sum \alpha$ (grau)	P_x (KN)
S ₁	0,00 m	0°	1500 KN
S ₂	2,00 m	30-20= 10°	1442,8 KN
S ₃	4,00 m	30-10= 20°	1387,7 KN
S ₄	6,00 m	30-5= 25°	1358,3 KN
S ₅	8,00 m	30-0= 30°	1329,4 KN
S ₆	10,00 m	30+5= 35°	1301,2 KN
S ₇	12,00 m	30+10= 40°	1273,6 KN
S ₈	14,00 m	30+20= 50°	1225,0 KN
S ₉	16,00 m	30+30= 60°	1178, 2 KN



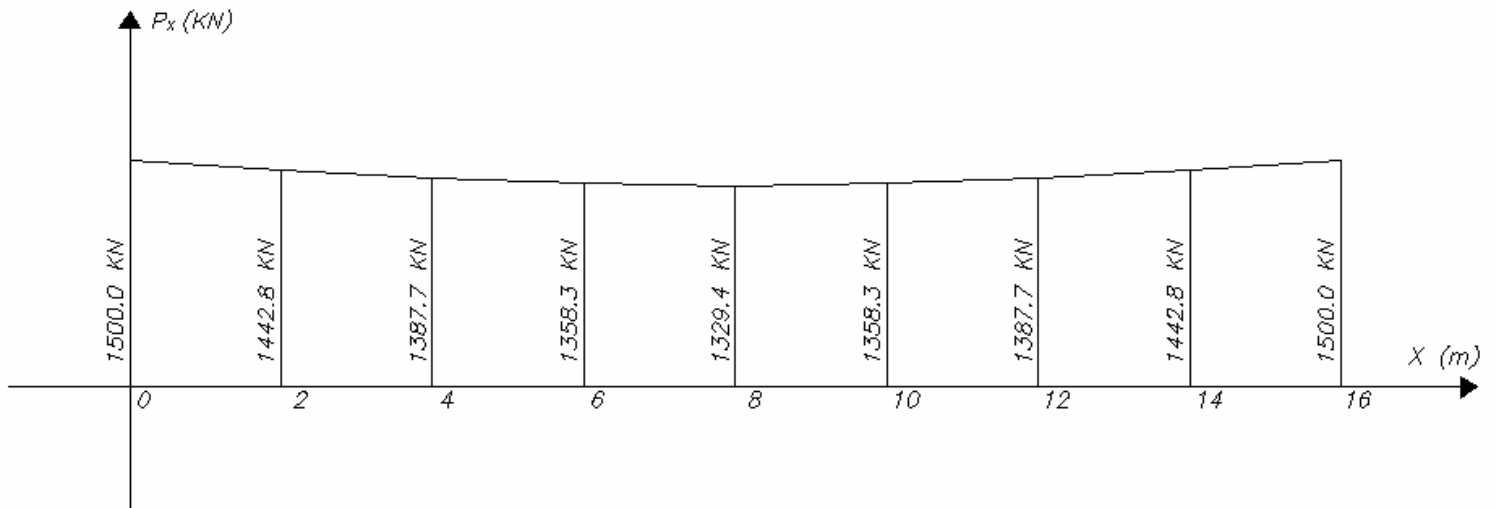
Exemplo 1: Diagrama $P X x$

1.4 - EXEMPLO 2:

Calcular a perda por atrito ao longo do cabo anterior, supondo ancoragens ativas em ambos os apoios.



Seção	x(m)	$\sum \alpha(\text{grau})$	P_x (KN)
S ₁	0,00 m	0°	1500 KN
S ₂	2,00 m	30-20= 10°	1442,8 KN
S ₃	4,00 m	30-10= 20°	1387,7 KN
S ₄	6,00 m	30-5 = 25°	1358,3 KN
S ₅	8,00 m	30-0 = 30°	1329,4 KN
S ₆	10,00 m	30-5 = 25°	1358,3 KN
S ₇	12,00 m	30-10 =20°	1387,7 KN
S ₈	14,00 m	30-20= 10°	1442,8 KN
S ₉	16,00 m	0°	1500 KN



Exemplo 2: Diagrama $P X x$



1.5 - EXEMPLO 3:

Calcular por perda de atrito ao longo do cabo na viga continua em abaixo.

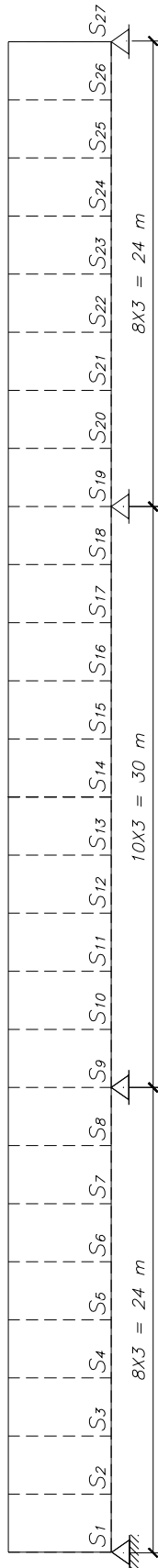
Dados básicos:

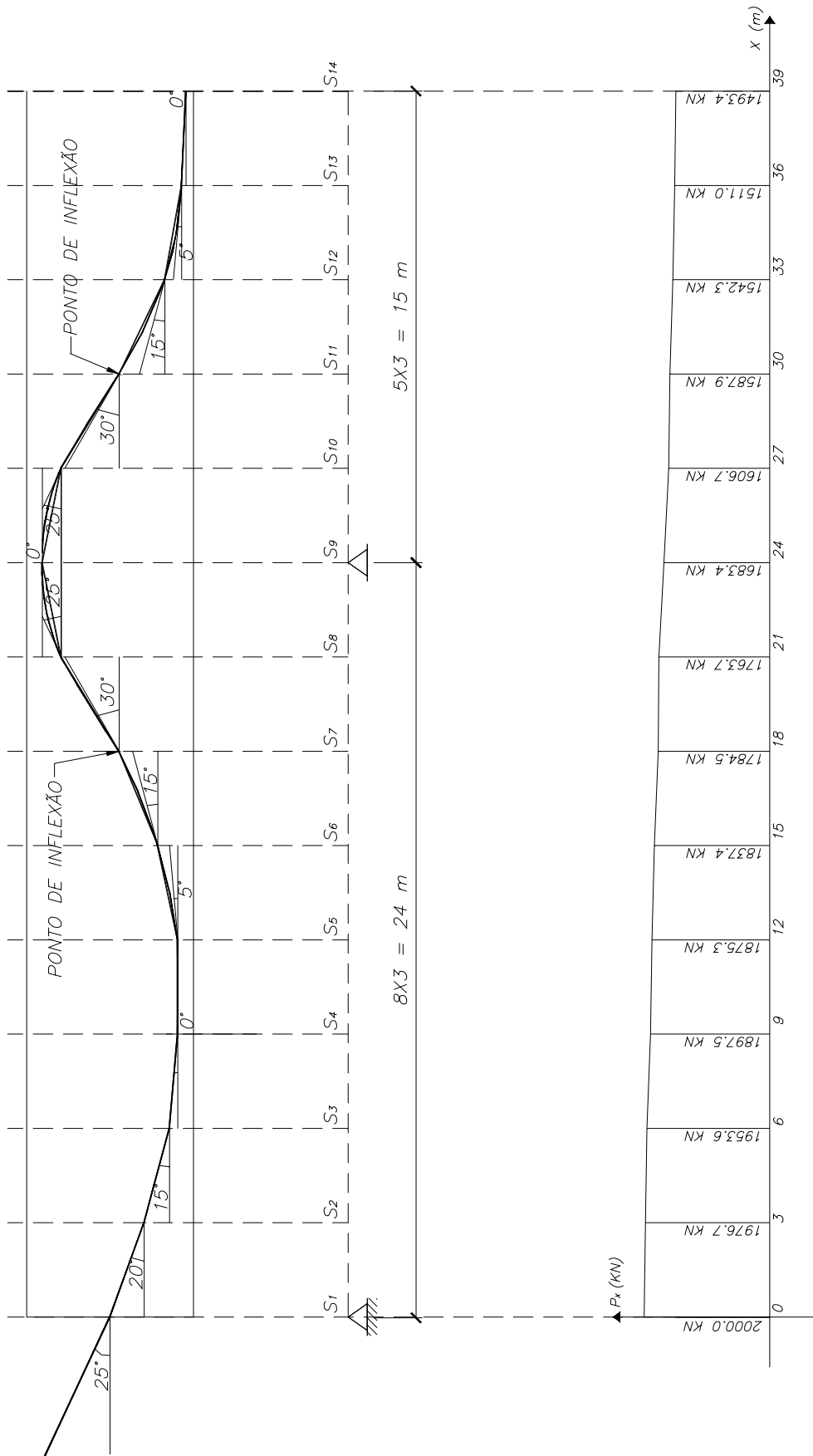
Força inicial de protensão: $P_i = 2000$ KN.

Bainha metálica lubrificada: $\mu = 0,10 \quad \Rightarrow \lambda = 0,01\mu = 0,001$

$P_x = 2000 \exp -(0,10 \sum \alpha \{^\circ / 180\} + 0,001x)$ com $\sum \alpha$ em grau e x em metro

Seção	x(m)	$\sum \alpha(\text{grau})$	P_x (KN)
S ₁	0,00 m	0°	2000 KN
S ₂	3,00 m	25-20= 5°	1976,7 KN
S ₃	6,00 m	25-15= 10°	1953,6 KN
S ₄	9,00 m	25-0 = 25°	1897,5 KN
S ₅	12,00 m	25+5 = 30°	1875,3 KN
S ₆	15,00 m	25+15= 40°	1837,4 KN
S ₇	18,00 m	25+30 =55°	1784,5 KN
S ₈	21,00 m	55+30-25= 60°	1763,7 KN
S ₉	24,00 m	55+30-0= 85°	1683,4 KN
S ₁₀	27,00 m	55+30+25= 110°	1606,7 KN
S ₁₁	30,00 m	55+30+30= 115°	1587,9 KN
S ₁₂	33,00 m	115+30-15= 130°	1542,3 KN
S ₁₃	36,00 m	115+30-5= 140°	1511,0 KN
S ₁₄	39,00 m	115+30-0= 145°	1493,4 KN





Exemplo 3: Diagrama P X x