

ETEC JORGE STREET**ATIVIDADES PROPOSTAS PARA ALUNOS SEM ACESSO AO TEAMS**

Assinale para identificar qual o tipo de atividade e o mês correspondente :

REFERENTE AO MÊS DE () PP's (**X**) Atividades
() MAIO/20 (**X**) JUNHO/20 (**X**) JULHO/20

Aluno:		
Habilitação: Técnico Mecânica	Ano: 2020	Módulo/Série : 2 BN Grupo A/B
Componente Curricular Elementos de Máquinas 2		
Professor Wilson Malerba	Email : wilson.malerba01@etec.sp.gov.br	
Coordenador Laszlo Szabados Júnior	Email : laszlo.junior@etec.sp.gov.br	
DATA LIMITE DO ENVIO DAS ATIVIDADES 20/07/2020		

Resolver os exercícios propostos:

Exercício 1 – Exercício de Cálculo de transmissão por corrente, conforme exemplo resolvido em aula.

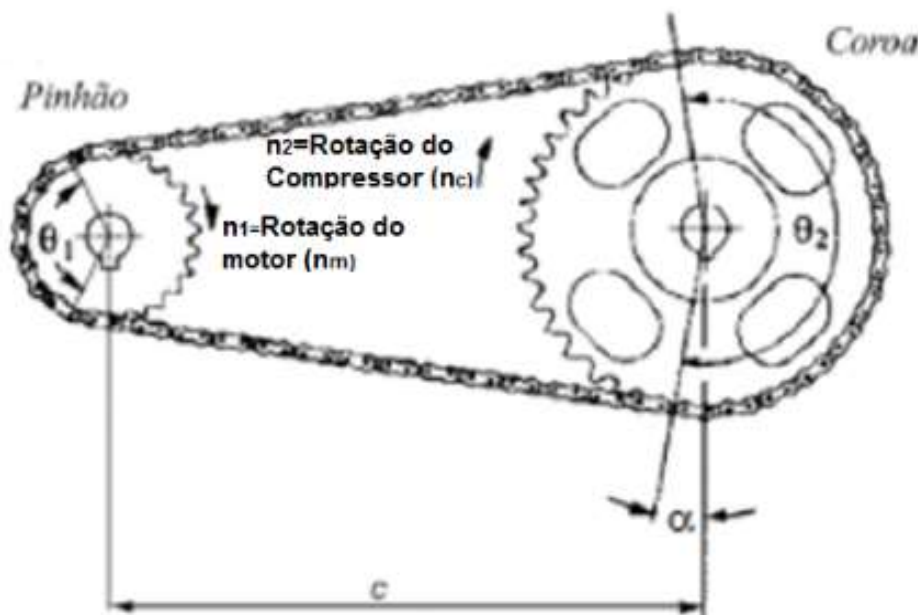
Exercício 2 – Exercício de Cálculo de cabos de aço, conforme exemplo resolvido em aula.

**APÓS A REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS, O ALUNO DEVERÁ
ENVIAR O ARQUIVO PARA OS
EMAILS DO PROFESSOR E DO COORDENADOR, ACIMA IDENTIFICADOS.**

EMQ 2 – Exercício Resolvido Acionamento por Transmissão de Corrente de Rolos - 2BN rev1 pag. 14

A figura abaixo representa o acionamento de um compressor através de um motor elétrico e uma transmissão por corrente de rolos. O trabalho é considerado normal.

Pede-se calcular e selecionar a corrente, bem como dimensionar e definir todos os dados necessários para a montagem do sistema de acionamento, considerando que a transmissão opera numa inclinação inferior a 45 graus e com lubrificação contínua.



DADOS:

- ❖ Motor de potência **$N = 15\text{KW}$** , com rotação efetiva de **$n_m = 1160\text{ rpm}$** ;
- ❖ Rotação do compressor **$n_c = 290\text{ rpm}$** ;
- ❖ Distância estimada entre centros **$c = 600\text{mm}$** .

SOLUÇÃO

Para a especificação da corrente de rolos mais adequada, o projetista deve determinar/calcular:

- A relação de transmissão (i);
- O número de dentes da roda dentada motriz pinhão (Z_1);
- O número de dentes da roda dentada motora coroa (Z_2);

- O passo da corrente (t)
- A verificação da velocidade admissível da corrente (V_c);
- A verificação da carga admissível atuante na corrente (F_t);
- A verificação da distância estimativa entre centros da corrente (C);
- O número norma ANSI, que informa o tamanho da corrente;
- A quantidade de elos, comprimento da corrente (Y);
- A verificação da potência admissível da corrente (P_{adm});
- A quantidade de correntes da transmissão (simples, dupla etc.).

1 – Relação de Transmissão (i):

$$i = (n_m / n_c)$$

$$i = 1160 / 290$$

$$\underline{i=4}$$

2 – Número de Dentes do Pinhão (Z_1):

O número de dentes do pinhão vem da tabela apostila página 25, a qual determina o número de dentes da engrenagem menor por meio da relação de transmissão.

Assim para $i = 4$,

$$\underline{Z_1 = 23 \text{ dentes}}$$

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

DIMENSIONAMENTO (GOST-URSS)

- Utilizaremos uma tabela que determina o número de dentes da engrenagem menor por meio da relação de transmissão.

Tipo de Corrente	Rel. de transmissão – i					
	1	2	3	4	5	6
Rolos	31	27	25	23	21	17
Silenciosa	40	35	31	27	23	19

3 – Número de Dentes da Coroa (Z_2):

$$Z_2 = Z_1 \cdot i$$

$$Z_2 = 23 \times 4$$

$$\underline{Z_2 = 92}$$

92 dentes encontra-se no abaixo do recomendado, da tabela apostila página 26, número máximo de dentes para correntes de rolos.

$$\underline{Z_{max} = 120 \text{ dentes}}$$

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

DIMENSIONAMENTO (GOST-URSS)

- Número mínimo de dentes:

Rolos: $Z_{min} \geq 9$

Silenciosas $Z_{min} \geq 13$

- Número máximo de dentes:

Rolos: $Z_{max} \leq 120$

Silenciosas $Z_{max} \leq 140$

4 – Passo da Corrente (t):

O pinhão possui $Z_1 = 23$ dentes com rotação $n_m = 1160$ rpm.

Na tabela apostila página 28 procura-se o valor mais adequado para o passo t , lembrando que quanto menor o passo, melhor para a transmissão, pois diminuem os choques, a força centrífuga e o atrito.

Assim para $Z_1 = 23$ dentes e $n_m = 1160$ rpm, a tabela recomenda passo $t = 25$ mm.

Entretanto levando-se em consideração a afirmação anterior, adotaremos um valor menor

passo $t = 19,05$ mm ou $3/4''$.

TRANSMISSÕES POR CORRENTES						
DIMENSIONAMENTO (GOST-URSS)						
Tipo	N.Dentes	Passo (mm)				
		12	15	20	25	30
Rolos	15	2300	1900	1350	1150	1000
	19	2400	2000	1450	1200	1050
	23	2500	2100	1500	1250	1100
Cilindros	27	2550	2150	1550	1300	1100
	30	2600	2200	1550	1300	1100

5 – Velocidade da Corrente (V_c):

Da fórmula apostila página 34, temos:

$$V_c = Z_1 \cdot t \cdot n_m / 60000$$

$$V_c = 23 \times 19,05 \times 1160 / 60000$$

O coeficiente 60000 é para transformar milímetros do passo em metros e rotação por minuto em rotação por segundo, para termos a velocidade em m/s.

$$\underline{V_c = 8,47 \text{ m/s}}$$

ETEC JORGE STREET

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

DIMENSIONAMENTO (GOST-URSS)

- Distância entre eixos (correta)

$$C = t/4 \cdot \{y - ((Z1+Z2)/2) + \sqrt{[y - ((Z1+Z2)/2)]^2 - 8 \cdot ((Z2-Z1)/2\pi)^2}\}$$

- Força Tangencial

$$F_t = P/V_c \quad \text{ou} \quad F_t = 2T/d_0 \quad (N)$$

- Velocidade da Corrente

$$V_c = (Z1 \cdot t \cdot N1) / (60000) \quad (m/s)$$

A velocidade da corrente é a velocidade periférica do pinhão (V_p).

Conforme tabela apostila página 27 como V_c (V_p) é menor que 12m/s, está verificada a condição admissível da velocidade.

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

DIMENSIONAMENTO (GOST-URSS)

- Passo da Corrente – quanto menor melhor será a transmissão.
- Rotação máxima (correias dentadas)

Passo	1,3mm	1,6	1,9	2,5	3,2
rpm (max)	3300	2650	2200	1650	1300

- Velocidade periférica (não exceder)

Rolos – $v_p = 12m/s$

Dentadas – $v_p = 16m/s$

6 – Força Tangencial Atuante na Corrente (F_t):

Da fórmula apostila página 34 temos:

$F_t = P / V_c$; onde P é a potência do motor N

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

DIMENSIONAMENTO (GOST-URSS)

- Distância entre eixos (correta)

$$C = t/4 \cdot \{y - ((Z1+Z2)/2) + \sqrt{[y - ((Z1+Z2)/2)]^2 - 8 \cdot ((Z2-Z1)/2\pi)^2}\}$$

- Força Tangencial

$$F_t = P/V_c \quad \text{ou} \quad F_t = 2T/d_0 \quad (N)$$

- Velocidade da Corrente

$$V_c = (Z1 \cdot t \cdot N1) / (60000) \quad (m/s)$$

No nosso caso temos:

Potência do motor em Quilowatt, que precisamos converter em Newton metro por segundo conforme tabela de conversão a seguir:

1 KW = 1000 Nm / s; transformando as unidades corretamente:

$$F_t = 1000 \cdot N / V_c$$

$$F_t = 1000 \times 15 \text{ (KW)} / 8,47 \text{ (m/s)}$$

$$\underline{\underline{F_t = 1770 \text{ N}}}$$

ETEC JORGE STREET

Converter kilowatt [kW] <—> newton meter/second [N·m/s]

Power Converter

1 kilowatt [kW] = 1000 newton meter/second [N·m/s]

De:

kilowatt
 hectowatt
 dekawatt
 deciwatt
 centiwatt
 milliwatt
 microwatt

A **kilowatt (kW)** is a decimal multiple of the derived unit of power in the International System of Units (SI) watt, which is defined as one joule per second. Power measures the rate of energy conversion or the rate at which work is done. One watt is the rate at which work is done when an object's velocity is held constant at one meter per second against constant opposing force of one newton. In electromagnetism, one watt is defined as the rate at which work is done when one ampere of current flows across a potential difference of one volt.

Para:

newton meter/second
 joule/second
 exajoule/second
 petajoule/second
 terajoule/second
 gigajoule/second
 megajoule/second

A **newton meter per second (N·m/s)** is a derived SI unit of power. It is the amount of work done by a force of one newton when moving an object through a distance of one meter during one second.

7 – Força Tangencial Admissível na Corrente (F_t):

Da fórmula apostila página 29 temos:

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

DIMENSIONAMENTO (GOST-URSS)

- Carga máxima na Corrente

Rolos:

$$F_{max} = F_{rup} / n_s \cdot k$$

Dentada:

$$F_{max} = F_{rup} \cdot b / 10 \cdot n_s \cdot k$$

Cuja nomenclatura explicativa está na apostila página 30 a seguir:

ETEC JORGE STREET

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

DIMENSIONAMENTO (GOST-URSS)

- Carga máxima na Corrente

Onde:

F_{max} = carga máxima que pode atuar na corrente (N)

F_{rup} = carga de ruptura da corrente (N)

n_s = coeficiente de segurança

k = fator de operação

b = largura da corrente

F_{max} = Força Tangencial Atuante na Corrente (F_t)

F_{rup} = Carga de Ruptura da Corrente, especificada pela norma ANSI

n_s = coeficiente de segurança, conforme tabela apostila página 31 a seguir

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

DIMENSIONAMENTO (GOST-URSS)

- Coeficiente de segurança – n_s

Passo	rpm (engrenador)				
	50	200	400	800	1600
Rolos, até 1,5mm	7	7,8	8,6	10,2	13,2
Rolos, + 1,5mm	7	8,2	9,4	11,7	16,3
Dentadas, até 1,5mm	20	22,2	28,7	29	37,8
Dentadas, + 1,5mm	20	23,4	30	33	46,5

Como a tabela nos dá o valor de n_s para rotação de 800 rpm e 1600 rpm e nossa rotação é a média entre as duas, adotaremos n_s um valor médio entre os dois de 11,7 e 16,3, logo:

$n_s = 14$

k = fator de operação, calculado conforme tabela apostila página 32, abaixo:

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

DIMENSIONAMENTO (GOST-URSS)

- Fator de operação – K

$$K = k_s \cdot k_l \cdot k_{po}$$

k_s - Fator de serviço

k_s	Constante	moderados	fortes
	1,0	1,3	1,5

k_l - Fator de lubrificação/ Fator de posição

	Contínua/horizontal	Períodica/inclinada
k_l/k_{po}	1,0	1,3

Considerando que o serviço é normal e lubrificação permanente, temos conforme tabela anterior, temos $k_s = 1$, $k_l = 1$ e $k_{po} = 1$, portanto:

$K = 1$ logo da fórmula do item 5;

$F_{max} = F_{rup} / n_s \cdot k$ ou, sendo que:

F_{max} = Força Tangencial Atuante na Corrente (F_t)

$$F_{rup} = F_t \cdot n_s \cdot k$$

$$F_{rup} = 1770 \times 14 \times 1$$

$$\underline{\underline{F_{rup} = 24780 \text{ N}}}$$

Verificando a carga de ruptura prevista na Norma ANSI conforme tabela apostila página 37 abaixo, para corrente passo $t = 19,05 \text{ mm}$, corrente ANSI número 60:

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

ESPECIFICAÇÃO

Padronização das dimensões das correntes de rolos.

Número da corrente AISI	Passo [mm]	Largura [mm]	Resistência mínima à tração [N]	Peso médio [N/m]	Diâmetro do rolete [mm]	Distância entre correntes múltiplas [mm]
25	6.35	3.18	3470	1.31	3.30	6.40
35	9.52	4.76	7830	3.06	5.08	10.13
41	12.70	6.35	6670	3.65	7.77	-
40	12.70	7.94	13920	6.13	7.92	14.38
50	15.88	9.52	21700	10.1	10.16	18.11
60	19.05	12.70	31300	14.6	11.91	22.78
80	25.40	15.88	55600	25.0	15.87	29.29
100	31.75	19.05	86700	37.7	19.05	35.76
120	38.10	25.40	124500	56.5	22.22	45.44
140	44.45	25.40	169000	72.2	25.40	48.87
160	50.80	31.75	222000	96.5	28.57	58.55
180	57.15	35.71	280000	132.2	35.71	65.84
200	63.50	38.10	347000	160	39.67	71.55
240	76.70	47.63	498000	239	47.62	87.83

Inicialmente deve ser determinada a potência transmitida por correntes simples (passo médio e largo) baseado em pinhão de 17 dentes. A tabela 2.3 fornece a potência nominal por correntes de rolos em função da rotação do pinhão e da série da corrente.

$$P[kW] = f(np, \text{série da corrente})$$

Os valores nela contidos são obtidos experimentalmente e são normalmente fornecidos pelos fabricantes.

Temos que a carga estabelecida na norma é $F_{rup} = 31300 \text{ N}$

Como a carga de ruptura estabelecida por norma é superior a carga de ruptura necessária calculada, está verificada a condição admissível da carga de ruptura.

8 – Verificação da Distância entre Centros Estimativa (C) e Cálculo do Número de Elos da Corrente (Y):

8.1 – Distância entre eixos estimativa (C)

Da fórmula da apostila página 33 a seguir temos a faixa de variação da distância entre centros recomendada:

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

DIMENSIONAMENTO (GOST-URSS)

- Distância entre eixos (estimativa)

$$C = (30 \text{ a } 50) \cdot t \quad \text{mm}$$

- Número de elos

$$Y = (z_1 + z_2) / 2 + 2C/t + [(z_2 - z_1) / 2\pi]^2 \cdot t/C$$

- Velocidade da Corrente

$$V_c = (Z_1 \cdot t \cdot n_1) / 60000 \quad \text{m/s}$$

$C = (30 \text{ a } 50) \cdot t$ mm, considerando o passo $t = 19,05$ mm, a distância entre centros irá variar de:

$$C = (30 \times 19,05 \text{ a } 50 \times 19,05), \text{ logo}$$

$$C = (571,5 \text{ a } 952,5) \text{ mm}$$

No nosso caso $c = 600$ mm, está verificada a condição admissível da distância entre centros.

8.2 – Cálculo do número de elos

Da fórmula da apostila página 33 acima temos que o número de elos Y é calculado pela seguinte fórmula:

$$Y = (Z_1 + Z_2) / 2 + (2C/t) + [(Z_2 - Z_1) / 2\pi]^2 \cdot (t/C)$$

$$Y = (23 + 92) / 2 + (2 \times 600 / 19,05) + [(92 - 23) / 2\pi]^2 \times (19,05 / 600)$$

$$Y = 124,31;$$

Adotado $Y = 125$ elos

9 – Verificação da Potência Admissível da Corrente (P_{adm})

Conforme tabela apostila página 38 a seguir, para a corrente ANSI 60 e rotação do pinhão 1200 rpm, temos que a potência admissível é:

$$P_{adm} = 21,6 \text{ HP, e que convertendo em KW (multiplica por } 0,736)$$

$$P_{adm} = 15,9 \text{ KW}$$

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

ESPECIFICAÇÃO

Capacidade de transmissão de carga das correntes de rolos de acordo com o número da corrente ANSI [HP].

Rotação do pinhão [rpm]	25	35	40	41	50	60	80	100	120	140	160	180	200	240
50	0.05	0.16	0.37	0.20	0.72	1.24	2.88	5.52	9.33	14.4	20.9	28.9	38.4	61.8
100	0.09	0.29	0.69	0.38	1.34	2.31	5.38	10.3	17.4	26.9	39.1	54.0	71.6	115
150	0.13	0.41	0.99	0.55	1.92	3.32	7.75	14.8	25.1	38.8	56.3	77.7	103	166
200	0.16	0.54	1.29	0.71	2.50	4.30	10.0	19.2	32.5	50.3	72.9	101	134	215
300	0.23	0.78	1.85	1.02	3.61	6.20	14.5	27.7	46.8	72.4	105	145	193	310
400	0.30	1.01	2.40	1.32	4.67	8.03	18.7	35.9	60.6	93.8	136	188	249	359
500	0.37	1.24	2.93	1.61	5.71	9.81	22.9	43.9	74.1	115	166	204	222	
600	0.44	1.46	3.45	1.90	6.72	11.6	27.0	51.7	87.3	127	141	155	169	
700	0.50	1.68	3.97	2.18	7.73	13.3	31.0	59.4	89.0	101	112	123		
800	0.56	1.89	4.48	2.46	8.71	15.0	35.0	63.0	72.8	82.4	91.7	101		
900	0.62	2.10	4.98	2.74	9.69	16.7	39.9	52.8	61.0	69.1	76.8	84.4		
1000	0.68	2.31	5.48	3.01	10.7	18.3	37.7	45.0	52.1	59.0	65.6	72.1		
1200	0.81	2.73	6.45	3.29	12.6	21.6	28.7	34.3	39.6	44.9	49.9			
1400	0.93	3.13	7.41	2.61	14.4	18.1	22.7	27.2	31.5	35.6				
1600	1.05	3.53	8.36	2.14	12.8	14.8	18.6	22.3	25.8					
1800	1.16	3.93	8.96	1.79	10.7	12.4	15.6	18.7	21.6					
2000	1.27	4.32	7.72	1.52	9.23	10.6	13.3	15.9						
2500	1.56	5.28	5.51	1.10	6.58	7.57	9.56	0.40						
3000	1.84	5.64	4.17	0.83	4.98	5.76	7.25							
Tipo A	Tipo B				Tipo C				Tipo C'					

Observação: Tipo A → Lubrificação manual ou gotejamento.
Tipo B → Lubrificação de disco ou banho.
Tipo C → Lubrificação de óleo corrente.
Tipo C' → Lubrificação idêntica a do tipo C, porém de mais difícil acesso; recomenda-se procurar o fabricante.

10 – Quantidade de Correntes da Transmissão (Simples, Dupla, etc.)

Inicialmente devemos calcular a potência de projeto pela fórmula da apostila página 41 também a seguir:

$$P_{proj} = K_s \cdot P \text{ onde}$$

K_s = Fator de serviço conforme tabela da apostila página 40

P = Potência do motor ($N = 15 \text{ KW}$)

$K_s = 1,0$ (máquina motora suave e máquina movida equivalente a turbina) logo,

$$P_{proj} = 1.3 \times 15 \implies \underline{P_{proj} = 19,5 \text{ KW}}$$

As condições de operação, como o tipo de máquina movida e motora, a temperatura de trabalho, vibrações e choques, as condições ambientais e a severidade da transmissão influenciam a capacidade de carga das correntes. O fator que corrige estes problemas e denominado Fator de Serviço (K_s) e seu valor

ETEC JORGE STREET

se encontra na tabela a seguir, obtida do catálogo do fabricante TELMAC página 8, visto que a tabela da apostila não está correta. (rev.1)

GRAU DE IMPULSIVIDADE

CARACTERÍSTICA DO MAQUINÁRIO	TIPO DE MOTOR	Motores combustíveis	
		Motor elétrico ou turbina	Combustão interna Trans. Hid. Combustão interna Trans. Mec.
Constante: Transportadores com carga constante, agitadores de líquido, misturadores, bombas centrífugas e alimentadores.		1,0	1,0 1,2
Meio impulsivo: Transportadores com carga irregular, máquinas operatrizes em geral, compressoras, máquinas para construção em geral, fornos automáticos, secadores, esmagadores, máquinas para fabricação de papel e trefiladores.		1,3	1,2 1,4
Bastante impulsivo: Equipamentos de elevação de peso, prensas, britadores, perfuratrizes, laminadores, equipamentos para obras civis, minas em geral, rotocultivadores e trituradores para material duro.		1,5	1,4 1,7

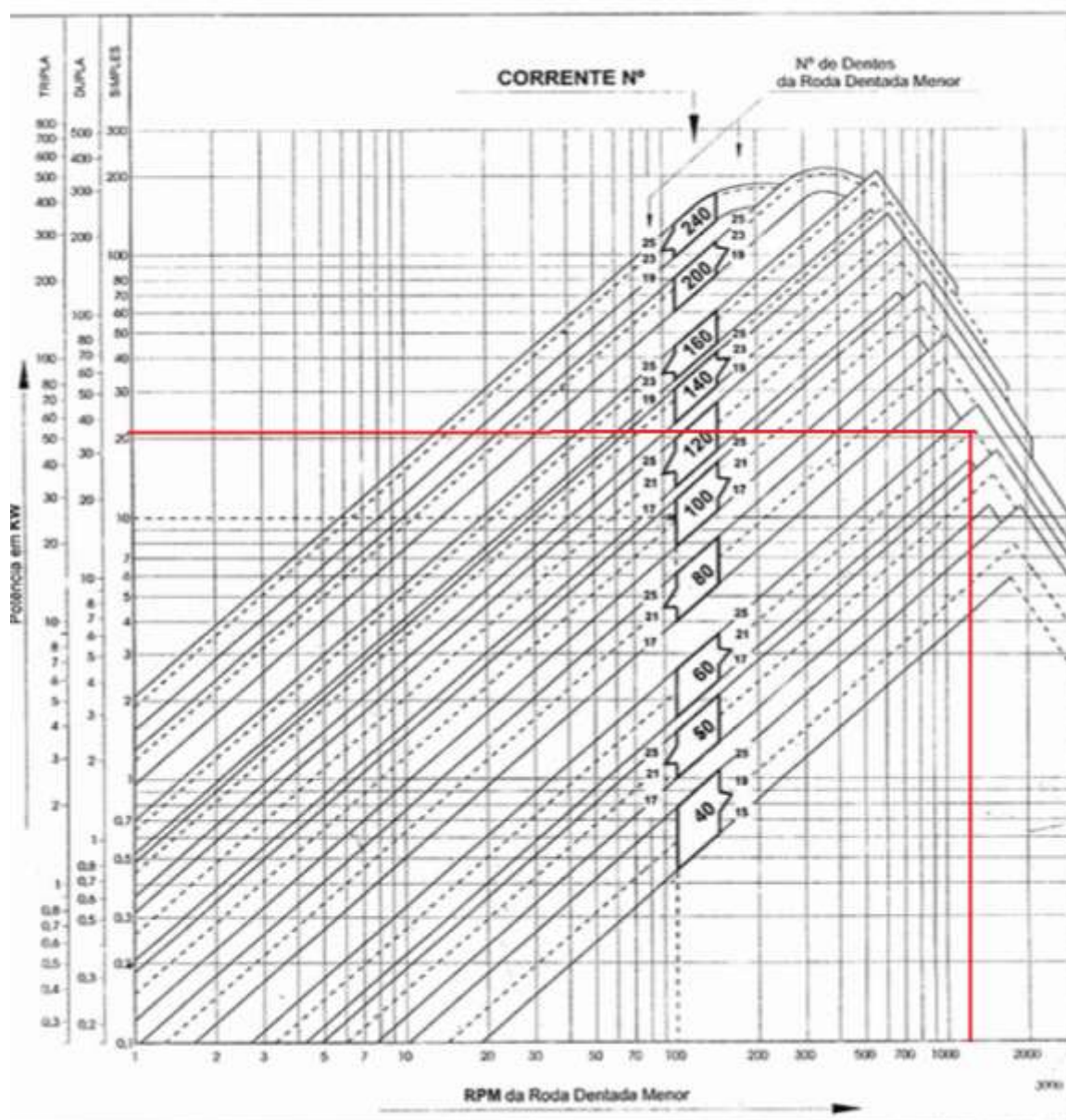
A quantidade de correntes da transmissão é determinada pelo gráfico da apostila página 45 a seguir.

Verificando no gráfico, para rotação de 1160 rpm, corrente N^o 60 e pinhão de 23 dentes temos que para corrente simples a potência admissível é

$P_{adm} = 21 \text{ KW.}$

ETEC JORGE STREET

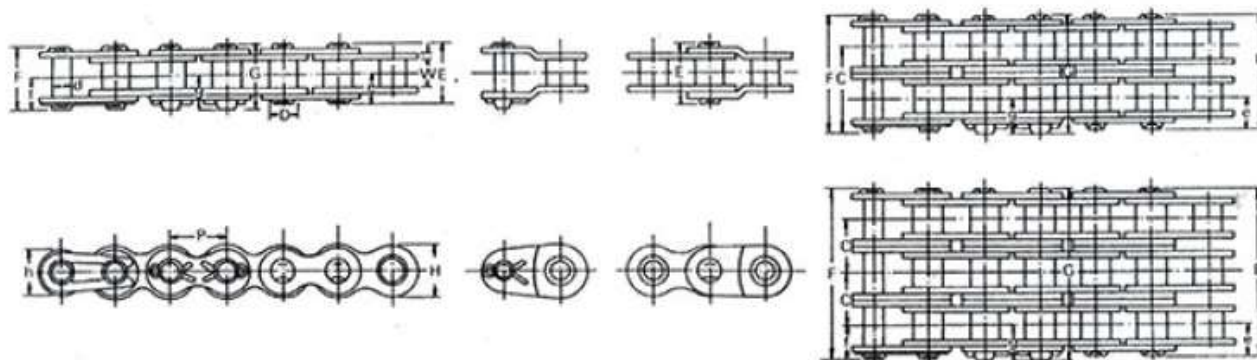
GRÁFICO DE SELEÇÃO



A tabela abaixo do catálogo TELMAC página 09, dá as dimensões das correntes norma ASA, na qual está destacada a corrente N° 60.

ETEC JORGE STREET

CORRENTES DE ROLO "STANDARD" NORMA "ASA"



Corrente n°			Passo p		Diâm. DO ROLO	Larg. Entre Placas	Pino							Passo Transversal	Elo			ASA Carga de Rup. Kgf	Daído Carga Admis-sível Kgf	Peso Kgf
DAIDO N°	ISO ABNT	ASA	M/m	In			d	E	F	G	e	f	g		C	T	H			
RC 15			4.7625		2.40	2.38														
RC 25	04A	25	6.35	1/4	3.30	3.18	2.3	8.0	8.4	8.8	4.0	4.7	4.8	0.72	5.9	5.2	360	70	0.13	
RC 35	06A	35	9.53	3/8	5.08	4.78	3.5	12.0	13.0	13.3	6.9	7.3	7.4	1.25	9.0	7.7	800	170	0.32	
RC 41		41	12.70	1/2	7.77	6.38	3.5	13.7	14.1	14.7	8.3	8.0	8.1	1.2	9.6	8.0	680	180	0.39	
RC 40	08A	40	12.70	1/2	7.92	7.95	3.9	16.5	17.4	18.0	10.2	11.6	10.1	1.5	12.0	10.	1.420	320	0.63	
RC 50	10A	50	15.88	5/8	10.16	9.53	5.0	20.3	21.7	22.0	12.7	14.3	12.1	2.0	15.0	13.0	2.210	550	1.06	
RC 60	12A	60	19.05	3/4	11.91	12.70	5.9	25.4	26.7	27.6	16.4		15.1	2.4	18.1	15.6	3.200	750	1.44	
RC 80	16A	80	25.40	1	15.88	15.88	7.9	32.8		35.3	20.2		19.0	3.2	23.9	20.6	5.650	1.350	2.67	
RC 100	20A	100	31.75	1 1/4	19.05	19.05	9.5	40.3		42.8	25.3		22.8	4.0	29.9	26.0	8.850	1.950	3.99	
RC 120	24A	120	38.10	1 1/2	22.23	25.40	11.1	50.6		53.5	28.2		28.2	4.8	35.9	31.2	12.800	2.500	5.83	
RC 140	28A	140	44.45	1 3/4	25.40	25.40	12.7	54.7		58.9	27.4		31.6	5.6	41.9	36.3	17.400	3.400	7.62	
RC 160	32A	160	50.80	2	28.58	31.75	14.2	64.7		68.7	32.4		36.4	6.4	47.8	41.4	22.700	4.100	10.09	
RC 200	40A	200	63.50	2 1/2	39.68	38.10	19.8	78.2		85.0	39.1		45.9	8.0	60.0	52.0	35.400	5.700	16.82	
RC 240	48A	240	76.20	3	47.63	46.63	23.8	94.9		103.0	47.5		55.6	9.5	71.5	62.0	51.100	7.700	24.24	

A tabela abaixo do catálogo TELMAC página 24, dá as dimensões das engrenagens pinhão de 23 dentes.

ETEC JORGE STREET

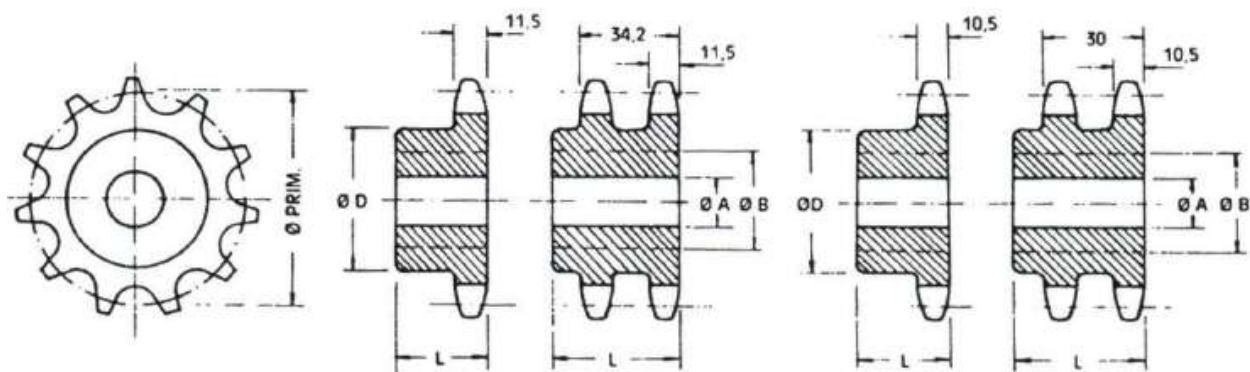
ENGRENAGENS PARA CORRENTE PASSO 19,05mm

NORMA ASA

Correntes: ASA 60
Largura interna = 12,7
Diâmetro do rolo = 11,9

NORMA DIN

Correntes: DIN 12B
Largura interna = 11,68
Diâmetro do rolo = 12,07



Z	Ø PRIM.	SIMPLES						DUPLA					
		Nº DCB	A	B	D	L	TIPOS	Nº DCB	A	B	D	L	TIPOS
009	55,70	16009	15	22	33	30	1,2,3	26009	15	22	33	45	1,2,3
010	61,65	16010	15	26	39	30	1,2,3	26010	15	26	39	45	1,2,3
011	67,62	16011	20	31	46	30	1,2,3	26011	20	31	46	45	1,2,3
012	73,60	16012	20	35	52	30	1,2,3	26012	20	35	52	45	1,2,3
013	79,60	16013	20	39	58	30	1,2,3	26013	20	39	58	45	1,2,3
014	85,61	16014	20	43	64	30	1,2,3	26014	20	43	64	45	1,2,3
015	91,63	16015	20	47	70	30	1,2,3	26015	20	47	70	45	1,2,3
016	97,65	16016	20	51	77	30	1,2,3	26016	20	51	77	45	1,2,3
017	103,67	16017	20	56	83	30	1,2,3	26017	20	56	83	45	1,2,3
018	109,71	16018	20	60	90	30	1,2,3	26018	20	60	90	45	1,2,3
019	115,74	16019	20	64	96	36	1,2,3	26019	20	64	96	50	1,2,3
020	121,78	16020	20	67	100	36	1,2,3	26020	20	67	100	50	1,2,3
021	127,82	16021	25	71	107	36	1,2,3	26021	20	71	107	50	1,2,3
022	133,86	16022	25	75	113	36	1,2,3	26022	25	75	113	50	1,2,3
023	139,90	16023	25	75	113	36	1,2,3	26023	25	75	113	50	1,2,3
024	145,95	16024	25	65	98	39	1,4,5	26024	25	77	115	58	1,2,3
025	152,00	16025	25	65	98	39	1,4,5	26025	25	77	115	58	1,2,3

ENGRENAGENS



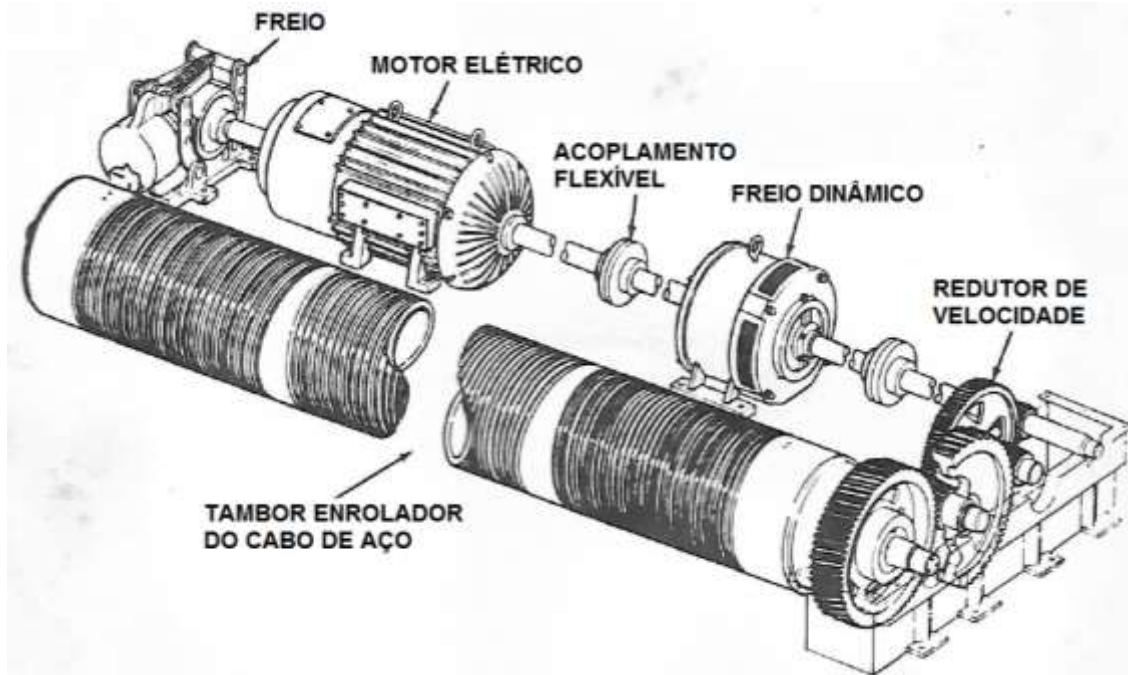
Turma Mecânica 2BN – EMLQ 2

Exercício Resolvido Cabos de Aço

A figura abaixo representa o mecanismo de levantamento de uma ponte rolante siderúrgica.

Pede-se calcular e definir todos os componentes do mecanismo de levantamento.

ETEC JORGE STREET



DADOS:

- ❖ Capacidade de trabalho da ponte rolante: $Q_N = 300.000 \text{ N}$;
- ❖ Velocidade de içamento da carga: $V_N = 8 \text{ m/min}$;
- ❖ Serviço operacional: **Serviço siderúrgico de manuseio de metal líquido**
- ❖ Cabeamento adotado (z_c): **8 ramais de cabos**

SOLUÇÃO

Para a definição de todos os componentes do mecanismo de levantamento, o projetista deve determinar/calcular:

- O diâmetro e o tipo do cabo de aço (d_c);
- O diâmetro do tambor de enrolamento do cabo de aço (D_t);
- O diâmetro das polias de passagem dos cabos de aço (D_p);
- A rotação do tambor de enrolamento do cabo de aço (n_t);
- A potência do motor de levantamento (N_m);
- A seleção do motor de levantamento;

ETEC JORGE STREET

- A redução do redutor de levantamento (i_r);

1 – Diâmetro e tipo do cabo de aço (d_c):

Temos que o serviço é manuseio de metal líquido.

Conforme apostila item 3.2.1 página 20, o coeficiente de segurança, Norma AIST/AISE, o fator de segurança de projeto é:

$$SF = 8$$

Devemos determinar qual a carga de ruptura mínima (**CRM**) necessária para o cabo de aço:

$$CRM = (Q_N \times SF) / z_c$$

$$CRM = (300.000 \times 8) / 8$$

$$CRM = 300.000 \text{ N} > CRM = 30.000 \text{ Kgf}$$

Conforme apostila item 6.3 página 34, para pontes rolantes o cabo de aço recomendado para este serviço é o cabo de aço tipo de construção:

6x41 Warrington-Seale; Alma de aço

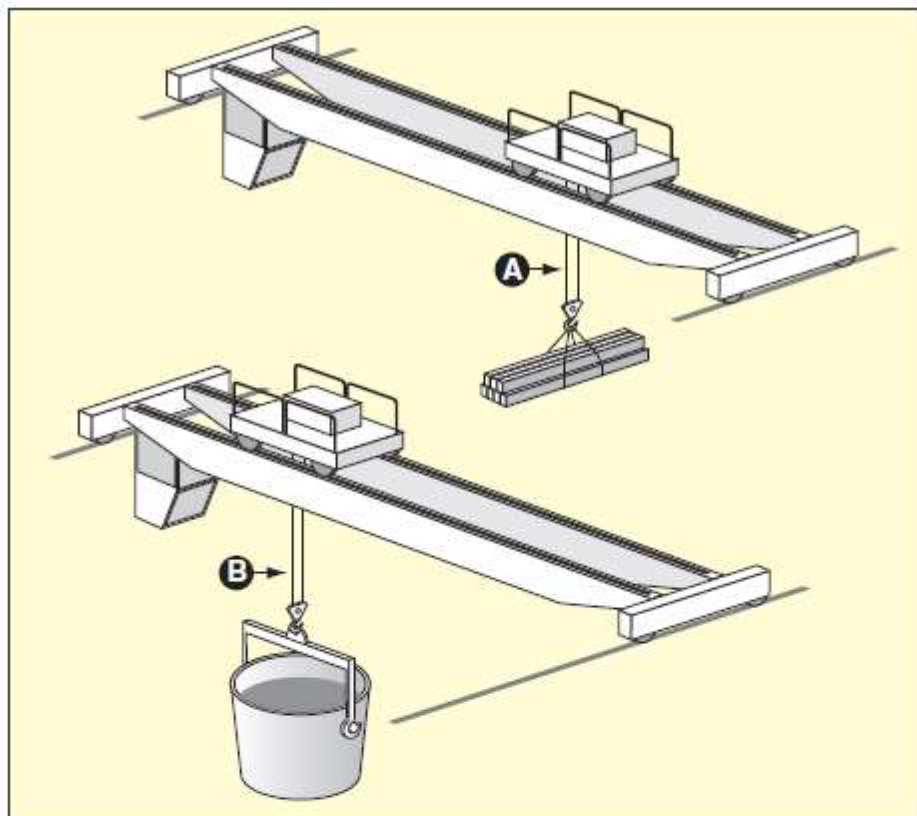
Adotamos alma de aço em função do ambiente na siderurgia ser agressivo devido ao calor e a liberação de chamas.

Conforme catálogo CIMAF, tabela 9.9, página 63, o cabo que atende a carga de ruptura mínima de 30.000 Kgf (30 tf) é:

Cabo Ø 7/8", Alma de aço, 6x41, Warrington-Seale, Improved Plow Steel, com carga de ruptura mínima de 31,8 tf.

Cabo adotado: $d_c = \underline{\underline{\text{Ø } 7/8", \text{ AA, 6x41, WS, IPS}}}$

ETEC JORGE STREET



A) Cabo de elevação

- 6x41 Warrington-Seale, alma de fibra (AF), torção regular, polido, pré-formado, IPS.
- PowerPac, torção regular, polido, 1960 N/mm².
- ProPac, torção regular, polido, 1960 N/mm²

B) Cabo para levantar cargas quentes

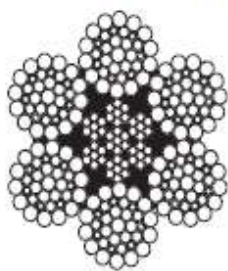
- 6x41 Warrington-Seale, alma de fibra (AF), torção regular, polido, pré-formado, IPS.
- PowerPac, torção regular, polido, 1960 N/mm².

Observações:

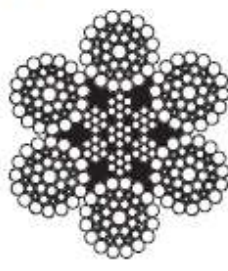
- Nas instalações que possuam dois ou mais cabos independentes poderão ser utilizados torção direita e esquerda simultaneamente.
- Para trabalhos em atmosfera corrosiva, também é recomendado cabo de aço com alma de aço (AACI).

ETEC JORGE STREET

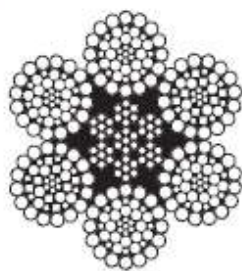
9.9 Cabo de aço classe 6x36 - Alma de aço



6x36 Warrington-Seale
1+7+(7+7)+14



6x41 Warrington-Seale
1+8+(8+8)+16



6x47 Warrington-Seale
1+6/8+(8+8)+16

Diâmetro		Massa Aprox. (kg/m)	Carga de Ruptura Mínima (tf)		
mm	pol.		IPS	EIPS	EEIPS
6,4	1/4"	0,173	2,70	3,10	-
8,0	5/16"	0,266	4,15	4,79	-
9,5	3/8"	0,399	5,96	6,86	-
11,5	7/16"	0,538	8,10	9,30	-
13,0	1/2"	0,695	10,50	12,10	-
14,5	9/16"	0,879	13,20	15,20	-
16,0	5/8"	1,044	16,20	18,70	-
19,0	3/4"	1,520	23,40	26,80	-
22,0	7/8"	2,073	31,80	36,10	-
26,0	1"	2,610	41,30	47,00	-
29,0	1.1/8"	3,456	52,50	59,00	-
32,0	1.1/4"	4,230	64,80	72,60	-
35,0	1.3/8"	5,086	78,40	87,20	-
38,0	1.1/2"	5,918	93,30	103,30	-
42,0	1.5/8"	7,368	-	122,00	-
45,0	1.3/4"	8,387	-	141,00	-
52,0	2"	11,159	-	183,70	-
57,2	2.1/4"	13,821	-	232,50	-
63,5	2.1/2"	16,980	-	274,00	301,00
69,9	2.3/4"	19,166	-	333,10	360,00
76,2	3"	24,549	-	389,00	437,20
85,7	3.3/8"	29,744	-	487,00	529,00
95,3	3.3/4"	37,606	-	585,00	640,00
102,0	4"	44,000	-	595,00	647,00
108,0	4.1/4"	46,919	-	667,00	725,10

2 – O diâmetro do tambor de enrolamento do cabo de aço (D_t):

Conforme apostila item 4.2, página 23, temos os diâmetros em função do diâmetro do cabo de aço:

(D_t) Recomendado: $31 \times d_c$

(D_t) Mínimo: $20 \times d_c$

ETEC JORGE STREET

Construção do cabo	Diâmetro da polia ou do tambor	
	Recomendado	Mínimo
6x7	72	42 x Ø do cabo
6x19 S	51	34 x Ø do cabo
19x7	51	34 x Ø do cabo
6x25 F	39	26 x Ø do cabo
8x19 S	39	26 x Ø do cabo
6x36 WS, Propac	34	23 x Ø do cabo
6x41 WS	31	20 x Ø do cabo
PowerPac, MinePac	31	20 x Ø do cabo
Ergoflex, Ergoflex Plus	31	18 x Ø do cabo
6x71 WS	21	14 x Ø do cabo

Para pontes siderúrgicas normalmente utiliza-se $D_t = 30 \times d_c$

Logo,

$$D_t = 30 \times 22$$

$$\underline{D_t = 660 \text{ mm}}$$

3 – O diâmetro da polia de passagem dos cabos de aço (D_p):

Utilizando-se o mesmo raciocínio do item anterior, temos

$$\underline{D_p = 660 \text{ mm}}$$

4 - A rotação do tambor de enrolamento do cabo de aço (n_t)

Temos que velocidade de levantamento é $V_N = 8 \text{ m/min}$

O cabeamento possui 8 ramais de cabos, conforme esquema abaixo:

ETEC JORGE STREET

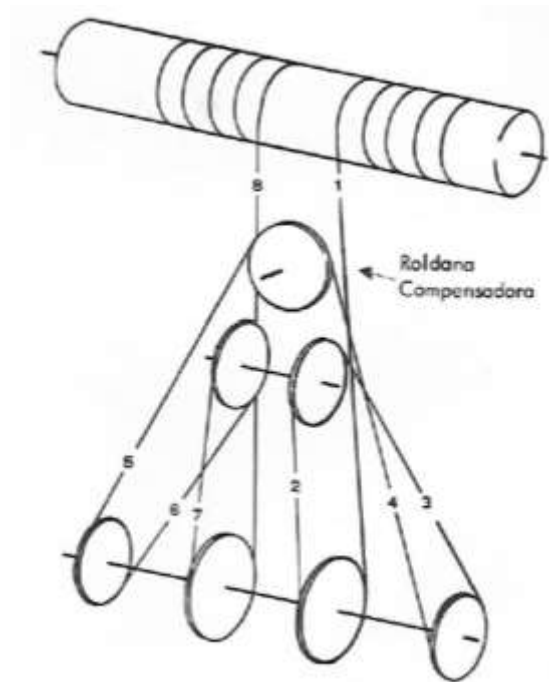


FIGURA 4 - 8 cabos, convencional

Isto implica que enquanto a carga sobe 1 m na elevação, o tambor tem que enrolar 4 m, e, também que o tambor tem que ter uma velocidade tangencial de 4 vezes a da elevação da carga



$V_t = \pi \cdot D_t \cdot n_t$, onde:

V_t = Velocidade tangencial do tambor, que é a velocidade da correia,

D_t = Diâmetro do tambor > 660 mm > 0.66 m

n_t = Rotação do tambor

portanto

$$n_t = V_t / (\pi \cdot D_t)$$

Mas do cabeamento

$$V_t = 4 \times V_N$$

$$V_t = 4 \times 8 \text{ m/min}$$

$$V_t = 32 \text{ m/min}$$

Desta forma

$$n_t = 32 / 0,66 \times \pi$$

$$\underline{n_t = 15,43 \text{ rpm}}$$

5 - A potência do motor de levantamento (N_m)

Da dinâmica temos que potência é igual ao produto da força pela velocidade.

$$P = Q \times V$$

Como temos a carga em kgf e a velocidade em m/min precisamos converter em CV.

Para tal dividimos por 60 para ter a velocidade em m/seg e dividimos por 75 para transformar kgf.m em CV

No nosso caso temos ainda as perdas, ou seja rendimento do cabeamento (cabos passando pelas polias de passagem) e o rendimento do redutor de velocidade.

O rendimento de cada polia é 0,99, sendo que no cabeamento de 8 ramais, temos 3 polias em cada cabo enrolado no tambor.

Supondo um redutor de velocidade de 3 pares de engrenagens, cada par tem um rendimento de 0,97, temos o cálculo no nosso caso:

$$N_m = (Q_N \times V_N) / \text{rendimento}$$

$$N_m = \frac{(30.000 \text{ Kgf} \times 8 \text{ m/min})}{75 \times 60 \times (0,99^3 \times 0,97^3)}$$

$$\underline{N_m = 60,2 \text{ CV}}$$

6 - A seleção do motor de levantamento

Normalmente utiliza-se em pontes rolantes motores com rotação na faixa de 1.200 rpm, para ter uma boa seleção do redutor de levantamento

No catálogo WEG temos:

Motor WEG 75 CV, 1180 rpm, carcaça 250 S/M

ETEC JORGE STREET

Motor trifásico IP55



Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I_p / I_n	Conjugado nominal C_p (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C_p / C_n	Conjugado máximo $C_{m\acute{a}x}/C_n$	Rendimento η %			Fator de potência $\cos \varphi$			Fator de serviço F S	Momento de inércia J (kgm²)	Tempo máx com rotor bloqueado (s) a quente
cv	kW								% da potência nominal								
									50	75	100	50	75	100			

6 Pólos - 60 Hz

0,16	0,12	63	1130	1,17	3,3	0,10	2,4	2,4	36,0	42,0	45,3	0,46	0,52	0,58	1,15	0,00067	16
0,25	0,18	71	1060	1,52	3,0	0,17	2,0	2,0	45,0	49,0	50,0	0,46	0,54	0,62	1,15	0,00056	40
0,33	0,25	71	1100	1,85	3,3	0,21	2,2	2,3	50,0	56,0	58,1	0,45	0,54	0,61	1,15	0,00079	28
0,5	0,37	80	1150	2,51	4,3	0,31	2,6	2,8	46,0	55,4	62,3	0,44	0,53	0,62	1,15	0,00242	10
0,75	0,55	80	1150	3,49	4,9	0,47	3,0	3,1	56,0	63,3	65,6	0,44	0,54	0,63	1,15	0,00328	10
1,0	0,75	90G	1130	3,77	5,3	0,63	2,4	2,7	70,0	73,5	74,5	0,48	0,61	0,70	1,15	0,00504	14
1,5	1,1	90G	1130	5,50	5,3	0,95	2,5	2,7	70,0	73,0	75,0	0,48	0,60	0,70	1,15	0,00560	9
2,0	1,5	100L	1150	7,21	5,8	1,25	2,4	2,8	75,0	76,5	78,0	0,48	0,61	0,70	1,15	0,01121	14
3,0	2,2	100L	1140	10,2	5,5	1,88	2,4	2,7	75,0	77,0	78,5	0,54	0,64	0,72	1,15	0,01289	10
4,0	3,0	112M	1150	12,6	6,0	2,49	2,3	2,6	80,0	82,3	83,0	0,57	0,68	0,75	1,15	0,02243	11
5,0	3,7	132S	1160	15,4	6,8	3,09	2,0	2,4	82,5	84,0	84,0	0,55	0,66	0,75	1,15	0,04264	10
6,0	4,5	132S	1160	18,4	6,4	3,70	2,1	2,6	83,5	85,0	85,5	0,57	0,69	0,75	1,15	0,05039	17
7,5	5,5	132M	1160	21,8	6,6	4,63	2,2	2,6	84,0	85,5	86,0	0,58	0,70	0,77	1,15	0,05815	15
10	7,5	132M	1160	30,4	6,5	6,17	2,1	2,5	84,0	85,7	86,3	0,56	0,68	0,75	1,15	0,06590	10
12,5	9,2	160M	1160	33,5	6,0	7,72	2,3	2,5	86,0	87,0	88,0	0,66	0,77	0,82	1,15	0,12209	15
15	11	160M	1170	40,3	6,5	9,18	2,5	2,8	88,0	89,0	89,5	0,62	0,74	0,80	1,15	0,16518	12
20	15	160L	1170	56,4	7,5	12,2	2,6	2,9	88,5	89,0	89,5	0,60	0,72	0,78	1,15	0,18673	8
25	18,5	180L	1165	59,8	7,9	15,4	2,6	2,8	89,0	89,6	90,2	0,79	0,87	0,90	1,15	0,30337	10
30	22	200L	1175	74,6	6,0	18,3	2,1	2,3	89,5	90,7	91,0	0,75	0,81	0,85	1,15	0,41258	30
40	30	200L	1175	102	6,0	24,4	2,2	2,3	90,0	91,0	91,7	0,74	0,81	0,84	1,15	0,44846	20
50	37	225S/M	1180	126	8,4	30,3	3,2	3,3	90,0	91,3	92,0	0,71	0,80	0,84	1,00	1,08256	19
60	45	250S/M	1180	148	7,8	36,4	2,9	2,8	90,5	91,7	92,5	0,74	0,83	0,86	1,00	1,23377	17
75	55	250S/M	1180	183	7,6	45,5	3,0	3,0	90,5	92,0	93,0	0,71	0,80	0,85	1,00	1,55324	18
100	75	280S/M	1185	233	8,3	60,4	2,4	2,3	90,2	92,2	93,0	0,67	0,78	0,83	1,00	2,64258	28

7 - A redução do redutor de levantamento (i_r)

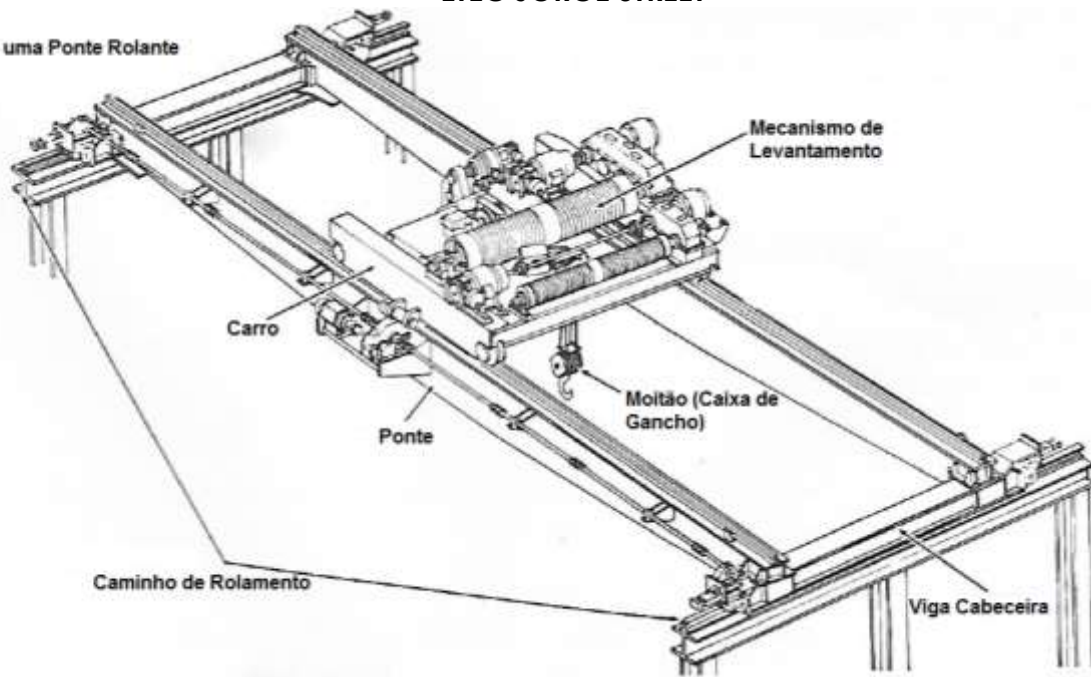
$$i_r = n_m / n_t$$

$$i_r = 1180 / 15,43$$

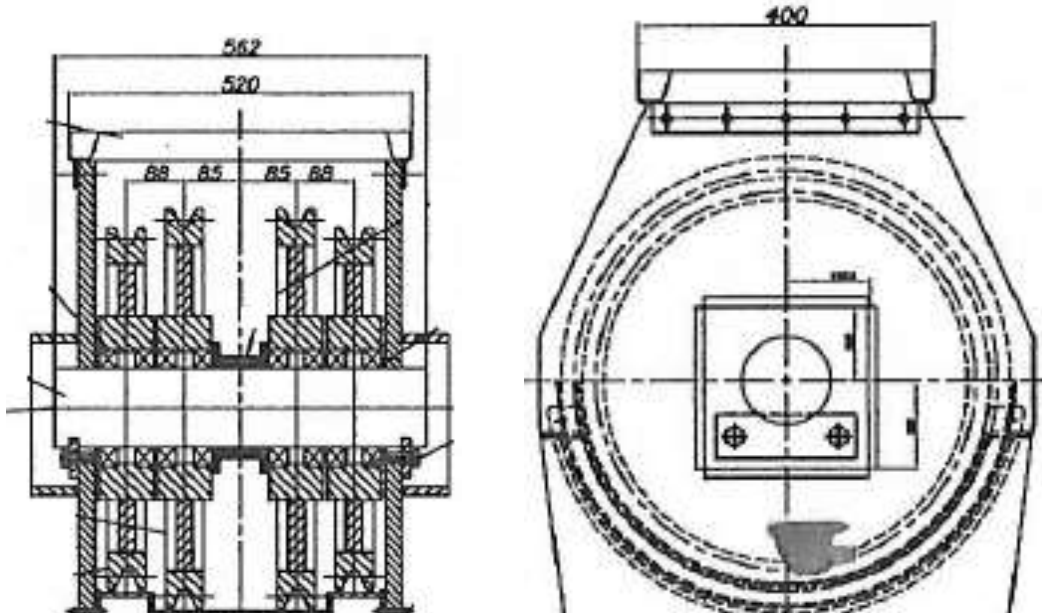
$$\underline{i_r = 76,47}$$

ETEC JORGE STREET

Conjunto de uma Ponte Rolante



Moitão ou Caixa de Gancho para 8 cabos



ETEC JORGE STREET

