

PROJETO DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA
PARA MINÉRIO DE FERRO

. Orientador : Prof. João Plaza

por : Fernando Nunes Ribeiro
nº USP : 2259050
curso : Mecânica

Í N D I C E

Introdução.....	1
I. Caracterização do sistema físico.....	2
II. Determinação da velocidade da correia e da inclinação dos roletes.....	4
III. Pré-cálculo de tensões e potências.....	7
IV. Análise de tensões e potências.....	12
V. Seleção de elementos.....	19
VI. Conclusão.....	20
Apêndice A.....	A-1

PROJETO DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA PARA MINÉRIO DE FERRO

INTRODUÇÃO

O projeto de um transportador de correia envolve basicamente três fases, a saber:

- a) caracterização do carregamento;
- b) determinação de esforços e potências;
- c) dimensionamento ou seleção dos equipamentos.

A primeira fase consiste na transformação do parâmetro principal do transportador (sua capacidade ou vazão em massa de material) em valores que determinam sua configuração (largura e velocidade da correia, etc.).

Após chegarmos para a segunda fase, a configuração básica do transportador já existe. A partir daí, vamos simular sua operação a fim de verificar os esforços e potências resultantes. Para tanto, desenvolvemos um programa para micro-computadores que, além desses valores, determina o tempo de partida e a distância de parada do transportador.

Por fim, chegamos à terceira fase, quando selecionamos motor, redutor, freio, etc., o que corresponde ao detalhamento do projeto. Não chegaremos ao nível de dimensionar estruturas, pois esse não é o objetivo deste trabalho. Portanto, nesta fase apenas indicaremos o motor, o redutor e o acoplamento que seriam recomendados para o transportador, sem chegar a grandes detalhes.

I. Caracterização do sistema físico

Na figura I.1 encontramos um esquema do transportador. Seus dados são os seguintes:

Capacidade nominal : 2800 ton/h

Capacidade de projeto : 4000 ton/h

Largura da correia : 1200 mm

Roletes : - triplos de rolos iguais espaçados
a 1 metro (carga)

- planos espaçados a 3 metros (retorno)

Material : - minério de ferro bruto em "pellets" ("natural pellet")

- peso específico : 2,2 a 2,5 ton/m³

- granulometria : 3/8" a 1"

- ângulo de repouso : 35°

- ângulo de acomodação : 20°

- unidade : 6,5%

A capacidade requerida é de 2800 ton/h, porém utilizaremos o valor corrigido para 4000 ton/h por questão de segurança.

Os dados do material foram retirados de um carregamento semelhante, em uma instalação de mineração da Companhia Vale do Rio Doce na Serra de Carajás.

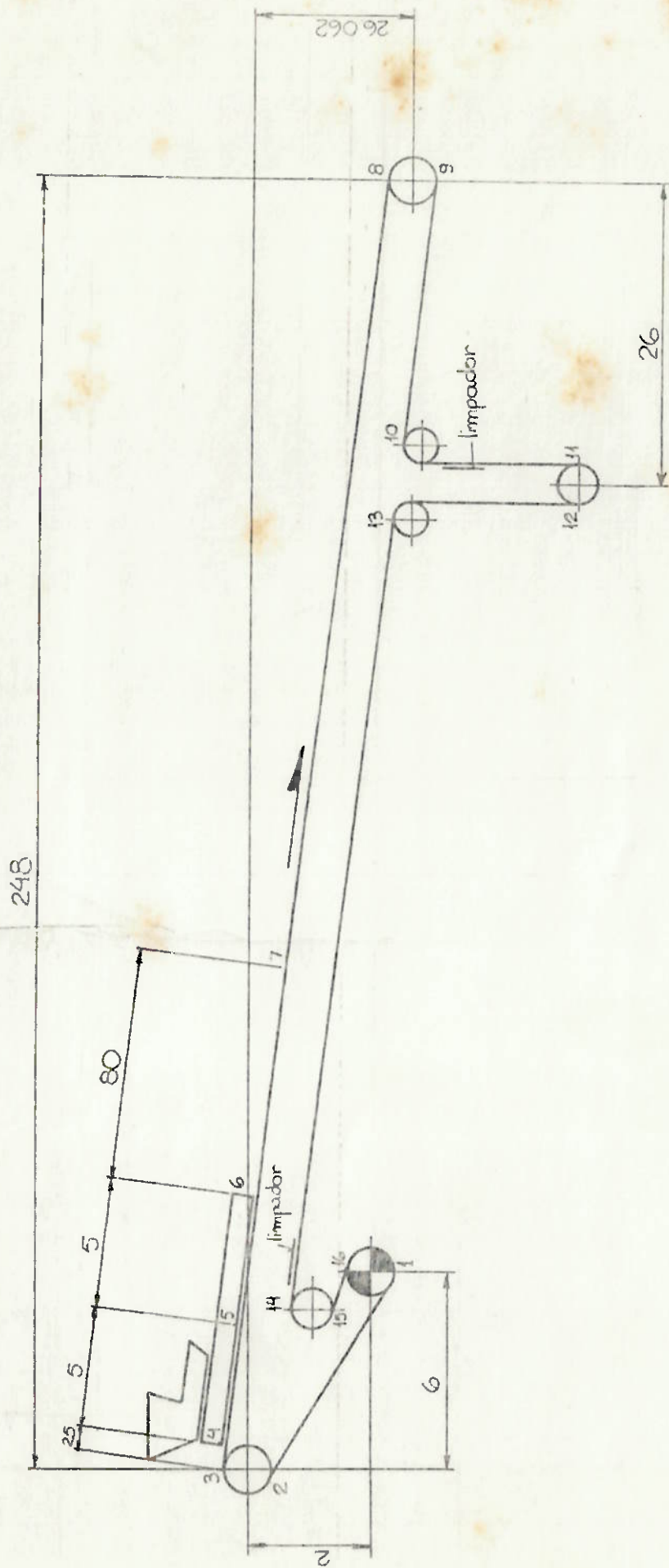


figura I.1. Esquema do transportador

II. Determinação da velocidade da correia e da inclinação dos roletes

II.1. Limite máximo para a velocidade

A escolha da velocidade do transportador depende basicamente da largura da correia, do comprimento do transportador e das características do material, tais como:

- materiais frágeis limitam a velocidade do transportador devido à sua degradação nos pontos de carga e de descarga e nos roletes;
- materiais secos e finos exigem baixa velocidade do transportador devido ao excesso de pó;
- materiais lamelares e pontiagudos devem ser transportados com velocidades moderadas a fim de evitar avarias na cobertura da correia principalmente nos pontos de carga.

A norma ABNT/NBR-8011/83 fornece recomendações de velocidades máximas em função do material a ser transportado e da largura da correia. Esses valores se encontram na tabela II.1. Nessa tabela encontramos a limitação máxima para a nossa velocidade:

$$V_{\text{máx}} = 4,0 \text{ m/s}$$

MATERIAL TRANSPORTADO	largura da correia (mm)	velocidade da correia (m/s)
Cereais e outros materiais não abrasivos, de muito fácil acomodação	400 - 500	2,5
	600 - 650	3,5
	800 - 1000	4,0
	1200 - 3000	5,0
Carvão mineral, terra, minérios moles, pedra britada fina e material abrasivo	400 - 500	2,0
	600 - 800	3,0
	1000 - 1600	4,0
	1800 - 3000	5,0

tabela II.1 - Extraída da norma ABNT/NBR-8011/83

II.2. Determinação da área da seção transversal do carregamento

A área da seção transversal do carregamento é dada pela soma de duas áreas menores, delimitadas pela linha traço-ponto da figura II.1. Ou seja, a soma da área de um trapézio mais a de um setor de círculo. Portanto, a área é função do comprimento dos rolos,

de sua inclinação (λ) e do ângulo de acomodação (ρ). Portanto, temos as seguintes relações, que são dadas pela norma ABNT/NBR-8011:

$$b_m = 0,0007 \cdot b - 0,06 \text{ (m)}$$

$$L = \text{comprimento do rolo} + 0,01 \text{ (m)}$$

$$b_h = (b_m - L) \cdot \cos \lambda + L \text{ (m)}$$

$$S = (L + b_h) \cdot (b_m - L) \cdot \frac{\sin \lambda}{4} + \left(\frac{\pi \rho}{720} - \frac{\sin 2\rho}{8} \right) \left(\frac{b_h}{\sin \rho} \right)^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

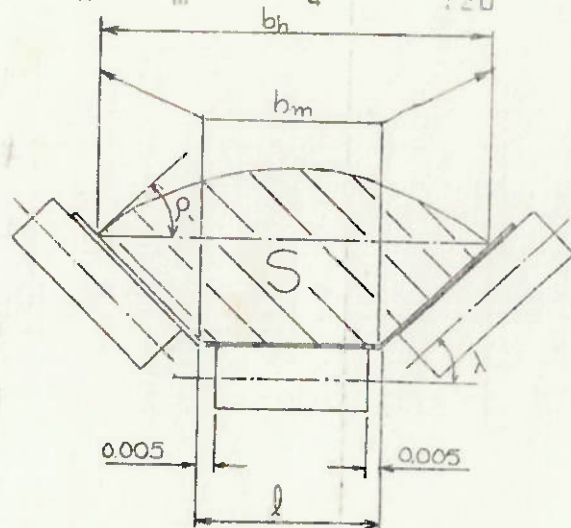


figura 11.1 - Corte transversal do carregamento

O comprimento dos rolos é função da largura da correia e, para o nosso caso, é de 400 mm.

Assim, para largura da correia igual a 1200 mm, ângulo de acomodação igual a 20° e inclinação dos roletes igual a 45° , obtemos a seguinte área:

$$S = 0,1762 \text{ m}^2$$

11.3. Determinação da velocidade da correia

Pela fórmula da capacidade do transportador, temos:

$$Q_m = \eta_s \cdot S \cdot v \cdot \mu \Rightarrow v = \frac{Q_m}{\eta_s \cdot S \cdot \mu}$$

- ou seja:
- Q_m = capacidade : 4000 ton/h
 - ρ = densidade do material : 2,2 ton/m³ (mín.)
 - η_s = porcentagem da seção útil
 - $S = 0,1762 \text{ m}^2$ (item 11.2)

O valor η_s fornece a imprecisão no enchimento da correia pelo material devido a flutuações na alimentação, granulometria, etc. Para o nosso caso, em que a granulometria não é muito alta (gerando pouco espaço vazio entre os grãos) adotaremos $\eta_s = 85\%$

Assim, obtemos $V = 3,37 \text{ m/s}$

Observar que $V < V_{\max} = 4,0 \text{ m/s}$

Poderíamos ter utilizado roletes inclinados a ângulos menores, porém isso levaria a valores de velocidade muito próximos a 4 m/s, o que não é recomendável. Por isso, decidimos manter os rolos inclinados a 45°.

III. Pré-cálculo de tensões e potências

O procedimento e cálculos adotados são os descritos pela norma ABNT/NBR-8205 de outubro/1983.

A resistência total ao movimento de um transportador de correia é a somatória de diversas resistências, que podem ser classificadas em cinco grupos:

- a) Resistências Distribuídas (FD). É a somatória de duas resistências: resistência rotacional dos roletes de carga, devido ao atrito dos rolamentos, vedação e agitação do lubrificante dos rolos. Inclui também o atrito da correia nos rolos, devido a imprecisões de montagem - FD_1 . Resistência ao movimento, resultante da flexão da correia e do material ao passar sobre os rolos - FD_2 .
- b) Resistências Localizadas (FL). Resistência devido à aceleração do material na região de carregamento (FL_1). Resistência devido ao atrito do material nas paredes das guias laterais na região de carregamento (FL_2). Resistência dos mancais dos tambores acionados e devido à flexão da correia nos tambores (FL_3). Resistência devido ao atrito entre correia e limpadores e/ou raspadores (FL_4).
- c) Resistências Especiais Distribuídas (FED). Resistência devido à inclinação dos roletes na direção do movimento da correia (FED_1). Resistência devido ao atrito do material nas guias laterais quando estas estiverem presentes em toda a extensão do transportador (FED_2).
- d) Resistências Especiais Localizadas (FEL). Resistência devido ao atrito de desviadores contra material e correia (FEL_1). Resistência devido ao tripper (FEL_2). Resistência devido à inversão da correia no retorno (FEL_3).
- e) Resistência de Elevação (FE). Resistência devido à variação de nível do material em transportadores inclinados.

III.1. Cálculo da Resistências

RESISTÊNCIAS DISTRIBUÍDAS

- $FD_1 = K_x \cdot g$ onde - $K_x = K_{xc} + K_{xr}$
- $K_{xc} = 0,00068 \cdot (q_c + q_m) + \frac{f}{ac}$ (carga)
- $K_{xr} = 0,015 \cdot q_c$ (retorno)
- $q_m = \frac{Q_m}{v} = 329,71 \text{ kg/m}$ (peso por metro de material)
- $ac = 1,0 \text{ m}$ (espaçamento dos roletes de carga)
- $q_c = 20 \text{ kg/m}$ (peso por metro da correia - adotado)
- $f = 1,18$ (coeficiente de resistência das rolos - tabela III.1)
- $g = 9,806 \text{ m/s}^2$ (aceleração da gravidade)

Substituindo os valores, encontramos $FD_1 = 16,05 \text{ N/m}$

- $FD_2 = (q_c + q_m) \cdot K_y \cdot g$

Sendo que $K_y = (q_c + q_m) \cdot Y_1 \cdot 10^{-4} + Y_2 \cdot 10^{-2}$

Para $ac = 1,0 \text{ m}$ - $Y_1 = 1,334 \cdot e^{-0,0227 \cdot T_{mk}}$

- $Y_2 = 1,840 \cdot e^{-0,0119 \cdot T_{mk}}$

Onde T_{mk} é a tensão média na correia em KN.

Para esta aproximação inicial, porém, a norma fornece valores aproximados de K_y em função do comprimento e da inclinação do transportador. Com $L \approx 250 \text{ m}$, $q_c + q_m = 350 \text{ kg/m}$ e inclinação $\approx 6^\circ$, obtemos $K_y = 0,017$ (tabela III.2)

tabela III.1. coeficiente f

ROLETES DE TRÊS ROLOS IGUAIS		
Diâmetro do rolo	f	
$d_1 \text{ (mm)}$	série pesada	série média
70	-----	1,18
100	-----	1,06
127	-----	0,83
140	-----	0,76

Valores de K_y							
Comprimento do transp. (m)	Peso q_{c+qm} (kg/m)	Inclinação do transportador					
		0°	2°	3,5°	5°	7°	14°
240	30	0,035	0,031	0,030	0,029	0,029	0,029
	75	0,032	0,029	0,028	0,026	0,025	0,021
	115	0,031	0,029	0,026	0,024	0,022	0,016
	150	0,021	0,028	0,025	0,022	0,020	0,016
	225	0,034	0,028	0,023	0,019	0,017	0,016
	300	0,035	0,027	0,021	0,016	0,015	0,016
300	75	0,031	0,028	0,026	0,024	0,023	0,017
	115	0,030	0,027	0,024	0,022	0,019	0,016
	150	0,030	0,026	0,022	0,019	0,017	0,016
	225	0,033	0,024	0,019	0,016	0,015	0,016
	300	0,032	0,023	0,017	0,016	0,016	0,016
	375	0,033	0,022	0,017	0,016	0,015	0,016

tabela III.2. Valores de K_y para avaliação inicial das forças.
Extraída da $Y_{ABNT/VBR-B205}$

Assim, obtemos $FD_2 = 58,26 \text{ N/m}$

$$FD = (FD_1 + FD_2) \cdot L$$

$L = \text{compr. de transporte} =$

$$= \sqrt{248^2 + 26,062^2} = 249,4 \text{ m}$$

$$FD = 19530,8 \text{ N}$$

RESISTÊNCIAS LOCALIZADAS

$$- FL_1 = Q_m (V - V_0)$$

$V_0 = \text{velocidade com que o material cai na correia. Suponhamos } V_0 = 0.$

$$FL_1 = 3744,4 \text{ N}$$

$$- FL_2 = (\mu_1 \cdot Hs^2 \cdot \mu + 9) \cdot L_g \cdot g$$

$\mu = \text{coeficiente de atrito} = 0,7$

$Hs = \text{profundidade de material que toca nas guias} = 0,1 \text{ m}$

$L_g = \text{comprimento das guias laterais}$
 $g = 10 \text{ m}$

$$FL_2 = 2391,3 \text{ N}$$

$$- FL_3 = \text{tabelado para cada tambor (tabela III.3)}$$

Começando pelo tambor 1 (da motorização), temos:

$$FL_3 = 890 + 665 + 445 + 445 + 665 + 665 + 445$$

$$FL_3 = 4220 \text{ N}$$

Ângulo de abraçamento	Localização do tambor	Resistência (N)
150° a 240°	lado de baixa tensão	665
	lado de alta tensão	890
$< 150^{\circ}$	qualquer	445

tabela III.3. Resistência FL_3 - extraída da ABNT/NBR-8205

- $FL_4 = 500.b$ para cada raspador

Como $b = 1,2$ m e temos dois raspadores:

$$\underline{FL_4 = 1200 \text{ N}}$$

$$FL = FL_1 + FL_2 + FL_3 + FL_4 \Rightarrow \underline{FL = 11555,6 \text{ N}}$$

RESISTÊNCIAS ESPECIAIS DISTRIBUÍDAS

- FED_1 Esta resistência é devido à inclinação dos roletes na direção do movimento da correia. Este recurso de inclinação dos roletes serve para alinhamento da correia e só é utilizado quando outros métodos não forem possíveis. Por exemplo, quando o descarregamento é feito por "trippers", não é possível utilizar-se roletes auto-alinhantes, cujos rolos laterais de guia bateriam no "tripper".

- FED_2 Como não temos guias laterais em toda a extensão do transportador, $FED_2 = 0$.

Portanto $\underline{FED = 0}$

RESISTÊNCIAS ESPECIAIS LOCALIZADAS

Esta parcela também é nula, já que não temos desviadores, nem trippers, nem inversão da correia no retorno.

RESISTÊNCIA DE ELEVAÇÃO

$$- FH = q_m \cdot H \cdot g$$

$$q_m = 329,71 \text{ kg/m}$$

$$H = -26,062 \text{ m}$$

$$\underline{FH = -84210,4 \text{ N}}$$

RESISTÊNCIA TOTAL ou Força Periférica (T_e)

$$- T_e = FD + FL + FED + FEL + FH \Rightarrow \underline{T_e = -54724 \text{ N}}$$

O valor de T_e resultou negativo, portanto o transportador é regenerativo. Ou seja, as resistências ao movimento geradas pelos vários atritos é menor que a força para baixo resultante do peso do material. Transportadores desse tipo, ao invés de absorverem energia para descer o material, devolvem energia para a rede elétrica, tendo o motor a função real de freio.

III.2. Cálculo das forças na correia

- Menor tensão no tambor de acionamento. É a tensão mínima necessária para o tambor transmitir a força periférica.

$$T_2 = \frac{T_e}{e^{\mu\varphi} - 1}$$

$$\mu = \text{coef. de atrito correia/tambor} \\ (\mu = 0,25)$$

$$\varphi = \text{ângulo de abraçamento do tambor} \\ (\varphi = 210^\circ)$$

$$\underline{T_2 = 17725,2 \text{ N}}$$

- Maior tensão no tambor de acionamento. É a força máxima que atua sobre a correia.

$$\underline{T_1 = T_e + T_2 = 76789,2 \text{ N}}$$

- Tensão mínima. A tensão mínima para limitar a flecha na correia é dada pela fórmula abaixo:

$$T_{\min} = \frac{ac^2 \cdot (qc + qm)}{8 \cdot h} \cdot g$$

$$h = \text{flecha mínima}$$

Como a norma recomenda uma flecha mínima $h/a_c = 2\%$, temos:

$$T_{\min} = \frac{20 \cdot (q_c + q_m) \cdot g}{0,16} = T_{\min} = 21432,9 \text{ N}$$

Essa tensão mínima é obtida aplicando-se uma carga adequada no conjunto de esticamento, carga esta que também determina a força necessária à transmissão do conjunto motriz.

III.3. Seleção da correia

Adotaremos para este transportador a correia Mercúrio modelo PN4000, adequada para serviços de médios a pesados. As características dessa correia se encontram na tabela III.4.

tipo de tecido	nº de lonas p/ fabricação	tensão admissível (kg/cm ² /lona)			
			nº lonas	peso ₂ (kg/m ²)	espess. (mm)
PN3000	2 a 9	33	qualquer	1,97	1,7
PN4000	2 a 9	44	qualquer	2,49	2,2
PN5000	2 a 8	50	qualquer	2,62	2,3
PN6500	2 a 8	65	qualquer	2,81	2,6

tabela III.4. Características de carcaças em poliéster-naylon (extraída de catálogo Mercúrio)

A tensão admissível da carcaça para uma largura de correia igual a 1200 mm é de 51775,7 N/lona. Seu peso aproximado é de 2,99 kg/m/lona (carcaça) mais 5,8 kg/m (cobertura de espessura igual a 5 mm).

O número mínimo de lonas para suportar a tensão máxima de regime (T_1) seria de duas lonas. Porém, para a correia suportar com folga as tensões durante a partida e a parada, adotaremos 4 lonas.

Assim, chegamos a:

$$q_c = 17,8 \text{ kg/m}$$

III.4. Pré-seleção do motor

A potência do motor é dada por:

$$N_m = \frac{T_c \cdot V}{\eta_r} \quad \begin{aligned} T_c &= 54724 \text{ N} \\ V &= 3,37 \text{ m/s} \\ \eta_r &= \text{rendimento da transmissão} = 93\% \end{aligned}$$

$$N_m = 198,3 \text{ kW} = 265,8 \text{ CV}$$

Portanto, utilizaremos um motor de 300 CV

IV. Análise de Tensões

Para esta fase, que é de refinamento dos resultados, desenvolvemos um programa que simula a operação do transportador. Esse programa fornece as tensões em cada ponto do transportador para cada posição do trem de material.

Seu funcionamento é, basicamente, o seguinte:

- são fornecidos todos os dados do transportador. Ele é dividido em intervalos numerados e, para cada intervalo, são fornecidos os dados (incrementais) de distâncias, o comprimento de correia e as resistências que nele atuam.
- o programa calcula a tensão em cada ponto, da seguinte maneira:
 - Calcula T_e , T_1 , T_2 e $T_{\min}$
 - A partir do ponto 1, que tem tensão T_1 , o programa vai subtraindo as resistências de cada intervalo, achando a tensão em cada ponto.
 - O programa acha a menor tensão atuante e a compara com a tensão mínima para flecha 2%, ou tensão mínima para "sag", como é mais conhecida.
 - Se a mínima tensão atuante for menor que a mínima para "sag", o programa corrige todas as tensões com a diferença entre as duas.
- o item anterior é repetido, no carregamento, para quando o trem de material tem fim nos vários pontos do lado carregado da correia. Processo análogo é feito para o des-carregamento.
- para a partida, o computador calcula o tempo que o transportador demora para atingir a velocidade de regime. Conhecida a potência do motor e sua rotação de regime, determina-se o torque de regime. O torque de partida é, segundo a norma japonesa, igual a 1,35 vezes o torque de regime. Com esse torque e o diâmetro do tambor, temos a tração que o motor exerce sobre a correia. Subtraído T_e , temos a tração líquida sobre a correia. Sabendo a tração e as massas envolvidas, temos a aceleração e, conseqüentemente, o tempo de partida.

- para a parada, o processo é análogo. Porém, ao invés de ser dada a potência, é dado diretamente o torque no tambor.

Na figura IV.1, temos o diagrama de blocos do programa. No apêndice A temos uma listagem e o "output" do programa.

Resultados Principais Obtidos:

- Potência máxima requerida no motor: 259 CV (regenerativo)
- Máxima tensão na correia: 93 kN (dentro, portanto, da faixa prevista)
- Máximo tempo de partida: 4,2 segundos
- Média distância de parada : 23,7 metros
- Máximo contrapeso requerido: $\max(F_{11} + F_{12}) = 49 \text{ kN}$ (um bloco de concreto de 4,9 toneladas, aproximadamente)

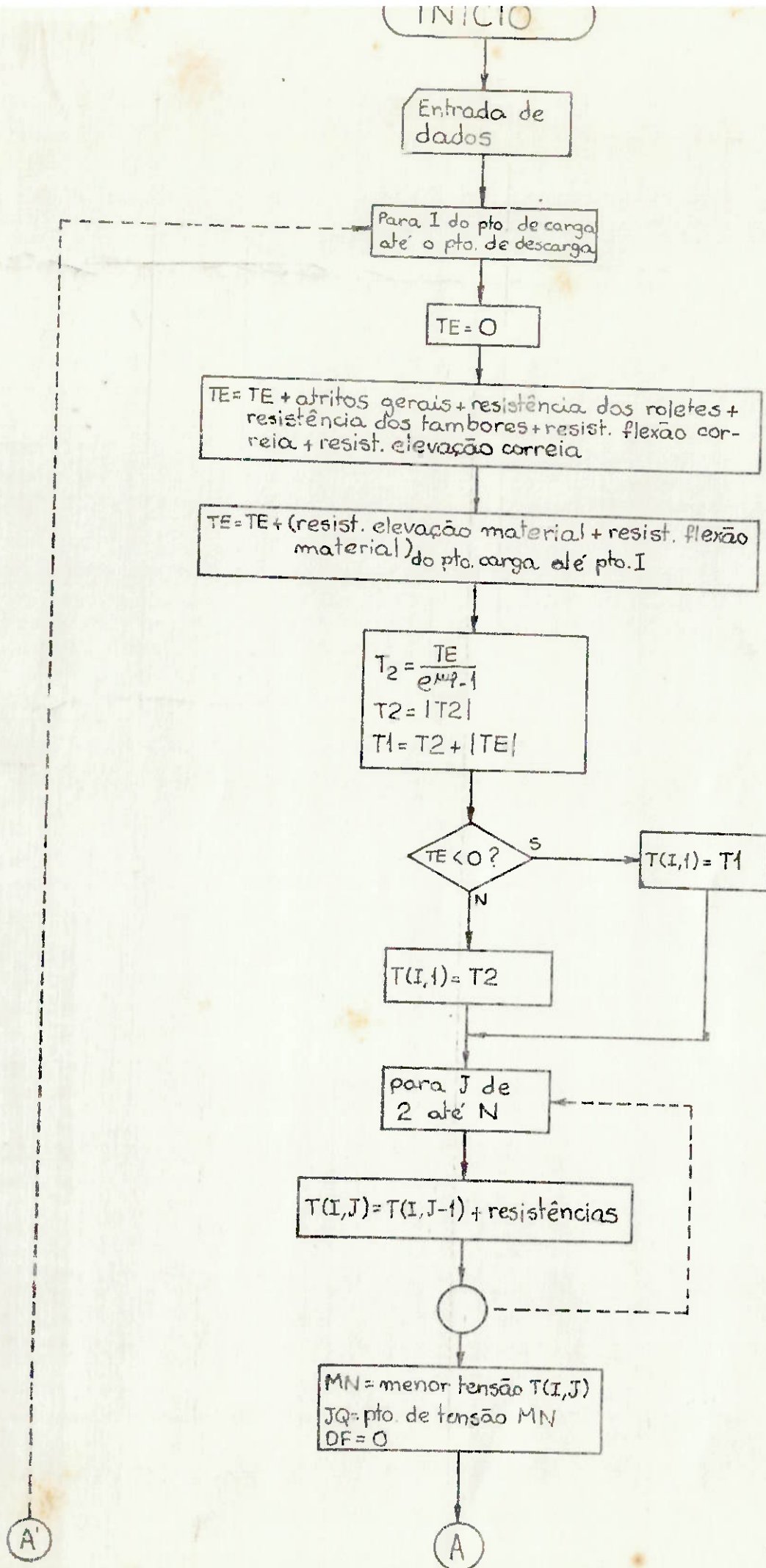
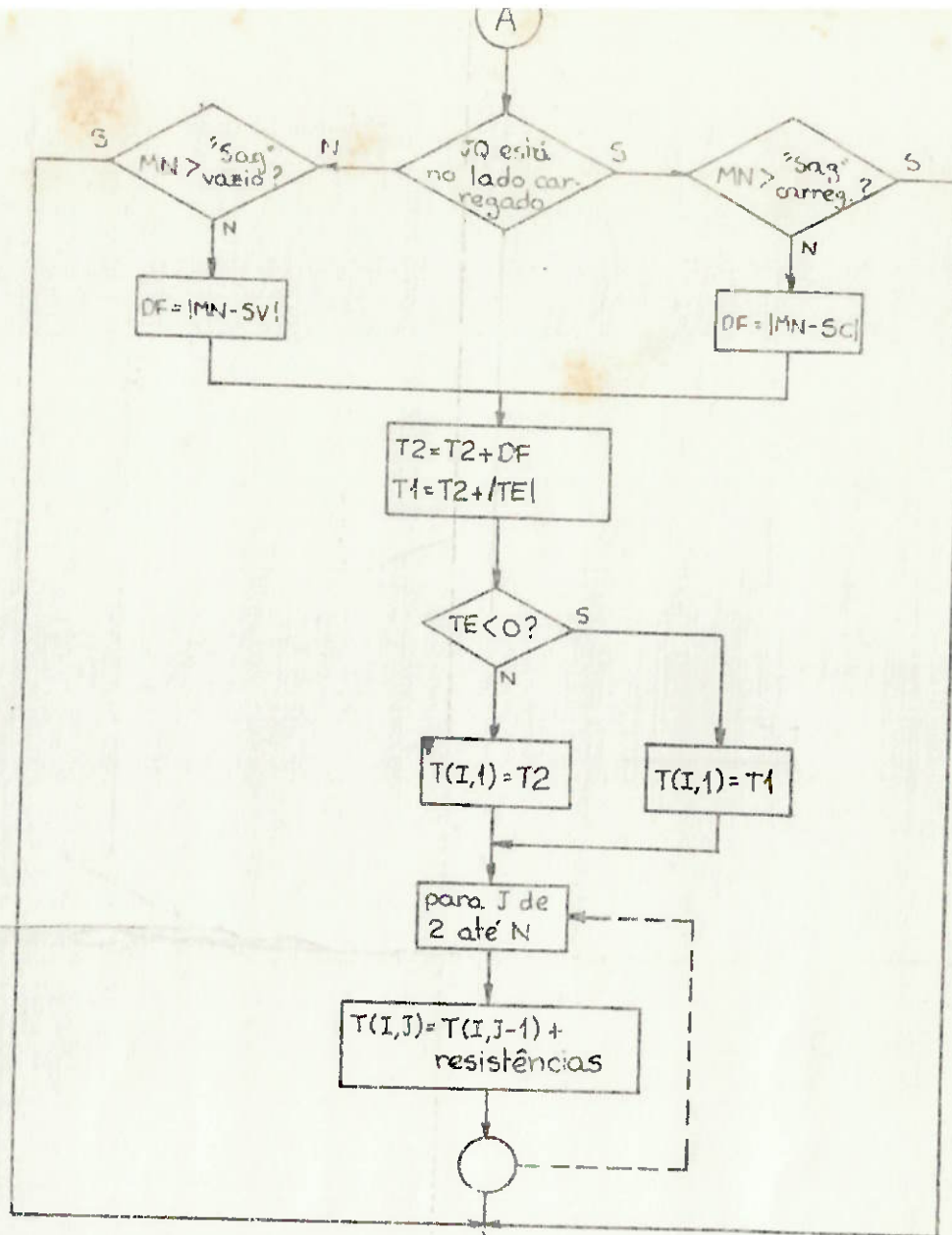


figura IV.1. Diagrama de blocos de program



$$\text{potência}(I) = \frac{TE \cdot V}{\eta_T}$$

MT = massa total em movimento

$$\begin{aligned} \text{aceleração parada} &= \frac{2 \cdot \frac{\text{torque fren}}{\phi_{\text{tambor}}} - |TE|}{MT} \\ \text{dist. parada} &= V^2 / (2 \cdot \text{aceleração}) \\ \text{torque motor} &= \text{pot. motor} \cdot \phi_{\text{tambor}} / (2 \cdot V) \\ \text{aceleração partida} &= \frac{1.35 \cdot 2 \cdot \text{torque motor} - TE}{MT} \\ \text{tempo de partida} &= V / \text{aceleração} \end{aligned}$$



B

Para I do pto. de carga até pto. descarga

TE = 0

TE = TE + atritos gerais + resistência dos roletes +
resistência dos tambores + resist. flexão correia + resist. elevação correia

TE = TE + (resist. elevação material + resist. flexão material) do pto. I até pto. descarga

$$T_2 = \frac{TE}{e^{\mu \theta} - 1}$$

$$T_2 = |T_2|$$

$$T_1 = T_2 + |TE|$$

TE < 0?

S

T(I,1) = T₁

T(I,1) = T₂

para J de 2 até N

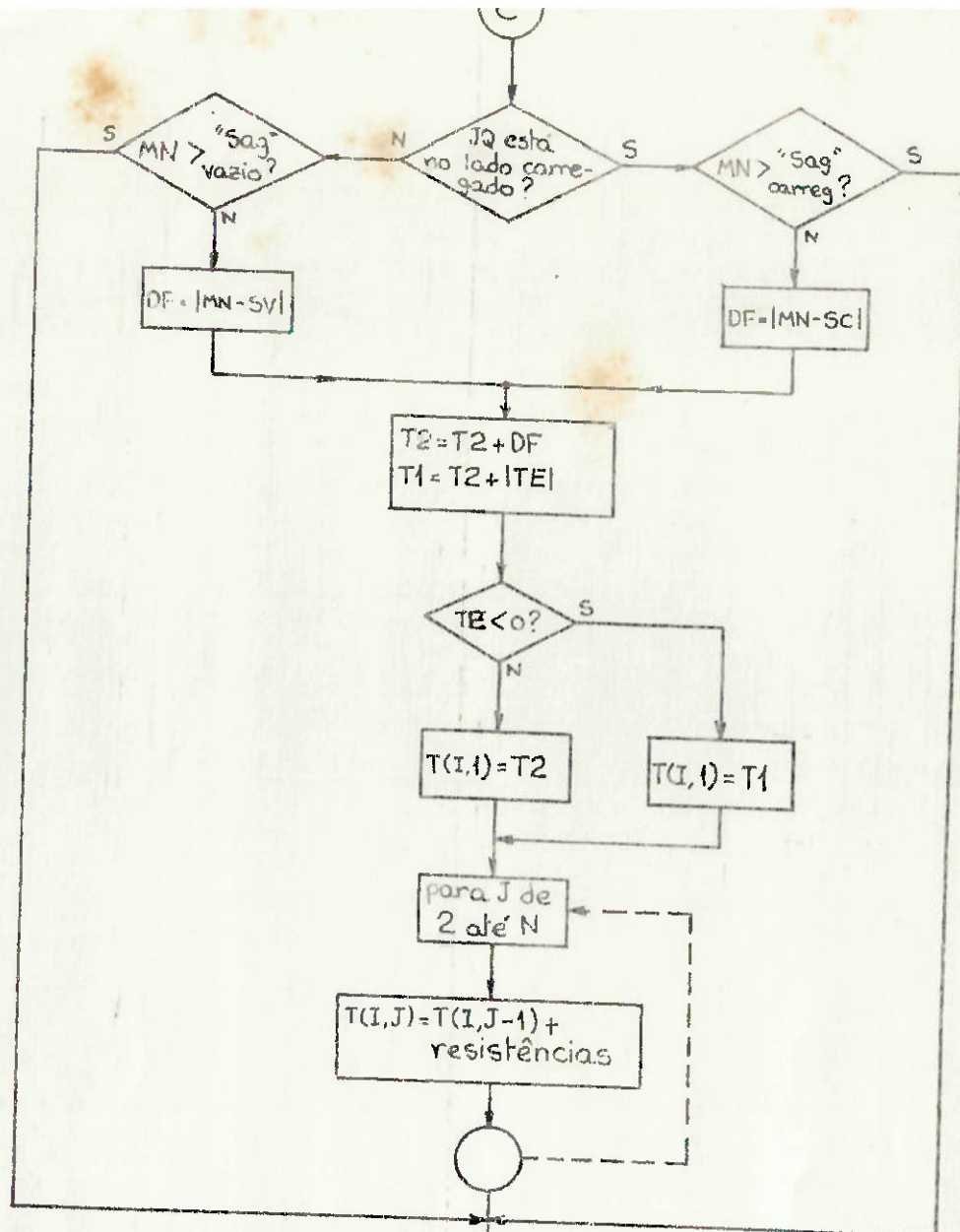
T(I,J) = T(I,J-1) + resistências



MN = menor tensão T(I,J)
JQ = pto. de tensão MN
DF = 0

C

C'



$$\text{potência}(I) = \frac{TE \times V}{\eta_r}$$

MT = massa total em movimento

$$\begin{aligned} \text{aceleração parada} &= \frac{2 \times \text{torque fren.} - |TE|}{MT} \\ \text{dist. parada} &= V^2 / (2 \times \text{aceleração}) \\ \text{torque motor} &= \text{pot. motor} \times \phi \text{ tambor} / (2 \times V) \\ \text{aceleração partida} &= \frac{1.35 \times 2 \times \text{torque motor} - TE}{MT} \\ \text{tempo de partida} &= V / \text{aceleração} \end{aligned}$$

FIM

V. Seleção de elementos

- motor elétrico:
 - marca WEG
 - 4 polos, potência 390 CV
 - carcaça ABNT 355N/L
 - rpm = 1790
 - fator de serviço = 1
- redutor :
 - marca FALK
 - redução = $20,93 \pm 4\%$
 - potência de aquecimento (nominal) =
 $\max((\text{pot. de placa do motor} \times 1,25),$
 $(\text{pot. de funcionamento} \times 1,5))$
pot. nominal = 390 CV
 - redutor escolhido: 2170 (pot.=429CV)
- acoplamento :
 - alta: FALK tipo 12F (Steelflex)
 - baixa: FALK tipo 1045 (de engrenagens)

A redução entre o motor e o tambor é de 22,25 e, como a do redutor é de 20,93 se torna necessário introduzir uma transmissão por correntes entre o motor e o redutor.

VI. Conclusão

Cabem, para finalizar, dois comentários sobre este transportador: um primeiro, sobre seu transitório e um segundo, sobre a norma que regeu seu cálculo.

Por ser um transportador regenerativo, seu tempo de partida é bem baixo, pois ele praticamente se auto-acelera por seu próprio peso. Por isso, o fator crítico para a escolha do motor é a potência requerida em regime. Já a sua distância de parada é relativamente grande, chegando a quase 10% do comprimento total do transportador. Isso gera problemas na parada, pois grande quantidade de material se acumula na zona de descarregamento. Por essa razão, é costume, quando transportadores regenerativos se encontram em grandes sistemas de transporte, desligá-los primeiro e, em seguida, aqueles nos quais eles descarregam.

O segundo comentário é sobre a norma ABNT/NBR-3205. Esta Norma se destina ao cálculo de qualquer tipo de transportador, porém seria recomendável aplicá-la mais particularmente a transportadores regenerativos. É que essa norma subestima as resistências atuantes, elevando assim a tensão equivalente para esse tipo de transportador. Já no caso de transportadores ascendentes, a norma que seria mais recomendável é a da CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association) americana. Essa norma é mais conservadora no que diz respeito às resistências, dando boa margem de segurança ao cálculo.

PROGRAMA DE
CALCULO DE
TRANSPORTADORES
REGENERATIVOS



SEGUNDO
NBR-8205

PROGRAMA DE CALCULO DE TRANSPORTADOR
NOME DO ARQUIVO DE ENTRADA ? DATA

VELOC. DA CORREIA (M/S) = 3.37
CAPAC. DO TRANSP. (KG/S) = 1111.11
DENS. DO MATERIAL (KG/M3) = 2500
POTENCIA DO MOTOR (CV) = 300
PESO DA CORREIA (KG/M) = 17.8
REND. DA MOTORIZACAO = .931
COEF. ATR. CORREIA-TAMBOR = .25
ANG. ABRAC. TAMBOR (GRAUS) = 210

TENSOES EM NEWTONS

MINIMA TENSAO P/ SAG (CARR) = 21298
MINIMA TENSAO P/ SAG (VAZIO) = 3271
COEF. FLEXAO CORR-ROLTS. (KY) = .017

PR. PTO. CARR. = 3
UL. PTO. CARR. = 8
PTO. DE CARGA = 3
PTO. DE DESC. = 5
INTERV. MOTOR = 1
INTERV. FREIO = 1
TORQUE NO FREIO = 30000
DIAM. TAMB. FREIO = .8
NO. TOT. PTOS. = 16

PTO. 1

DIST. HORIZ. (M) = 0
DIST. VERTIC. (M) = -1.8
COMPR. DE CORREIA = 1.26
ATRITOS GERAIS (K) = 0
RESIST. ROLETES (N/M) = 0
RESIST. TAMBORES (N) = 0

PTO. 2

DIST. HORIZ. (M) = -6
DIST. VERTIC. (M) = 0
COMPR. DE CORREIA = 1.26
ATRITOS GERAIS (K) = 0
RESIST. ROLETES (N/M) = 0
RESIST. TAMBORES (N) = 0

DIST. HORIZ. (M) = 0
DIST. VERTIC. (M) = 0
COMPR. DE CORREIA = 1.26
ATRITOS GERAIS (N) = 0
RESIST. ROLETES (N/M) = 0
RESIST. TAMBORES (N) = 890

PTO. 4

DIST. HORIZ. (M) = 2.496
DIST. VERTIC. (M) = -.262
COMPR. DE CORREIA = 2.51
ATRITOS GERAIS (N) = 0
RESIST. ROLETES (N/M) = 13.9
RESIST. TAMBORES (N) = 0

PTO. 5

DIST. HORIZ. (M) = 4.973
DIST. VERTIC. (M) = -.523
COMPR. DE CORREIA = 5
ATRITOS GERAIS (N) = 5038
RESIST. ROLETES (N/M) = 13.9
RESIST. TAMBORES (N) = 0

PTO. 6

DIST. HORIZ. (M) = 4.973
DIST. VERTIC. (M) = -.523
COMPR. DE CORREIA = 5
ATRITOS GERAIS (N) = 1300
RESIST. ROLETES (N/M) = 13.9
RESIST. TAMBORES (N) = 0

PTO. 7

DIST. HORIZ. (M) = 79.568
DIST. VERTIC. (M) = -8.361
COMPR. DE CORREIA = 80
ATRITOS GERAIS (N) = 0
RESIST. ROLETES (N/M) = 13.9
RESIST. TAMBORES (N) = 0

PTO. 8

DIST. HORIZ. (M) = 155.991
DIST. VERTIC. (M) = -16.693
COMPR. DE CORREIA = 156.85
ATRITOS GERAIS (N) = 0
RESIST. ROLETES (N/M) = 13.9
RESIST. TAMBORES (N) = 0

PTO. 9

DIST. HORIZ. (M) = 0
DIST. VERTIC. (M) = 0
COMPR. DE CORREIA = 1.26
ATRITOS GERAIS (N) = 0
RESIST. ROLETES (N/M) = 0
RESIST. TAMBORES (N) = 0

PTO. 10

COMPR. DE CORREIA = 29.138
ATRITOS GERAIS (N) = 0
RESIST. ROLETES (N/M) = 1.75
RESIST. TAMBORES (N) = 0

PTO. 11

DIST. HORIZ. (M) = -.3
DIST. VERTIC. (M) = -5
COMPR. DE CORREIA = 5.17
ATRITOS GERAIS (N) = 600
RESIST. ROLETES (N/M) = 0
RESIST. TAMBORES (N) = 445

PTO. 12

DIST. HORIZ. (M) = -.6
DIST. VERTIC. (M) = 0
COMPR. DE CORREIA = .842
ATRITOS GERAIS (N) = 0
RESIST. ROLETES (N/M) = 0
RESIST. TAMBORES (N) = 605

PTO. 13

DIST. HORIZ. (M) = -.3
DIST. VERTIC. (M) = 5.6
COMPR. DE CORREIA = 5.773
ATRITOS GERAIS (N) = 0
RESIST. ROLETES (N/M) = 0
RESIST. TAMBORES (N) = 445

PTO. 14

DIST. HORIZ. (M) = -217.801
DIST. VERTIC. (M) = 26.535
COMPR. DE CORREIA = 219.41
ATRITOS GERAIS (N) = 600
RESIST. ROLETES (N/M) = 1.75
RESIST. TAMBORES (N) = 0

PTO. 15

DIST. HORIZ. (M) = 0
DIST. VERTIC. (M) = -.6
COMPR. DE CORREIA = .9942
ATRITOS GERAIS (N) = 0
RESIST. ROLETES (N/M) = 0
RESIST. TAMBORES (N) = 665

PTO. 16

DIST. HORIZ. (M) = 2
DIST. VERTIC. (M) = 0
COMPR. DE CORREIA = 2
ATRITOS GERAIS (N) = 0
RESIST. ROLETES (N/M) = 0
RESIST. TAMBORES (N) = 0
C.A.C. HORIZONTAL = 245 M
C.A.C. VERTICAL = -26 M

REJUNTO - CARREGANDO

CARREGANDO

TENSOES EM KILO-NEWTONS

PTO. NO CAMINHO	PTO. DO FIM DO CARR.			
	5	6	7	8
1	21	9	27	90
2	21	10	27	91
3	22	11	29	92
4	22	11	29	92
5	21	9	27	90
6	22	8	26	89
7	22	8	3	66
8	22	7	3	21
9	22	8	3	21
10	23	9	4	22
11	23	9	4	22
12	24	9	5	23
13	25	11	6	24
14	31	16	12	30
15	31	17	12	30
16	31	17	12	30

POTENCIA REQ. NO MOTOR

PTO. FIM POT. (KW)	POT. (CV)
CARREGAM.	
5	58
6	53
7	-29
8	-193
	78
	71
	-39
	-259

DESCARREGANDO

TENSOES EM KILO-NEWTONS

PTO. NO CAMINHO	PTO. DO INIC. DO CARR			
	5	6	7	8
1	88	86	84	59
2	89	86	84	59
3	90	87	85	60
4	90	87	85	60
5	88	92	90	65
6	87	91	91	66
7	64	68	69	66
8	19	23	23	21
9	19	23	24	21
10	20	24	24	22
11	20	24	24	22
12	21	25	25	23
13	22	26	27	24
14	28	32	32	30
15	28	32	33	30
16	28	32	33	30

POTENCIA REQ. NO MOTOR

PTO. FIM POT. (KW)	POT. (CV)
CARREGAM.	

7 -103 -240
8 -101 -135

START/STOP - CARREGANDO

PTD.FIM DIST.PARADA (M)
CARREG.

5	8.7
6	8.5
7	7.7
8	23.7

PTD.FIM TEMPO PARTIDA (S)
CARREG.

5	4.2
6	4.1
7	3.1
8	2.1

START/STOP - DESCARREGANDO

PTD.IN. DIST.PARADA (M)
CARREG.

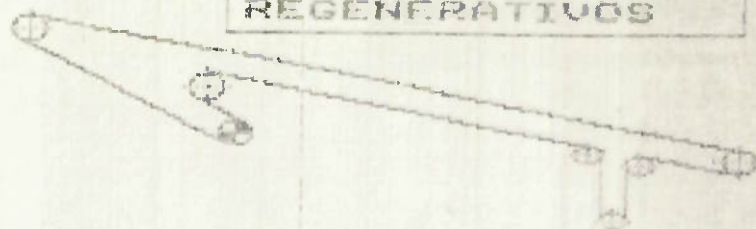
5	23.7
6	22.2
7	21
8	10.9

PTD.IN. TEMPO PARTIDA (S)
CARREG.

5	2.1
6	2.2
7	2.2
8	2.6

BREAK IN 2250

PROGRAMA DE
CALCULO DE
TRANSPORTADORES
REGENERATIVOS



SEGUNDO
NBR-8205

```

10 REM PROGRAMA DE CALCULO
20 REM DE TRANSP. DE CORREIA
30 REM
40 HOME
50 DIM H(20),V(20),L(20),FA(20),RR(20),RT(20),T(20,20),OP(20),TP(20)
60 HORIZ : PRINT CHR$(4); "BLDAD PI.TRANSPORTADOR"
70 PRN 1
80 PRINT CHR$(9); "80N"
90 PRINT CHR$(9); "52"
100 PRN 1
105 PRINT CHR$(9); "80N"
110 LIST
120 GET AS: TEXT
150 REM - ENTRADA DE DADOS -
160 PRINT "PROGRAMA DE CALCULO DE TRANSPORTADOR"
165 GOSUB 4000
170 PRINT : PRINT "VELOC. DA CORREIA (M/S) = ";VE
175 PRINT "CAPAC. DO TRANSP.(KG/S) = ";CP
180 PRINT "DENS. DO MATERIAL (KG/M3) = ";RD
181 INPUT "POTENCIA DO MOTOR (CV) = ";NM:NM = NM * 746
185 PRINT "PESO DA CORREIA (KG/M) = ";OC
190 PRINT "REND. DA MOTORIZACAO = ";RI
195 PRINT "COEF. ATR. CORREIA-TAMBOR = ";MI
200 PRINT "ANG. ABRAC. TAMBOR (GRAUS) = ";FI
201 FI = FI * 3.1415927 / 180
204 PRINT : PRINT "TENSOES EM NEWTONS"
205 PRINT "MINIMA TENSAO P/ SAG (CARR)= ";SC
210 PRINT "MINIMA TENSAO P/ SAG (VAZIO) = ";SV
212 PRINT "COEF. FLEXAO CORR-ROLTS.(KY)= ";KY
215 PRINT : PRINT "PR. PTO.CARR. = ";PPC
220 PRINT "UL.PTO. CARR. = ";UPC
225 PRINT "PTO. DE CARGA = ";PC
230 PRINT "PTO. DE DESC. = ";RD
235 PRINT "INTERV. MOTOR.= ";IM
240 PRINT "INTERV. FREIO = ";IB
242 INPUT "TORQUE NO FREIO = ";TF
243 INPUT "DIAM.TAMB.FREIO = ";OT:W = VE * 2 / OT:TH = NM / W
245 PRINT "NO. TOT. PTOS.= ";N
250 FOR I = 1 TO N
255 PRINT : PRINT "PTO. ";I: PRINT
260 PRINT "DIST. HORIZ. (M) = ";H(I) : PRINT "DIST. VERTIC. (M) = ";V(I)

```

```

275 PRINT "RESIST.ROLETES (N/M) = "RR(I)
280 PRINT "RESIST.TAMBORES (N) = "RT(I)
290 NEXT I
295 LH = 0:LV = 0
300 FOR I = PPC TO UPC
305 LH = LH + R(I):LV = LV + V(I)
310 NEXT I
315 HOME : PRINT "C.A.C. HORIZONTAL = " : INT (LH) : " M"
320 PRINT "C.A.C. VERTICAL = " : INT (LV) : " M" : PRINT
325 QM = CP / VE
330 PRINT " REGIME - CARREGANDO" : PRINT
345 G = 9.806
350 REM --- REGIME, CARREGANDO ---
360 FOR I = PC TO PD
370 TE = 0:IC = PC:FC = I
380 FOR J = 1 TO N
390 TE = TE + FA(J) + RR(J) * L(J) + RT(J) + QC * V(J) * G + KY * QC * L
(J) * G * (1 AND (J) = PPC AND J < = UPC))
400 NEXT J
410 FOR K = PC TO I
420 TE = TE + QM * V(K) * G + KY * QM * G * L(K)
430 NEXT K
440 T2 = TE / ( EXP (MI * FI) - 1):T2 = ABS (T2):T1 = T2 + ABS (TE)
450 T(I,1) = T1 * (1 AND TE < 0) + T2 * (1 AND TE > 0)
460 FOR J = 2 TO N
470 T(I,J) = T(I,J - 1) + FA(J) + RR(J) * L(J) + RT(J) + QC * V(J) * G +
KY * QC * G * L(J) * (1 AND (J) = PPC AND J < = UPC))
480 IF J = PC AND J < = I THEN T(I,J) = T(I,J - 1) + QM * V(J) * G +
KY * QM * G * L(J)
490 NEXT J
500 GOSUB 5000
510 NEXT I
700 REM - IMPRESSAO DOS RESULTADOS -
705 PRINT "CARREGANDO" : PRINT
706 PRINT : PRINT "TENSOES EM KILO-NEWTONS" : PRINT
710 PRINT : PRINT " PTO. DO FIM DO CARR."
720 PRINT "PTO.NO " : FOR K = PC TO PD: PRINT K : " " : NEXT K: PRINT
730 PRINT "CAMINHO "
740 FOR I = 1 TO N
750 PRINT I; TAB(-9); : FOR K = PC TO PD: PRINT INT (T(K,I) / 1000);
": NEXT K: PRINT
760 NEXT I
770 PRINT : PRINT : PRINT "POTENCIA REQ. NO MOTOR "
780 PRINT : PRINT "PTO. FIM"; TAB(10); "POT.(KW)"; TAB(20); "POT.(CV)"
790 PRINT "CARREGAM."
800 FOR I = PC TO PD
810 PRINT I; TAB(12); INT (KW(I) / 1000); TAB(22); INT (KW(I) / (1.00
* .746))
820 NEXT I
900 REM --- REGIME,DESCARREGANDO ---
910 FOR I = PC TO PD
920 TE = 0:IC = I:FC = PD
930 FOR J = 1 TO N
940 TE = TE + FA(J) + RR(J) * L(J) + RT(J) + QC * V(J) * G + KY * QC * L
(J) * G * (1 AND (J) = PPC AND J < = UPC))
950 NEXT J
960 FOR K = I TO PD
970 TE = TE + QM * V(K) * G + KY * QM * G * L(K)
1000 NEXT K
1010 T2 = TE / ( EXP (MI * FI) - 1):T2 = ABS (T2):T1 = T2 + ABS (TE)
1020 T(I,1) = T1 * (1 AND TE < 0) + T2 * (1 AND TE > 0)
1030 FOR J = 2 TO N
1040 T(I,J) = T(I,J - 1) + FA(J) + RR(J) * L(J) + RT(J) + QC * V(J) * G +
KY * QC * G * L(J) * (1 AND (J) = PPC AND J < = UPC))

```

```

1090 NEXT I
1098 PRINT : PRINT "DESCARREGANDO" : PRINT
1100 PRINT : PRINT "TENSÕES EM KILG-NEWTONS": PRINT
1110 PRINT : PRINT "PTO. DO INIC. DO CARR"
1120 PRINT "PTO.NO " : FOR K = PC TO PD: PRINT K : NEXT K: PRINT
1130 PRINT "CAMINHO"
1140 FOR I = 1 TO N
1150 PRINT I: TAB( 9): FOR K = PC TO PD: PRINT INT (T(K,I) / 1000):
1160 NEXT K: PRINT
1170 NEXT I
1178 PRINT : PRINT : PRINT "POTENCIA REQ. NO MOTOR "
1180 PRINT : PRINT "PTO.INIC": TAB( 10): "POT.(KW)": TAB( 20): "POT.(CV)"
1190 PRINT "CARREGAM."
1200 FOR I = PC TO PD
1210 PRINT I: TAB( 12): INT (KW(I) / 1000): TAB( 22): INT (KW(I) / (100
0 * .746))
1220 NEXT I
1500 REM - START/STOP, CARREGANDO -
1510 FOR I = PC TO PD
1520 TE = 0: IC = PC: FC = I
1530 FOR J = 1 TO N
1540 TE = TE + FA(J) + RR(J) * L(J) + RT(J) + QC * V(J) * G + KY * QC *
L(J) * G * (1 AND (J) = PPC AND J < = UPC))
1560 NEXT J
1570 FOR K = PC TO I
1580 TE = TE + QM * V(K) * G + KY * QM * G * L(K)
1595 NEXT K
1610 T2 = TE / ( EXP (MI * FI) - 1): T2 = ABS (T2): T1 = T2 + TE
1620 T(I,1) = T1
1630 FOR J = 2 TO N
1640 T(I,J) = T(I,J - 1) + FA(J) + RR(J) * L(J) + RT(J) + QC * V(J) * G +
KY * QC * G * L(J) * (1 AND (J) = PPC AND J < = UPC))
1650 IF J > = PC AND J < = I THEN T(I,J) = T(I,J - 1) + QM * V(J) * G
+ KY * QM * G * L(J)
1660 NEXT J
1665 GOSUB 5000
1666 MT = 0
1667 FOR II = 1 TO N
1669 MT = MT + L(II) * QC + L(II) * QM * (1 AND II > = PC AND II < = PD)
1671 NEXT II
1673 ALIN = (2 * TE / DT - ABS (TE)) / MT
1675 DP(I) = VE ^ 2 / (2 * ALIN)
1680 GOSUB 5000
1689 NEXT I
1760 PRINT : PRINT "START/STOP - CARREGANDO"
1770 PRINT
1780 PRINT "PTO.FIM": TAB( 10): "DIST.PARADA (M)"
1790 PRINT "CARREG."
1800 FOR I = PC TO PD: PRINT TAB( 3): I: TAB( 16): 0.1 * INT (DP(I) * 1
0 + .5): NEXT I
1810 PRINT
1820 PRINT "PTO.FIM": TAB( 10): "TEMPO PARTIDA (S)"
1830 PRINT "CARREG."
1840 FOR I = PC TO PD: PRINT TAB( 3): I: TAB( 16): 0.1 * INT (TP(I) * 1
0 + .5): NEXT I
1900 REM - START/STOP, DESCARREGANDO -
1910 FOR I = PC TO PD
1920 TE = 0: IC = I: FC = PD
1930 FOR J = 1 TO N
1940 TE = TE + FA(J) + RR(J) * L(J) + RT(J) + QC * V(J) * G + KY * QC *

```

```

      L(J) * G * (1 AND (J) = PPC AND J < = UPC))
1960 NEXT J
1970 FOR K = I TO PD
1980 TE = TE + QM * V(K) * G + KY * QM * G * L(K)
1995 NEXT K
2010 T2 = TE / ( EXP (MI * FI) - 1):T2 = ABS (T2):T1 = T2 + ABS (TE)
2020 T(I,1) = T1
2030 FOR J = 2 TO N
2040 T(I,J) = T(I,J - 1) + FA(J) + RR(J) * L(J) + RT(J) + QC * V(J) * G +
      KY * QC * G * L(J) * (1 AND (J) = PPC AND J < = UPC))
2050 IF J > = PC AND J < = I THEN T(I,J) = T(I,J - 1) + QM * V(J) * G
      + KY * QM * G * L(J)
2060 NEXT J
2065 GOSUB 5000
2066 MT = 0
2067 FOR II = 1 TO N
2069 MT = MT + L(II) * QC + L(II) * QM * (1 AND II > = PC AND II < =
      D)
2071 NEXT II
2073 ALIN = (2 * TF / DT - ABS (TE)) / MT
2075 DP(I) = VE ^ 2 / (2 * ALIN)
2080 GOSUB 6000
2089 NEXT I
2100 PRINT : PRINT "START/STOP - DESCARREGANDO"
2170 PRINT
2180 PRINT "PTO.IN.": TAB( 10); "DIST.PARADA (M)"
2190 PRINT "CARREG."
2200 FOR I = PC TO PD: PRINT TAB( 3); I; TAB( 16); 0.1 * INT (DP(I) *
      0 + .5): NEXT I
2210 PRINT
2220 PRINT "PTO.IN.": TAB( 10); "TEMPO PARADA (S)"
2230 PRINT "CARREG."
2240 FOR I = PC TO PD: PRINT TAB( 3); I; TAB( 16); 0.1 * INT (TP(I) *
      0 + .5): NEXT I
2250 STOP
2260 END
4000 REM LEITURA DE DADOS DO DISCO
4010 INPUT "NOME DO ARQUIVO DE ENTRADA ? ",Z$
4020 DS = CHR$( 4)
4040 PRINT
4050 PRINT DS;"OPEN":Z$
4060 PRINT DS;"READ":Z$
4061 INPUT I
4062 : INPUT VE
4064 : INPUT CP
4066 : INPUT RO
4068 : INPUT QC
4070 : INPUT NI
4072 : INPUT NI
4074 : INPUT FI
4076 : INPUT SC
4078 : INPUT CV
4080 : INPUT KY
4082 : INPUT PPC
4084 : INPUT UPC
4085 : INPUT PC
4086 : INPUT PD
4088 : INPUT I1
4090 : INPUT I2
4092 : INPUT N
4100 FOR I = 1 TO N
4102 : INPUT F(I)
4104 : INPUT V(I)
4106 : INPUT L(I)
4108 : INPUT S(I)

```

```

4112 : INPUT RT(I)
4120 NEXT I
4130 PRINT OS;"CLOSE";ZS
4150 RETURN
5000 REM - ACHA TENSÃO MINIMA
5010 MN = T1:JQ = 1
5020 FOR J = 1 TO N
5030 IF T(I,J) < MN THEN MN = T(I,J):JQ = J
5040 NEXT J
5060 IF JQ < PC OR JQ > I THEN GOTO 5100
5070 IF MN > SC THEN GOTO 5160
5080 DF = SC - MN
5090 GOTO 5130
5100 IF MN > SV THEN GOTO 5160
5110 DF = SV - MN
5120 GOSUB 7000
5160 KW(I) = VE * VE / NI
5180 RETURN
6000 REM - DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE PARTIDA -
6010 REM - CONSIDERANDO TORQUE DE PARTIDA = 135% DO DE REGIME (NORM
A JIS) -
6020 ALIN = ABS ( - TE + 1.35 * 2 * TM / OT ) / MT
6030 TP(I) = VE / ALIN
6040 RETURN
7000 REM - CORREÇÃO DAS TENSOES -
7005 T2 = T2 + DF:T1 = T2 + ABS (TE)
7010 T(I,1) = T(I,1) + T1 * (1 AND TE < 0) + T2 * (1 AND TE > 0)
7020 FOR J = 2 TO N
7030 T(I,J) = T(I,J - 1) + FA(J) + GR(J) * L(J) + RT(J) + QC * V(J) * G
KY * QC * G * L(J) * (1 AND J > = PPC AND J < = UPC)
7040 IF J > = IC AND J < = EC THEN T(I,J) = T(I,J - 1) + QM * V(J) *
G + KY * QM * G * L(J)
7050 NEXT J
7060 RETURN

```