

**LEONARDO VISENTAINER RIGOLO**

**Estudo técnico de um transportador de correia**

**Leonardo Visentainer Rigolo**

**Estudo técnico de um transportador de correia**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador (a): Jose Elias Tomazini

R572e	Rigolo, Leonardo Visentainer Estudo técnico de um transportador de correia / Leonardo Visentainer Rigolo. – Guaratinguetá, 2018. 66 f : il. Bibliografia: f. 62-64  Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018. Orientador: Prof. Dr. José Elias Tomazini  1. Correias transportadoras. 2. Desenho (Engenharia). 3. Correias e transmissão por correias I. Título
	CDU: 621.01

Pâmella Benevides Gonçalves  
Bibliotecária/CRB-8/9203


**Leonardo Visentainer Rigolo**

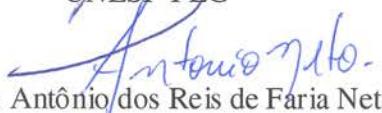
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO  
COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
“GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. José Elias Tomazini  
Orientador/UNESP-FEG

  
Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins  
UNESP-FEG

  
Prof. Dr. Antônio dos Reis de Faria Neto  
Membro Externo

Setembro / 2018

## **DADOS CURRICULARES**

**Leonardo Visentainer Rigolo**

**NASCIMENTO** 28.12.1992 – Jundiaí / SP

**FILIAÇÃO** Carlos Aparecido Rigolo  
Miltes Maria Visentainer Rigolo

**2012/2018** Curso de Graduação (Engenharia Mecânica)  
UNESP/FEG – Universidade Estadual Paulista  
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

dedico este trabalho  
de modo especial, à minha família

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos,

Aos meus pais *Miltes Maria Visentainer Rigolo e Carlos Aparecido Rigolo*, que sempre me incentivaram e apoiaram nas minhas escolhas na vida pessoal e acadêmica.

Aos amigos e amigas que estiveram comigo nessa jornada, vocês com certeza são parte dessa vitória.

“Não existe azar nem sorte, somente  
eletromagnetismo”

Hélio Couto

## RESUMO

O transportador de correia começou a ser utilizado na Inglaterra a partir da segunda metade do século XVIII, com o passar do tempo e o desenvolvimento de novas tecnologias o transportador de correia começou a ser utilizado em diferentes aplicações. Hoje em dia diversas indústrias utilizam esse equipamento devido ao seu baixo custo, versatilidade, confiabilidade e elevada capacidade de transporte. Este trabalho visa mostrar ao leitor o que é um transportador de correia, explicando os seus principais componentes mecânicos, sendo alguns obrigatórios para o seu funcionamento e outros que são utilizados dependendo de sua aplicação. Posteriormente irá ser mostrado o dimensionamento do transportador através de cálculos básicos abordando tópicos como seleção da correia, seleção dos roletes, cálculo da carga aplicada nos roletes, cálculo da velocidade máxima e mínima da correia, cálculo da força efetiva na correia, verificação da deflexão da correia, cálculo da força máxima e mínima na correia, seleção do diâmetro dos tambores, cálculo da potência do motor e através de catálogos serão feitas a seleção da correia e a seleção do moto redutor. O transportador em questão será utilizado para uma indústria de britagem, porém os cálculos podem ser aplicados para o transporte de outros tipos de materiais. Para transportadores de pequeno porte o dimensionamento através do conceito apresentado é válido, porém para transportadores de grande porte é necessária uma análise dinâmica, através da utilização de outros métodos. Sendo imprescindível a simulação de cargas estáticas e dinâmicas para essas estruturas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transportador de correia. Correia transportadora. Dimensionamento. Componentes de um transportador de correia.

## **ABSTRACT**

The belt conveyor began to be used in England from the second half of the eighteenth century, with the passage of time and the development of new technologies the conveyor belt began to be used in different applications. Nowadays several industries use this equipment due to its low cost, versatility, reliability and high capacity of transport. This work aims to show the reader what a belt conveyor is, explaining its main mechanical components, some of which are mandatory for its operation and others that are used depending on the application of the belt conveyor. Subsequently, it will be demonstrated the dimensioning of the conveyor through basic calculations covering topics such as belt selection, roller selection, calculation of the load applied to the rollers, calculation of the maximum and minimum speed of the belt, calculation of the effective force on the belt, verification of the deflection of the belt. belt selection, maximum and minimum belt force calculation, drum diameter selection, engine power calculation and through selection of belt selection and selection of the reduction motor. The conveyor in question will be used for a crushing industry, but the calculations can be applied for the transport of other types of material. For small conveyors the sizing through the presented concept is valid, however for large conveyors a dynamic analysis is required, through the use of others methods. It is essential to simulate static and dynamic loads for these structures.

**KEYWORDS:** Conveyor belt. Belt conveyor. Dimensioning. Components of a belt conveyor.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Correia transportadora .....	18
Figura 2: Tambor e seus componentes .....	19
Figura 3: Conjunto tambor acionamento, que recebe o torque do motor através do eixo .....	20
Figura 4 :Tambor de retorno, atua no lado oposto ao de acionamento .....	20
Figura 5: Rolete de carga simples .....	21
Figura 6: Rolete de carga triplo .....	22
Figura 7: Rolete de impacto triplo.....	22
Figura 8: Rolete de retorno simples .....	23
Figura 9: Rolete de transição .....	24
Figura 10: Roletes auto-alinhantes .....	24
Figura 11: Esticador de correia por parafuso.....	25
Figura 12: Esticador por gravidade vertical.....	26
Figura 13: Esticador por gravidade horizontal .....	27
Figura 14: Conjunto de acionamento.....	27
Figura 15: Motor Elétrico .....	28
Figura 16: Redutor.....	29
Figura 17: Acoplamento flexível.....	29
Figura 18: Freio a disco .....	30
Figura 19: Contra recuo .....	31
Figura 20: Chute de descarga.....	32
Figura 21: Guia de material .....	32
Figura 22: Limpador em V.....	33
Figura 23: Raspador de correia.....	34
Figura 24: Virador de correia.....	34
Figura 25: Lay out básico do transportador .....	35
Figura 26: Gráfico para determinar melhor largura correia de acordo com as características do material .....	36
Figura 27: Seção transversal da correia carregada.....	38
Figura 28: Relação entre o fator K3B e o diâmetro dos rolos .....	42
Figura 29: Fator Kt em função da temperatura em Farenheit .....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Velocidade máxima recomendada em função da largura da correia e tipo de material .....	37
Tabela 2 – Classificação dos rolos .....	42
Tabela 3 – Capacidade de carga rolos série B [lbs.....	43
Tabela 4 – Peso estimado da correia baseado na largura da correia e em função da densidade do material .....	44
Tabela 5 – Fator K1 de acordo com a granulometria do material .....	44
Tabela 6 – Espaçamentos entre roletes de carga e retorno [ft] .....	45
Tabela 7 – Fator Ky em função peso da correia e material, inclinação do transportador e comprimento.....	50
Tabela 8 – Valor de Ky corrigido quando se tem outros parâmetros utilizados .....	50
Tabela 9 – Força necessária para girar os tambores .....	52
Tabela 10 – Força requerida para vencer o atrito dos limpadores de correia [lbs/pol de largura de correia] .....	52
Tabela 11 – Fator de atrito da guia com diferentes materiais .....	53
Tabela 12 – Fator de abraçamento de acordo com diferentes combinações de tambor e abraçamento da correia .....	55

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Registrada
CEMA	Conveyor Equipment Manufacturers Association

## LISTA DE SÍMBOLOS

- $\alpha$  – Ângulo de acomodação do material
- $\beta$  – Ângulo dos rolos laterais
- $A_s$  – Área superior do semicírculo
- $A_b$  – Área do trapézio
- $l$  – Comprimento da base menor do trapézio
- $l_1$  – Comprimento da base maior do trapézio
- $j$  – Altura do trapézio
- $m$  – Comprimento do lado inclinado do trapézio
- $r$  – Raio do arco de acomodação
- $f$  – Projeção horizontal do lado inclinado do trapézio
- $c$  – Distância entre a extremidade da correia e o material
- $b$  – Largura da correia
- $A_t$  – Área Total
- $v$  – Velocidade mínima da correia
- $Q$  – Capacidade do transportador
- $A_t$  – Área da seção transversal preenchida
- $\rho$  – Densidade do material
- $C_{rc}$  – Carga aplicada no rolo de carga
- $C_{rc}$  – Carga aplicada no rolo de retorno
- $W_b$  – Peso da correia
- $K_1$  – Fator de ajuste de acordo com o tamanho do grão
- $SI$  – Espaçamento entre os roletes
- $W_m$  – peso do material
- $Q$  – Capacidade do transportador
- $V$  – Velocidade da correia
- $IML$  – carga de desalinhamento devido a tensão da correia
- $T$  – Tensão na correia
- $D$  – Desalinhamento entre centro de rolos
- $T_{cr}$  – Tensão referente ao atrito da correia com os roletes de carga e impacto
- $T_{fc}$  – Tensão referente à flexão da correia movimentando-se sobre os roletes
- $T_{fm}$  – Tensão referente à flexão do material movimentando-se sobre os roletes
- $T_h$  – Tensão referente à elevação do material no transportador

$T_p$  - Tensão referente ao dobramento da correia e ao atrito do eixo do tambor com o mancal

$T_c$  – Tensão devido aos componentes do transportador

$L$  – Comprimento do transportador

$K_x$  – Fator utilizado para calcular a resistência devido ao escorregamento da correia nos roletes

$K_t$  – Fator de temperatura

$A_i$  – força necessária para girar os rolos

$T_{yc}$  – tensão para os roletes de carga

$T_{yr}$  – tensão para roletes de retorno

$K_y$  – Fator Fator para Calcular a Força de Flexão de Correia e Carga sobre os rolos

$H$  – Altura que o material é elevado

$T_{rp}$  – Tensão devido aos raspadores

$T_{lc}$  – Tensão referente aos limpadores de correia

$T_{gm}$  – Tensão devido ao atrito causado pela guia de material

$L_b$  – Comprimento da guia de material

$h_s$  – Altura do material em contato com a guia

$C_s$  – Fator de atrito da guia de acordo com o material transportado

$T_2$  – Tensão mínima (retorno)

$T_e$  – Tensão efetiva na correia

$C_w$  – Fator de abraçamento da correia com o tambor

$P$  – Potência para acionar o motor

$T_e$  – Tensão efetiva na correia

$v$  – Velocidade correia

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1	OBJETIVO .....	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO .....</b>	<b>17</b>
2.1	TIPOS DE TRANSPORTADORES .....	17
2.2	COMPONENTES DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA .....	18
<b>2.2.1</b>	<b>Correia .....</b>	<b>18</b>
2.3	TAMBORES .....	19
<b>2.3.1</b>	<b>Tambor motriz.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Tambor movido.....</b>	<b>20</b>
2.4	ROLETES .....	20
<b>2.4.1</b>	<b>Roletes de carga .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Roletes de impacto .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Roletes de retorno .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Roletes de transição .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Roletes auto-alinhantes .....</b>	<b>24</b>
2.5	ESTICAMENTO .....	25
<b>2.5.1</b>	<b>Esticador por parafuso .....</b>	<b>25</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Esticador por gravidade vertical .....</b>	<b>26</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Esticador por gravidade horizontal .....</b>	<b>26</b>
2.6	CONJUNTO ACIONAMENTO .....	27
<b>2.6.1</b>	<b>Motor .....</b>	<b>28</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Redutor .....</b>	<b>28</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Acoplamentos .....</b>	<b>29</b>
<b>2.6.4</b>	<b>Freios .....</b>	<b>30</b>
<b>2.6.5</b>	<b>Contra recuo.....</b>	<b>30</b>
2.7	DISPOSITIVO DE CARREGAMENTO E DESCARREGAMENTO (CHUTE)	31
2.8	GUIA DE MATERIAL .....	32
2.9	DISPOSITIVOS PARA LIMPEZA .....	33
<b>2.9.1</b>	<b>Limpador.....</b>	<b>33</b>
<b>2.9.2</b>	<b>Raspador .....</b>	<b>33</b>
<b>2.9.3</b>	<b>Virador de Correia .....</b>	<b>34</b>

<b>3</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DO TRANSPORTADOR DE CORREIA</b> .....	<b>35</b>
3.1	SELEÇÃO DA CORREIA .....	36
3.2	CÁLCULO DA VELOCIDADE MÍNIMA DA CORREIA .....	37
<b>3.2.1</b>	<b>Área do trapézio (Ab)</b> .....	<b>39</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Área Superior (As)</b> .....	<b>40</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Área Total (At)</b> .....	<b>40</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Velocidade mínima da correia</b> .....	<b>40</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Seleção da velocidade da correia</b> .....	<b>41</b>
3.3	SELEÇÃO DOS ROLETES E RESPECTIVAS CARGAS.....	41
3.4	CÁLCULO DA FORÇA EFETIVA NA CORREIA .....	47
<b>3.4.1</b>	<b>Força referente ao atrito da correia com os roletes de carga e impacto (Tcr)...</b> .....	<b>47</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Força referente à flexão da correia movimentando-se sobre os roletes (Tfc)</b>	<b>49</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Força referente à flexão do material movimentando-se sobre os roletes (Tfm)</b> .....	<b>51</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Força referente à elevação do material (Th)</b> .....	<b>51</b>
<b>3.4.5</b>	<b>Força necessária para girar os tambores no transportador (Tp).....</b>	<b>51</b>
<b>3.4.6</b>	<b>Força devido aos componentes do transportador (Tc).....</b>	<b>52</b>
3.4.6.1	Força referente aos limpadores de correia (Tlc).....	52
3.4.6.2	Força devido aos raspadores (Trp) .....	53
3.4.6.3	Força devido ao atrito causado pela guia de material (Tgm) .....	53
3.5	AVALIAÇÃO DA DEFLEXÃO DA CORREIA ENTRE OS ROLETES (SAG)	54
3.6	FORÇA MÁXIMA E MÍNIMA NA CORREIA (T1 E T2) E VERIFICAÇÃO DA CARGA NOS ROLETES.....	54
3.7	CÁLCULO DA POTÊNCIA DO MOTOR .....	57
3.8	SELEÇÃO DA CORREIA .....	58
3.9	SELEÇÃO DO DIÂMETRO DOS TAMBORES .....	59
3.10	SELEÇÃO DO MOTORREDUTOR .....	59
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>62</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os transportadores de correias começaram a ser utilizados a partir da segunda metade do século XVIII, na Inglaterra. Eram empregados no transporte de sacos de grãos e eram movidos a vapor (CALIJORNE,2016).

Com o desenvolvimento da tecnologia foi possível aprimorar a capacidade de transporte, assim como ampliar as aplicações dos transportadores de correia. Em 1891, transportadores com correias de borrachas foram empregados por Thomas Edson para transportar materiais a granel pesados nos Estados Unidos, em sua mina de ferro em Ogdensburg, Nova Jérsei, utilizando a correia com cobertura de borracha para suportar o desgaste devido ao minério de ferro e roletes com rolos triplos para suportar a carga. Esse foi o legado deixado como base para os projetos modernos de transportadores de correia (CEMA,2005).

Nos dias de hoje os transportadores de correia são o principal meio de transporte utilizado pelas mais diversas áreas nas indústrias, devido ao seu baixo custo e a sua versatilidade. O transportador de correia é um equipamento que se destaca no transporte de materiais a granel devido à sua segurança de operação, confiabilidade, e elevada capacidade de transporte (CALIJORNE,2016).

## 1.1 OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é levar conhecimento ao leitor sobre o que é um transportador de correia, quais são seus principais componentes, como é seu funcionamento e, por fim, mostrar como é feito o dimensionamento básico de um transportador de correia.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO

A seguir será mostrado brevemente os tipos mais utilizados de transportadores de correias e as características que os diferem. Posteriormente serão apresentados os componentes básicos que compõe um transportador de correia para seu correto funcionamento.

### 2.1 TIPOS DE TRANSPORTADORES DE CORREIA

Existem diferentes tipos de transportadores de correia, sendo que para escolher o melhor tipo para cada aplicação deve-se fazer um estudo técnico e econômico da situação.

De acordo com a norma NBR 6177, publicada em 2016, existem 8 modelos básicos de transportadores de correia.

- Transportador de correia portátil: Com dimensões reduzidas e de fácil locomoção, na maioria das vezes montado sobre rodas;
- Transportador de correia móvel: Alimenta diversos pontos, é montado sobre rodas e possui movimento de translação;
- Transportador de correia radial: Possui a parte dianteira sobre rodas e sua parte traseira pivotada, por essa característica consegue alimentar vários pontos e empilhar o material;
- Transportador de correia reversível: Esse tipo de transportador consegue operar em dois sentidos, invertendo o sentido de movimento da correia;
- Transportador de correia de dupla via: Possui a capacidade de transportar material do lado do carregamento e do retorno, individualmente ou simultaneamente;
- Transportador de correia sobre cabos: O transportador não possui uma estrutura rígida, é composto de roletes que são fixados em cabos de aço, normalmente são utilizados onde o terreno não é regular e necessita-se de um constante aumento do transportador, como em minas de extração;
- Transportador de correia tubular: O transportador permite um transporte fechado dos materiais, devido a correia que é fechada em formato tubular através da disposição dos rolos. No carregamento e na descarga a correia se abre automaticamente para exercer sua função de transferir o material adiante;
- Transportador de correia de alta inclinação: Transportador que possui elementos especiais que permitem o transporte de material em altas inclinações, muito superiores aos transportadores normais;

## 2.2 COMPONENTES DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA

O transportador de correia possui diversos elementos, tais como equipamentos hidráulicos, pneumáticos, mecânicos e elétricos, os quais cada um tem sua importância e função para o correto funcionamento do equipamento.

### 2.2.1 Correia

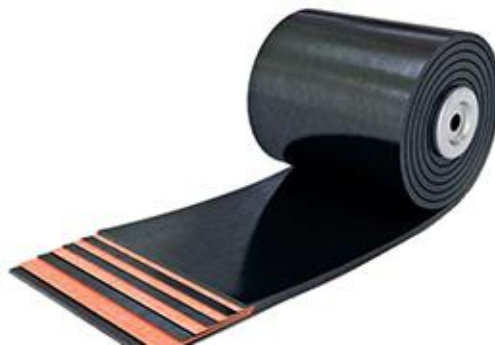
A correia mostrada na Figura 1 é o principal elemento do transportador, pois é o componente que está em contato direto com o material a ser transportado. Também possui um alto custo, já que necessita suportar tensões, flexões e ser de alta resistência na maioria das aplicações (ELETROBRAS, 2009).

Para escolha da correia alguns fatores devem ser levados em consideração, tais como característica do material a ser transportado, condição de serviço, tipos de roletes, largura da correia, tensões aplicadas na correia e temperatura de trabalho (ELETROBRAS, 2009).

As correias transportadoras são compostas basicamente por carcaças, coberturas inferior e superior. A cobertura é feita de borracha vulcanizada e têm a função de proteger a carcaça contra danos que venham a ocorrer pelo material transportado ou pelas condições ambientais de trabalho. A carcaça deve suportar toda a tensão e carga aplicada na correia, como as tensões de partida e parada, que é onde ocorrem as maiores tensões, assim como resistir ao impacto causado pela queda do material durante a alimentação da correia transportadora. (MERCÚRIO, 2015).

As carcaças são normalmente fabricadas com fibras têxteis (lonas), mas em casos de mais severidade de transporte podem ser construídas com cabos de aço.

Figura 1 – Correia transportadora.

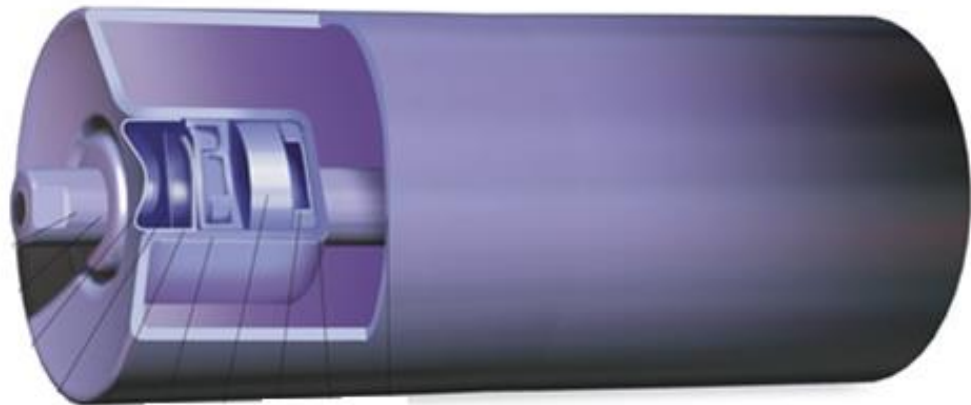


Fonte: Correias playtex (2016).

## 2.3 TAMBORES

O tambor (Figura 2) é normalmente construído em aço, composto de um eixo, no qual será fixado ao transportador por meio de mancais. Sua principal função é causar o tracionamento da correia. A estrutura do tambor é composta por discos laterais e centrais, cubos, elementos para transmissão de torque, eixo, mancais e revestimento (FAÇO, 1996).

Figura 2 – Tambor e seus componentes.



Fonte: Usimek, (2015)

### 2.3.1 Tambor motriz

O tambor motriz (Figura 3) possui esta denominação, pois seu eixo está ligado ao acionamento (motor – redutor), recebendo o torque e transmitindo para correia transportadora.

Normalmente esses tambores são ranhurados e revestidos com cerâmicas ou outros materiais, afim de se obter um maior coeficiente de atrito e também evitar o escorregamento da correia (FAÇO, 1996).

Figura 3 – Conjunto tambor acionamento, que recebe o torque do motor através do eixo



Fonte: Grupo pampeiro (2012)

### 2.3.2 Tambor movido

Os tambores movidos (Figura 4) não exercem torque como o tambor motriz e possuem diversas funções no transportador, tais como desvios, dobras, esticamento e encosto. O revestimento desses tambores é normalmente de borracha para maior aderência com a correia (FAÇO, 1996).

Figura 4 – Tambor de retorno, atua no lado oposto ao de acionamento.



Fonte: Rubber camp (2017)

## 2.4 ROLETES

A denominação rolete é dado ao conjunto rolo mais cavalete (suporte metálico onde os rolos são apoiados). A principal função dos roletes é a de suportar e guiar a correia. Os rolos são cilindros que possuem um eixo e rolamentos que podem girar em torno do seu próprio eixo, fazendo assim com que a correia seja deslocada sobre eles (GAVI, 2009).

### 2.4.1 Roletes de carga

São localizados na parte superior do transportador e são responsáveis por guiar e suportar o material transportado pela correia (GAVI, 2009). Os roletes de carga podem ser classificados como: horizontal (Figura 5) ou inclinado (Figura 6). Os roletes inclinados são os mais comuns hoje em dia, pois com a sua utilização consegue-se um maior volume de material a ser transportado. Os inclinados podem conter três ou cinco rolos, sendo os mais comuns de três rolos. Estes são divididos em um rolo central (horizontal) e dois rolos laterais inclinados, normalmente inclinados em 25°, 30° ou 45°.

Figura 5 - Rolete de carga simples.



Fonte: Makisiwa (2016)

Figura 6 - Rolete de carga triplo.



Fonte: Mining Komatsu (2014)

#### 2.4.2 Roletes de impacto

Os roletes de impacto mostrados na Figura 7, são localizados na região de descarga do material sobre o transportador e suportam o impacto da queda de material durante alimentação. Eles podem ser planos ou inclinados e são compostos de cilindros de aço revestidos com borracha para absorver o impacto e assim proteger a correia (GAVI, 2009).

Figura 7 – Rolete de impacto triplo.



Fonte: Logis market, (2012)

### 2.4.3 Roletes de retorno

Os roletes de retorno (Figura 8) sustentam a correia e podem ser de configuração plana, duplo em V e em catenária (NBR 6177, 2016). Os roletes em V são compostos por 2 rolos que possuem uma angulação de  $10^\circ$  com a horizontal, estão sendo mais empregados atualmente, pois ajudam a manter o alinhamento na correia durante o retorno da mesma.

Figura 8 – Rolete de retorno simples.



Fonte: Imapc, (2016)

### 2.4.4 Roletes de transição

Os roletes de transição mostrado na Figura 9, têm a função de acompanhar gradativamente a curvatura da correia conforme ela se aproxima dos tambores de retorno ou descarga. Eles possuem rolos laterais reguláveis que possibilitam à correia uma mudança de direção sem causar desequilíbrio de tensões (GAVI, 2009).

Figura 9: Rolete de transição.

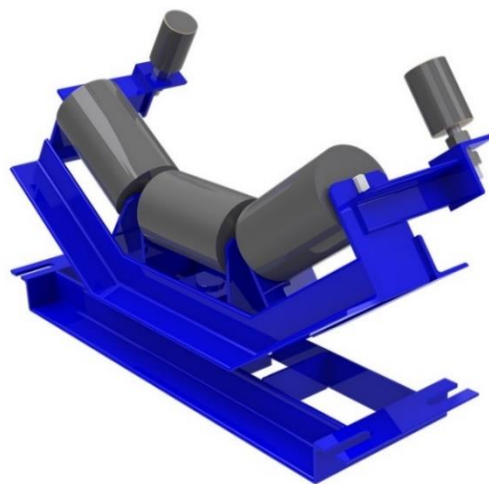


Fonte: Tripartido (2017)

#### 2.4.5 Roletes auto-alinhantes

Sua função é manter o alinhamento da correia. Os roletes podem ser utilizados tanto no lado carregado quanto no retorno. O mecanismo é composto por rolos giratórios que ficam perpendiculares à correia. Quando a correia sofre algum desalinhamento ela automaticamente toca o rolo giratório, fazendo com que uma força seja criada que obriga a correia a voltar para sua posição de trabalho (GAVI, 2009). A Figura 10 mostra como é disposta a configuração do rolete auto-alinhante.

Figura 10: Roletes auto-alinhantes.



Fonte: Imapc (2016)

## 2.5 ESTICAMENTO

O esticamento tem como objetivo manter a correia esticada (tensionada) todo o tempo, afim de não causar problemas como escorregamento no tambor motriz, desalinhamento da correia, vazamento do material, etc. (FAÇO, 1996).

### 2.5.1 Esticador por parafuso

O esticador por parafuso (Figura 11) funciona através de um sistema no qual os mancais que estão conectados aos tambores são posicionados em um trilho que permite o seu deslocamento, através de parafusos presos nos mancais faz-se o tensionamento da correia feito com o rosqueamento de porcas (FAÇO, 1996).

Esse tipo que esticamento é mais frequente em transportadores de pequeno porte pois a tensão necessária na correia é menor, ou seja, esse sistema não consegue gerar grande tensões (FAÇO, 1996).

Figura 11 – Esticador de correia por parafuso.



Fonte: Componente (2015)

### 2.5.2 Esticador por gravidade vertical

O esticamento por gravidade vertical (Figura 12) é uns dos mais utilizados. Ele funciona através de um contrapeso que é preso aos mancais de um tambor por onde a correia passa, gerando assim uma força vertical que a mantém esticada. Esse contrapeso pode ser instalado perto dos tambores principais ou em qualquer ponto que for melhor para o projeto (FAÇO, 1996).

Figura 12 – Esticador por gravidade vertical.

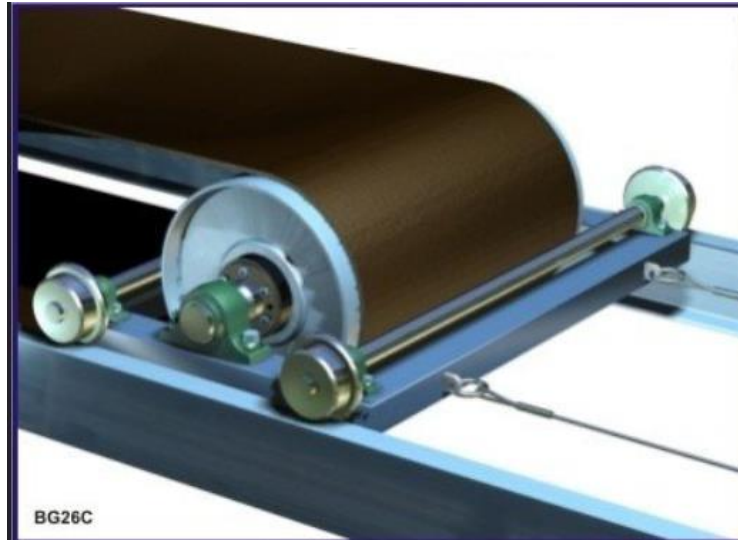


Fonte: Fbc maquinas ( 2016)

### 2.5.3 Esticador por gravidade horizontal

Esse tipo de esticamento é utilizado quando não se tem altura suficiente para usar o esticamento vertical. O princípio é o mesmo que o do vertical, porém nesse caso os mancais do tambor de retorno são presos a um mecanismo móvel que possui roldanas e cabos de aço que são ligadas ao contrapeso, como mostra a Figura 13, gerando a tensão necessária para o esticamento (FAÇO, 1996).

Figura 13 – Esticador por gravidade horizontal



Fonte: Ckit (2012)

## 2.6 CONJUNTO DE ACIONAMENTO

Normalmente o conjunto de acionamento é constituído por motor, redutor e acoplamentos como mostra a Figura 14. Em casos especiais pode-se conter contra recuo, freio, inversor de frequência e volante de inércia. O acionamento é o que irá gerar o torque necessário para girar o tambor motriz e assim promover a movimentação do transportador e controlar a velocidade da correia (FAÇO, 1996).

Figura 14 – Conjunto de acionamento



Fonte: Ebah (2016)

### 2.6.1 Motor

Responsável por gerar o torque necessário para girar o tambor motriz e, conseqüentemente, mover a correia.

O motor elétrico mostrado na Figura 15, é um dos mais utilizados devido ao baixo custo, facilidade de instalação e limpeza e se adapta com facilidade às mudanças de carga na correia, sendo normalmente trifásico e do tipo rotor de gaiola (ELETROBRAS, 2009).

Figura 15 – Motor Elétrico



Fonte: Ferramentas gerais (2017)

### 2.6.2 Redutor

A Figura 16 mostra um redutor que é um componente imprescindível, feito de caixa fundida ou soldada que possui um trem de engrenagens internamente, que irá fazer com que a rotação de saída do motor seja reduzida através dessas engrenagens e conseqüentemente ocorrerá um aumento do torque, de extrema importância para conseguir vencer o atrito de todos os componentes. Os modelos de redutores mais utilizados são os de eixos paralelos, Shaft-Mounted (até 50 HP) e os redutores de eixos ortogonais (quando se possui um espaço reduzido) (ELETROBRAS, 2009).

Figura 16 – Redutor



Fonte: Made in china (2018)

### 2.6.3 Acoplamentos

Os acoplamentos são elementos de ligação entre o eixo de motores, redutores e tambores. O acoplamento flexível mostrado na Figura 17, tem a função de conter pequenos desalinhamentos angulares entre os eixos e amortecer vibrações, assim protegendo o sistema contra uma sobrecarga.

Existe também o acoplamento hidrodinâmico. Este tipo de acoplamento transmite um torque crescente até se atingir o torque máximo, evitando rasgos na correia devido a alta tensão que seria aplicada diretamente (FAÇO, 1996).

Figura 17 – Acoplamento flexível



Fonte: Antares acoplamentos (2016)

#### 2.6.4 Freios

Os freios são importantes para parar o tambor motriz e evitar acúmulo de material durante seu desligamento. São utilizados em transportadores em declive para não se perder o controle da velocidade da correia. É utilizado também em transportadores sequenciais, onde o freio tem o objetivo de se evitar acúmulo de material em chutes de descargas e moegas, evitando os entupimentos de ambos (FAÇO, 1996). Na Figura 18 é mostrado um sistema de freio a disco hidráulico utilizado em esteiras transportadoras de grande porte.

Figura 18 – Freio a disco



Fonte: Made in china (2018)

#### 2.6.5 Contra recuo

O contra recuo é utilizado principalmente em transportadores inclinados, sua função é evitar o retorno da correia carregada quando o motor é desligado, assim evitando o entupimento de chutes e possíveis danos estruturais ao transportador (MERCÚRIO, 2015). A Figura 19 mostra um sistema de contra recuo em corte.

Figura 19 – Contra recuo

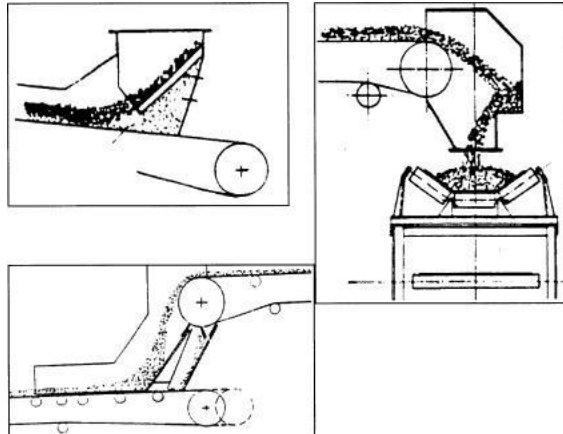


Fonte: Acoplamento fácil (2016)

## 2.7 DISPOSITIVO DE CARREGAMENTO E DESCARREGAMENTO (CHUTE)

Com a diferente gama de materiais que podem ser transportados e com suas diferentes características (abrasividade e granulometria), não é somente o material da correia que deve ser escolhido corretamente, mas também a forma que o material é descarregado na mesma. Os chutes são equipamentos que atuam no descarregamento de material, tendo como função principal diminuir a velocidade e o impacto sobre a correia, aumentando sua vida útil (ELETROBRAS, 2009). A Figura 20 mostra um esquema de diferentes tipos de chutes, o primeiro tipo é um chute externo ao transportador que alimenta a correia transportadora, já o segundo tipo de chute é utilizado na saída do próprio equipamento para alimentar outro transportador de correia.

Figura 20 – Chute de descarga



Fonte: Ebah (2016)

## 2.8 GUIA DE MATERIAL

A guia de material mostrada na Figura 21, tem a função de evitar o derramamento do material, pois a partir do momento que o material cai na correia ele possui uma velocidade diferente dela, então até as velocidades se igualarem, a guia de material deve estar presente até aquela seção do transportador. Ela é composta por placas de aço verticais e borracha onde está em contato com a correia.

Figura 21 – Guia de material



Fonte: Raengcom (2012)

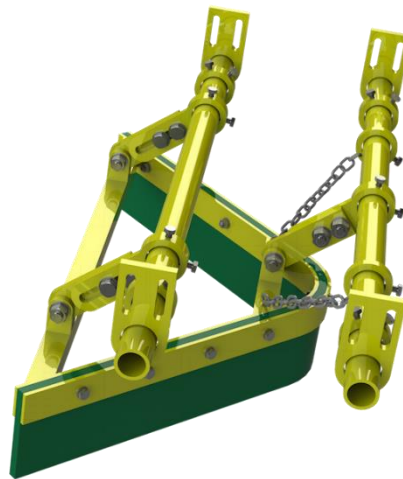
## 2.9 DISPOSITIVOS PARA LIMPEZA

Os dispositivos de limpeza são de extrema importância, pois se houver algum material preso na superfície da correia estes podem causar danos aos rolos e tambores que estão sempre em contato com a correia. Então é imprescindível que o transportador possua elementos que mantenham a correia limpa durante o percurso (ELETROBRAS,2009).

### 2.9.1 Limpador

O limpador (Figura 22) tem a função de limpar o lado não carregado da correia. Ele é importante pois o material carregado pode cair na parte não carregada, e ser levado até os tambores motriz ou de retorno, assim danificando os mesmos e também podendo rasgar a correia (ELETROBRAS,2009).

Figura 22 – Limpador em V



Fonte: Mineratec (2015)

### 2.9.2 Raspador

Os raspadores são posicionados normalmente na saída do tambor de retorno e limpam a correia por contato. São constituídos de aço com uma ponta de borracha, que é mantida sempre pressionada contra a correia seja por meio de um contrapeso ou molas, como mostra a Figura 23 (MERCÚRIO, 2015).

Figura 23 – Raspador de correia

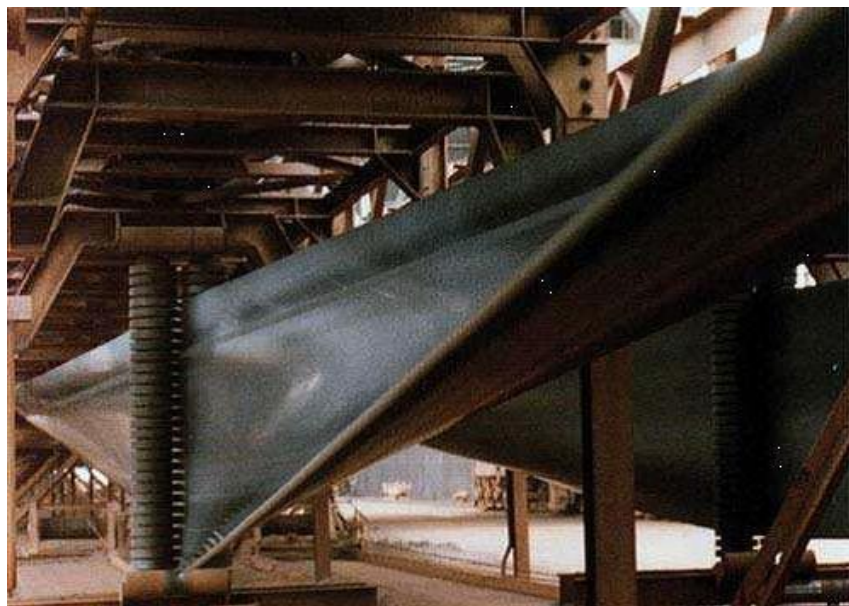


Fonte: Jw service (2014)

### 2.9.3 Virador de Correia

O virador de correia (Figura 24) é um sistema que faz com que a correia seja invertida logo após a saída do tambor de acionamento através de tambores verticais, evitando o desgaste dos rolos de retorno e mantendo a correia limpa ao longo do transportador (MERCÚRIO, 2015).

Figura 24 – Virador de correia



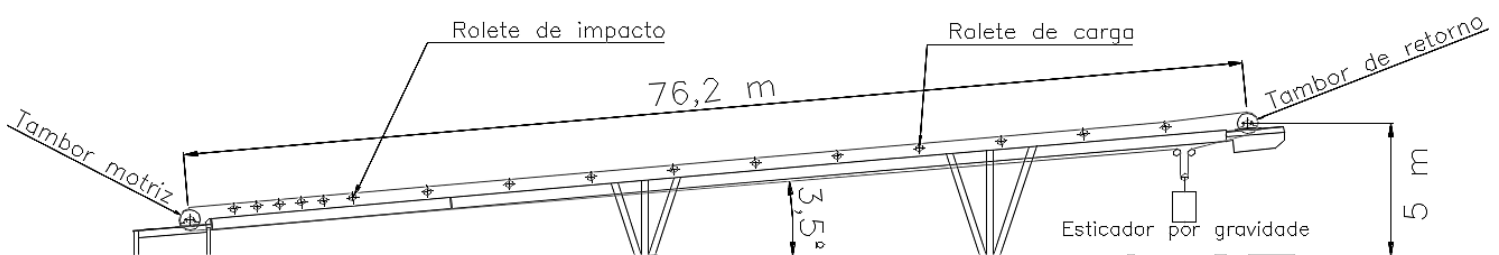
Fonte: LinkedIn, (2011)

### 3 DIMENSIONAMENTO DO TRANSPORTADOR DE CORREIA

Neste capítulo irá ser mostrado o dimensionamento do transportador de correia através de cálculos básicos de acordo com a metodologia do livro americano Belt conveyor for bulk materials (2012). Serão abordados tópicos como seleção da correia, seleção dos roletes, cálculo da carga aplicada nos roletes, cálculo da velocidade máxima e mínima da correia, cálculo da força efetiva na correia, verificação da deflexão da correia, cálculo da força máxima e mínima na correia, seleção do diâmetro dos tambores, cálculo da potência do motor e através de catálogos serão feitas a seleção da correia e a seleção do moto redutor.

A Figura 25 representa um layout básico do transportador de correia que será dimensionado para uma indústria de britagem.

Figura 25 – Layout básico do transportador



Fonte: Produção do próprio autor (2018)

O transportador de correia possui as seguintes características:

- Comprimento: 76.2 [m] = 250 [ft]
- Capacidade de transporte: 50 [ton/h] = 30,61 [lbs/s]
- Elevação: 5 [m] = 16,40 [ft]
- Inclinação: 3.5°
- Esticamento: Gravidade vertical
- Regime de Trabalho: 24 h/dia – 365 dias/ano

O material a ser transportado será pedra britada 3 e possui as seguintes características:

- Densidade: 2.100 [kg/m<sup>3</sup>] = 130 [lbf/ft<sup>3</sup>]

- Granulometria Máxima: 50 [mm] = 1,97 [in]
- Ângulo de Acomodação: 20°

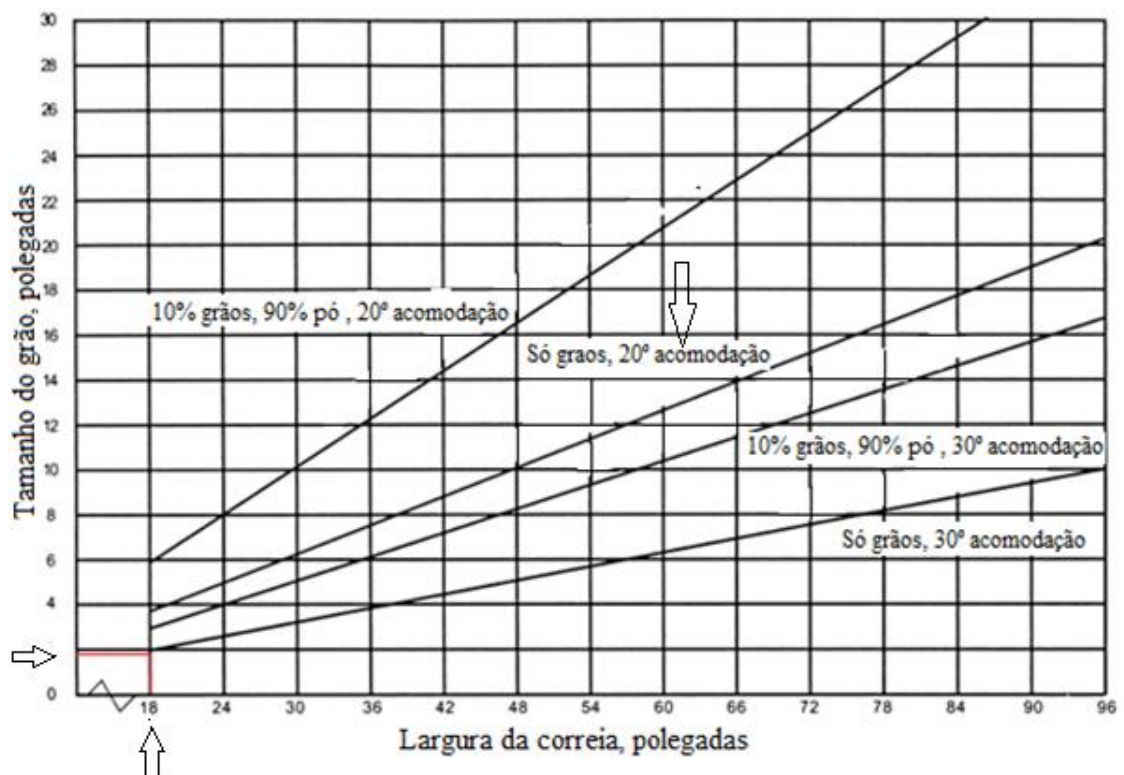
Inclinação dos roletes:

- Roletes de carga triplo com inclinação de 35°
- Roletes de retorno simples.

### 3.1 SELEÇÃO DA CORREIA

Nesta etapa irá ser determinado qual a largura da correia ideal de acordo com os parâmetros do material, que são a granulometria e o ângulo de acomodação.

Figura 26: Gráfico para determinar melhor largura correia de acordo com as características do material.



Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

De acordo com Figura 26, definimos a largura da correia que será de 18 polegadas.

### 3.2 CÁLCULO DA VELOCIDADE MÍNIMA DA CORREIA

Um transportador de correia possui uma velocidade mínima para que ele possa funcionar sem problemas, caso o transportador opere a uma velocidade menor que a mínima irá ocorrer vazamento de material. Velocidades maiores que a mínima não representam problemas até certo ponto, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Velocidade máxima recomendada em função da largura da correia e tipo de material.

<b>Material a ser transportado</b>	<b>Velocidade (ft/m)</b>	<b>Largura correia (in)</b>
Grão ou outro material não abrasivo	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
carvão, argila de despejo, minérios moles, pedra fina	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-95
Pesado, duro, minério com borda afiada, pedra britada	350	18
	500	24-36
	600	Over 36

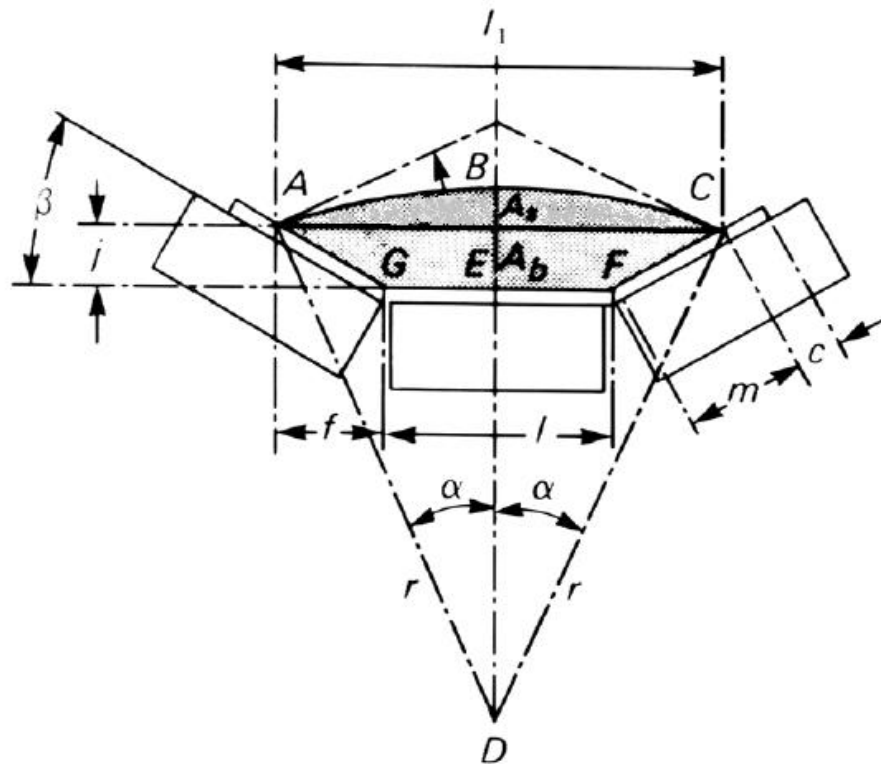
Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

De acordo com a Tabela 1, obtém-se que para materiais pesados, cortantes e pontiagudos e uma correia de 18 polegadas a velocidade máxima recomenda é de 350 [ft/m] ou 1,77 [m/s].

Com a velocidade máxima já determinada, agora deve-se determinar qual a velocidade mínima requerida da correia. A correia possui uma área de seção transversal quando está preenchida pelo material (Figura 27). Sendo que esta área preenchida é composta pela área do trapézio ( $A_b$ ) mais a área superior ( $A_s$ ). A área total da seção transversal preenchida será denominada área total ( $A_t$ ), que é a soma das duas áreas ( $A_b$  e  $A_s$ ).

Com a área total determinada, pode-se determinar a velocidade mínima da correia através de uma relação da densidade da pedra britada e da capacidade do transportador.

Figura 27 - Seção transversal da correia carregada.



Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

$\alpha$  – ângulo de acomodação do material

$\beta$  – ângulo dos rolos laterais

$A_s$  – área superior do semicírculo

$A_b$  – área do trapézio

$l$  – comprimento da base menor do trapézio

$l_1$  – comprimento da base maior do trapézio

$j$  – altura do trapézio

$m$  – comprimento do lado inclinado do trapézio

$r$  – raio do arco de acomodação

$f$  – projeção horizontal do lado inclinado do trapézio

$c$  – distância entre a extremidade da correia e o material

$b$  – largura da correia

### 3.2.1 Área do trapézio (Ab)

Para o cálculo da área do trapézio serão utilizadas as seguintes equações:

$$Ab = \left(\frac{l+l1}{2}\right) * j \quad (1)$$

$$c = 0,055 * b + 0,9 \quad (2)$$

$$l = 0,371 * b + 0,25 \quad (3)$$

$$b = l + 2 * m + 2 * c \quad (4)$$

$$l1 = l + 2 * f \quad (5)$$

$$f = m * \cos\beta \quad (6)$$

$$j = m * \sin\beta \quad (7)$$

Com o valor da largura da correia  $b = 18''$ , substituindo-se nas equações (2) e (3), obtém-se os valores de  $c$  e  $l$ .

$$c = 1,89 \text{ in}$$

$$l = 6,93 \text{ in}$$

Agora pode-se determinar o valor de  $m$  substituindo os valores de  $b$ ,  $c$  e  $l$  na equação (4).

$$m = 3,64 \text{ in}$$

Com o valor de  $m$ , deve-se substituir seu valor nas equações (6) e (7), encontrando  $f$  e  $j$ .

$$f = 2,98 \text{ in}$$

$$j = 2,08 \text{ in}$$

Substituindo  $l$  e  $f$  na equação (5), encontra-se  $l1$ .

$$l1 = 12,89 \text{ in}$$

Agora pode-se calcular a área do trapézio (Ab) através da equação (1).

$$A_b = 22,00 \text{ in}^2$$

### 3.2.2 Área superior ( $A_s$ )

$$A_s = \text{Área do setor circular} - \text{Área do triângulo}$$

$$A_s = \frac{\pi * r * \alpha}{180} - \frac{r * \sin 2\alpha}{2} \quad (8)$$

$$r = \frac{l_1}{2 \sin \alpha} = \frac{12,89}{2 \sin 20} = 18,85 \text{ in} \quad (9)$$

Com o valor do raio do arco de acomodação encontrado, substitui-se na equação (8) encontrando o valor da área superior.

$$A_s = 9,80 \text{ in}^2$$

### 3.2.3 Área total ( $A_t$ )

Como já foi dito, a área total é a soma das áreas parciais ( $A_b$  e  $A_s$ ).

$$A_t = A_b + A_s = 20,61 + 9,80 = 32,00 \text{ in}^2$$

É necessário transformar a área total para pé quadrado pois a equação (9) exige essa unidade.

$$A_t = 0,22 \text{ ft}^2$$

### 3.2.4 Velocidade mínima da correia

$$v = \frac{Q}{\rho * A_t} \quad (9)$$

$v$  – velocidade mínima da correia [ft/s]

$Q$  – capacidade do transportador [lb/s]

$A_t$  – área da seção transversal preenchida [ft<sup>2</sup>]

$\rho$  – densidade do material [lbs/ft<sup>3</sup>]

Agora pode-se calcular a velocidade mínima da correia, substituindo os valores na equação (9).

$$v = \frac{30,61}{130 * 0,21} = 1,12 \frac{ft}{s} = 0,35 \frac{m}{s}$$

### 3.2.5 Seleção da velocidade da correia

Com os limites de velocidades definidos, deve-se escolher qual será a velocidade que irá atuar na correia.

- Velocidade mínima: 0,35 [m/s]
- Velocidade máxima: 1,77 [m/s] (tabela 1)
- Velocidade adotada: 1,00 [m/s] = 196,85 [ft/min] = 3,28 [ft/s]

### 3.3 SELEÇÃO DOS ROLETES E RESPECTIVAS CARGAS

Para a seleção dos rolos é necessário saber qual o tipo de serviço em que o transportador será submetido, condições de trabalho, velocidade da correia e a carga do transportador. De acordo com a Tabela 2, podemos selecionar a categoria que melhor se encaixa em nossas condições.

Tabela 2 – Classificação dos rolos

Classificação	Número da Série	Diâmetro do rolo (in)	Largura da correia (in)		Descrição
B4	II	4"	18"	até 48"	Serviço leve
B5	II	5"	18"	até 48"	
C4	III	4"	18"	60"	Serviço médio
C5	III	5"	18"	até 60"	
C6	IV	6"	24"	60"	Serviço médio
D5	nenhum	5"	24"	até 72"	
D6	nenhum	6"	24"	até 72"	Serviço pesado
E6	V	6"	36"	até 96"	
E7	VI	7"	36"	até 96"	

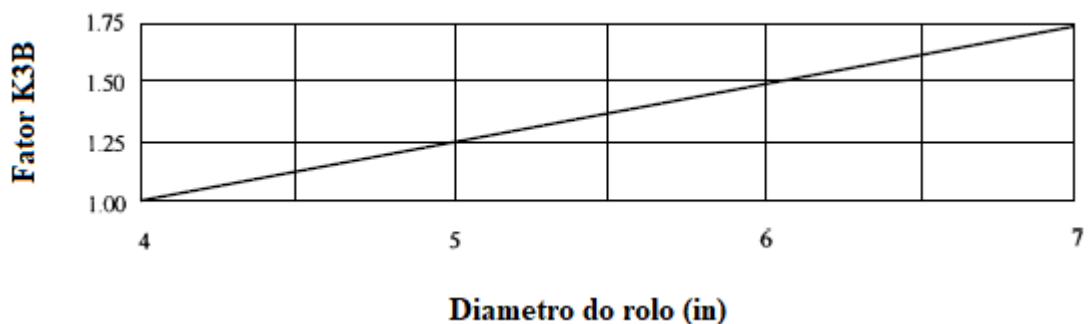
Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

Da Tabela 2, escolhe-se os rolos com classificação B5, para serviço leve com 5" de diâmetro.

Opta-se por um diâmetro maior pois assim a vida útil dos rolamentos L10 irá aumentar, como pode-se ver em uma relação no gráfico da Figura 28.

O fator KB3 representa o efeito percentual sobre a vida útil (L10) do rolamento de acordo com o aumento dos diâmetros dos rolos. O aumento da vida percentual pode ser calculado para cada aumento de diâmetro do rolo.

Figura 28 – relação entre o fator K3B e o diâmetro dos rolos



Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

$$\frac{1.25 \text{ para } 5" \text{ de diâmetro}}{1.00 \text{ para } 4" \text{ de diâmetro}} = 1.25, \text{ ou } 25\% \text{ de aumento na vida L10 dos rolamentos}$$

Agora com os rolos selecionados, deve-se determinar a capacidades de carga máxima para os rolos de carga e de retorno, que serão apresentadas pela Tabela 3.

Tabela 3 – Capacidade de carga rolos série B [lbs]

(Valores estabelecidos em uma vida mínima de 60.000 horas a 500 rpm)

Largura da correia (in)	Ângulo do rolo			Rolo de retorno
	20°	35°	45°	
18	410	410	410	220
24	410	410	410	190
30	410	410	410	165
36	410	410	396	155
42	390	363	351	140
48	380	353	342	130

Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

A capacidade máxima para o rolete de carga é de 410 lbs, equivalente a 4.020,70 N.

A capacidade máxima para o rolete de retorno simples é de 220 lbs, equivalente a 2.157,75 N.

A próxima etapa será determinar os valores das capacidades calculadas.

$$Crc = (Wb + (Wm * K1) * SI) + IML \quad (10)$$

$$Crr = (Wb * SI) + IML \quad (11)$$

Crc – carga aplicada no rolo de carga

Crr – carga aplicada no rolo de retorno

Wb – peso da correia [lbs/ft] (Tabela 4)

O peso da correia é tabelado, entrando com parâmetros de largura da correia e densidade do material, retira-se da Tabela 4 o peso da correia.

Tabela 4 – Peso estimado da correia baseado na largura e em função da densidade do material

Largura da correia (polegadas)	Material carregado , lbf/ft <sup>3</sup>		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4.0	4.5
24	4.5	5.5	6.0
30	6.0	7.0	8.0
36	9.0	10.0	12.0
42	11.0	12.0	14.0
48	14.0	15.0	17.0
54	16.0	17.0	19.0
60	18.0	20.0	22.0
72	21.0	24.0	26.0
84	25.0	30.0	33.0
96	30.0	35.0	38.0

Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

$$Wb = 4,5 \frac{lbs}{ft} = 6,70 \frac{kg}{m}$$

Necessita-se encontrar o valor de K1 que será obtido através da Tabela 5.

K1 – fator de ajuste de acordo com o tamanho do grão

Tabela 5 - Fator K1 de acordo com a granulometria do material

Tamanho do grão (polegadas)	Densidade do material, lbf/ft <sup>3</sup>						
	50	75	100	125	150	175	200
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
6	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
10	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
12	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
14	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
18	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

De acordo com a Tabela 5 temos:

$$K1 = 1,0$$

A Tabela 6 fornecerá o valor do espaçamento dos roletes de carga e roletes de retorno.

SI – espaçamento entre os roletes

Tabela 6 – Espaços entre roletes de carga e retorno [ft]

Largura da correia (polegadas)	Espaçamento do rolo de carga						Rolo de retorno
	Densidade do material , lbf/ft <sup>3</sup>						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	10.0
24	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
30	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
36	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	10.0
42	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
48	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
54	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	10.0
60	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	10.0
72	4.0	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	8.0
84	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.0	8.0
96	3.5	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0	8.0

Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

De acordo com a Tabela 6 temos:

- Espaçamento dos roletes de carga = 4,8 [ft] = 1,5 [m]

- Espaçamento dos roletes de retorno = 10,0 [ft] = 3 [m]

W<sub>m</sub> – peso do material [lbs/ft]

Para o cálculo do peso do material iremos utilizar a equação (12), que é uma função da velocidade da correia e da capacidade do transportador, que já foram determinados antes.

$$Wm = \frac{Q*2000}{60*V} \quad (12)$$

Q – capacidade do transportador [ton/h]

V – velocidade da correia [ft/min]

O valor de  $W_m$  será:

$$W_m = \frac{50 * 2000}{60 * 196,85} = 8,50 \frac{lbs}{ft} = 12,65 \frac{kg}{m}$$

Com todos os parâmetros estabelecidos, podemos calcular a carga nos rolos de carga e de retorno, através das equações (10) e (11).

$$C_{rc} = (4,5 + (8,50 * 1,0) * 4,8) = 45,15 \text{ lbs} = 200,85 \text{ N}$$

$$C_{rr} = (4,50 * 1,0) = 45,00 \text{ lbs} = 200,15 \text{ N}$$

Para fazer a razão entre a carga calculada e a carga tabelada, necessitamos calcular o fator IML que será possível calcular somente após determinar a força efetiva na correia. Com a tensão efetiva calculada iremos calcular a força máxima (T1) que atua na parte carregada da correia e a força mínima que atua no lado não carregado da correia (retorno).

IML – carga de desalinhamento devido a força da correia

$$IML = \frac{T * D}{6 * SI} \quad (13)$$

T- força na correia [lbs]

D- desalinhamento entre centro de rolos [pol]

SI- espaçamento entre rolos [ft]

### 3.4 CÁLCULO DA FORÇA EFETIVA NA CORREIA

$$T_e = T_{cr} + T_{fc} + T_{fm} + T_h + T_p + T_c \quad (14)$$

$T_{cr}$  - Força referente ao atrito da correia com os roletes de carga e impacto

$T_{fc}$  - Força referente à flexão da correia movimentando-se sobre os roletes

$T_{fm}$  - Força referente à flexão do material movimentando-se sobre os roletes

$T_h$  - Força referente à elevação do material no transportador

$T_p$  - Força necessária para girar os tambores no transportador

$T_c$  - Força devido aos componentes do transportador

#### 3.4.1 Força referente ao atrito da correia com os roletes de carga e impacto ( $T_{cr}$ )

$$T_{cr} = L * K_x * K_t \quad (15)$$

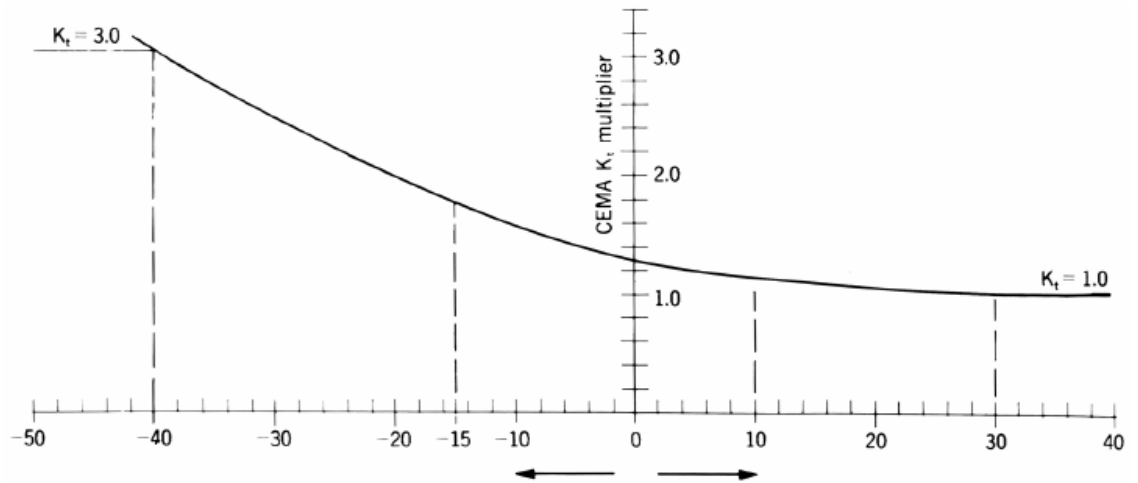
$L$  – comprimento do transportador [ft]

$K_x$ - fator utilizado para calcular a resistência devido ao escorregamento da correia nos roletes

$K_t$  - fator de temperatura

Para o cálculo da força  $T_{cr}$  necessitamos determinar os fatores  $K_x$  e  $K_t$ . O comprimento do transportador é de 76,2 m ou 250 ft. Para a temperatura adota-se uma temperatura média de trabalho de 25°C ou 77 °F, assim, de acordo com a Figura 29, pode-se determinar o fator  $K_t$ .

Figura 29 – Fator  $K_t$  em função da temperatura em Fahrenheit



Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

Com esses parâmetros, obtém-se:

$$K_t = 1$$

O Fator  $K_x$  será determinado através da equação (16).

$$K_x = 0,00068 * (W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i} \quad (16)$$

$A_i$  – força necessária para girar os rolos [lbs]

O valor da força necessária para girar os rolos é tabelado para os rolos padrão CEMA.

$A_i = 1,5$  para rolos de 6" de diâmetro, Série CEMA C6, D6

$A_i = 1,8$  para rolos de 5" de diâmetro, Série CEMA B5, C5, D5

$A_i = 2,3$  para rolos de 4" de diâmetro, Série CEMA B4, C4

$A_i = 2,4$  para rolos de 7" de diâmetro, Série CEMA E7

$A_i = 2,8$  para rolos de 6" de diâmetro, Série CEMA E6

Deste modo, estabelecemos o valor de  $A_i$ .

$$A_i = 1,8.$$

Aplicando os valores obtidos na equação (16), obtemos:

$$Kx = 0,00068 * (8,50 + 4,5) + \frac{1,8}{4,8} = 0,38 \frac{lbs}{ft}$$

Agora pode-se calcular a força  $T_{cr}$  pela equação (15).

$$T_{cr} = 250 * 1,0 * 0,38 = 95,00 \text{ lbs} = 422.66 \text{ N}$$

### 3.4.2 Força referente à flexão da correia movimentando-se sobre os roletes ( $T_{fc}$ )

$$T_{fc} = T_{yc} + T_{yr}$$

$T_{yc}$  – Força para os roletes de carga

$$T_{yc} = L * K_y * W_b * K_t$$

$T_{yr}$  – Força para roletes de retorno

$$T_{yr} = L * 0,015 * W_b * K_t$$

Resultando em:

$$T_{fc} = L * W_b * K_t * (K_y + 0,015) \quad (17)$$

O único parâmetro a ser encontrado para resolver a equação (17) é o fator  $K_y$ , que pode ser determinado pela Tabela 7.

$K_y$  - Fator para Calcular a Força de Flexão de Correia e Carga sobre os rolos

Tabela 7 – Fator Ky em função peso da correia e material, inclinação do transportador e comprimento

Comprimento do Transportador (ft)	Wb + Wm (lbs/ft)	Inclinação percentual						
		0	3	6	9	12	24	33
		Inclinação em graus						
		0	2	3.5	5	7	14	18
1000	50	0.031	0.028	0.026	0.024	0.023	0.019	0.016
	75	0.030	0.027	0.024	0.022	0.019	0.016	0.016
	100	0.030	0.026	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016
	150	0.033	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.032	0.023	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.033	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.033	0.021	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018

Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

De acordo com a Tabela 7, obtém-se:

$$K_y = 0,026$$

O valor de Ky encontrado será utilizado como referência na Tabela 8, já que a Tabela 7 não possui os valores dos parâmetros (comprimento; Peso do material + peso da correia) do transportador que está sendo analisado. O valor de Ky será encontrado através de interpolação pela Tabela 8.

Tabela 8 – Valor de Ky corrigido para diferentes parâmetros de comprimento e carga na correia.

Wb + Wm (lbs/ft)	Si (ft)	Valor de referência de Ky para interpolação									
		0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
Menos que 50	3.0	0.0160	0.0160	0.0160	0.0168	0.0183	0.0197	0.0212	0.0227	0.0242	0.0257
	3.5	0.0160	0.0160	0.0169	0.0189	0.0207	0.0224	0.0241	0.0257	0.0274	0.0291
	4.0	0.0160	0.0165	0.0182	0.0204	0.0223	0.0241	0.0259	0.0278	0.0297	0.0316
	4.5	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	5.0	0.0174	0.0195	0.0213	0.0236	0.0254	0.0273	0.0291	0.0311	0.0329	0.0348

Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

De acordo com a Tabela 8, obtém-se:

$$K_y = 0,265$$

Com todos os valores obtidos podemos calcular  $T_{fc}$  através da equação (17).

$$T_{fc} = 250 * 4,5 * 1,0 * (0,0265 + 0,015) = 46,70 \text{ lbs} = 207,70 \text{ N}$$

### 3.4.3 Força referente à flexão do material movimentando-se sobre os roletes ( $T_{fm}$ )

$$T_{fm} = L * K_y * W_m \quad (18)$$

Como todos os valores para a equação (18) já foram determinados, obtém-se:

$$T_{fm} = 250 * 0,265 * 8,50 = 56,32 \text{ lbs} = 250,56 \text{ N}$$

### 3.4.4 Força referente à elevação do material ( $T_h$ )

$$T_h = H * W_m \quad (19)$$

H – Altura que o material é elevado

Com os valores já determinados, substitui-se na equação (19):

$$T_h = 16,40 * 8,50 = 139,4 \text{ lbs} = 620,07 \text{ N}$$

### 3.4.5 Força necessária para girar os tambores no transportador ( $T_t$ )

Para girar a correia sobre os tambores é necessário que se atinja uma certa força e ela pode variar de acordo com o ângulo de abraçamento da correia com o tambor e dependendo da localização (lado carregado ou retorno).

Tabela 9 – Força necessária para girar os tambores

Localização do tambor	Ângulo de abraçamento da correia	Força aplicada na correia
Tambor motriz	150° até 240°	200 lbs/tambor
Tambor retorno	150° até 240°	150 lbs/tambor
Outros	menos que 150°	100 lbs/tambor

Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

O transportador possui um tambor de retorno, um tambor de acionamento e esticamento e 2 tambores de desvio, sendo assim:

$$Tt = 1 * 150 + 2 * 200 + 2 * 100 = 750 \text{ lbs} = 3.334,25 \text{ N}$$

### 3.4.6 Força devido aos componentes do transportador ( $T_c$ )

$$T_c = T_{gm} + T_{lc} + T_{rp} \quad (20)$$

#### 3.4.6.1 Força referente aos limpadores de correia ( $T_{lc}$ )

De acordo com a Tabela 10 temos o valor da força necessária para vencer o atrito dos limpadores.

Tabela 10 – Força requerida para vencer o atrito dos limpadores de correia [lbs/pol de largura de correia]

Tipo do limpador	Força aplicada na correia por limpador (lbs/in por largura da correia)
Limpador em V completo, removendo todo material da correia	5.0
Limpador em V parcial, removendo parte do material da correia	3.0

Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

O transportador possui 1 limpador em V, portanto:

$$Tlc = (5 * 18) = 90 \text{ lbs} = 400,30 \text{ N}$$

#### 3.4.6.2 Força devido aos raspadores ( $T_{rp}$ )

O transportador em questão possui 1 raspador e, de acordo com a norma CEMA, para cada raspador deve-se considerar 5 [lbs/ft de largura de correia], portanto:

$$T_{rp} = (5 * 90) = 90 \text{ lbs} = 400,20 \text{ N}$$

#### 3.4.6.3 Força devido ao atrito causado pela guia de material ( $T_{gm}$ )

$$T_{gm} = Lb * (Cs * hs^2 + 6) \quad (21)$$

$Lb$  – comprimento da guia de material [ft]

$hs$  – altura do material em contato com a guia [ft]

$Cs$  – Fator de atrito da guia de acordo com o material transportado

Comprimento da guia de material: 10 m = 32,80 ft / Altura da guia: 0,2 m = 7,87 in

Tabela 11 – Fator de atrito da guia com diferentes materiais

Material	Fator $Cs$
Cimento	0,1228

Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

De acordo com a Tabela 11, temos:

$$Cs = 0,1228$$

Agora pode-se calcular  $T_{gm}$ , substituindo os valores na equação (21).

$$T_{gm} = 32,80 * (0,1228 * 7,87^2 + 6) = 446,3 \text{ lbs} = 1.985,25 \text{ N}$$

Com todos valores da equação (20) obtidos, agora podemos calcular a força na correia devido aos componentes do transportador.

$$T_c = 446,3 + 90 + 90 = 626,3 \text{ lbs} = 2.786,05 \text{ N}$$

Com todas as etapas de cálculos realizadas, podemos voltar a equação 14 e estabelecer qual a força efetiva na correia.

$$T_e = 95 + 46,7 + 56,32 + 750 + 626,3 = 1574,3 \text{ lbs} = 7.002,89 \text{ N}$$

### 3.5 AVALIAÇÃO DA DEFLEXÃO DA CORREIA ENTRE OS ROLETES

É muito importante em um transportador que a deflexão da correia não seja maior que 2% do valor do espaçamento (SI), caso contrário irá ocorrer derramamento de material.

$$y = \frac{si^2(Wb+Wm)}{8*Te} \quad (22)$$

Com todos os valores já estabelecidos, basta substituir na equação (22).

$$y = \frac{4,8^2(8,50+4,5)}{8*1574,3} = 0,0237 \text{ ft} = 0,0073 \text{ m}$$

A flexão da correia está em um valor aceitável, ou seja, menor que o valor de 0,029 m que é 2% do valor do espaçamento (SI).

### 3.6 FORÇA MÁXIMA E MÍNIMA NA CORREIA (T1 E T2) E VERIFICAÇÃO DA CARGA NOS ROLETES

Nesta etapa iremos estabelecer as forças no tambor de acionamento no lado carregado e lado não carregado da correia, para posteriormente recalculer as cargas nos roletes e analisar se a carga máxima permitida não foi ultrapassada.

$$T_2 = C_w * T_e \quad (23)$$

T<sub>2</sub> – Força mínima (retorno)

T<sub>e</sub> – Força efetiva na correia

C<sub>w</sub> – Fator de abraçamento da correia com o tambor

Os parâmetros de escolha para  $C_w$  são: Tambor ranhurado simples, ângulo de abraçamento  $180^\circ$  e esticador por gravidade.

Tabela 12 – Fator de abraçamento de acordo com diferentes combinações de tambor e abraçamento da correia

Tipo de Tambor	$\theta$	Esticamento automático		Esticamento manual	
		Tambor liso	Tambor ranhurado	Tambor liso	Tambor ranhurado
Simple	$180^\circ$	0.84	0.50	1.2	0.8
Simple com tambor auxiliar	$200^\circ$	0.72	0.42	1.0	0.7
	$210^\circ$	0.66	0.38	1.0	0.7
	$220^\circ$	0.62	0.35	0.9	0.6
	$240^\circ$	0.54	0.30	0.8	0.6
Duplo	$380^\circ$	0.23	0.11	0.5	0.3
	$420^\circ$	0.18	0.08	—	—

Fonte: Adaptado do Belt conveyor for bulk materials (2012)

Portanto de acordo com a Tabela 12, temos:

$$C_w = 0,5$$

Substituindo os valores na equação (23), obtém-se:

$$T_2 = 0,5 * 1574,3 = 787,15 \text{ lbs} = 3.501,45 \text{ N}$$

Agora deve-se calcular  $T_2$  novamente por uma outra equação, que usará como base a tensão  $T_0$ , que é a mínima força permitida para uma flexão de correia de 2%. Após o cálculo devemos comparar ambas as forças obtidas e a maior delas é a que será levada em consideração para as próximas etapas de cálculo.

$$T_0 = 6,25 * SI * (Wb + Wm) \quad (24)$$

$$T_2 = T_0 + Th - Tyr \quad (25)$$

$$Tyr = L * 0,015 * Wb * Kt \quad (26)$$

$T_0$  – Força mínima permitida para flexão de 2% da correia

$T_{yr}$  – Força nos roletes de retorno

Substituindo os valores já obtidos na equação 24, temos:

$$T_0 = 6,25 * 4,8 * (8,5 + 4,5) = 390 \text{ lbs} = 1.734,80 \text{ N}$$

Para o cálculo de  $T_{yr}$  iremos utilizar o fator  $K_y$  (item 3.4.2) e a tensão de elevação do material (item 3.4.4) que já foram calculados anteriormente.

$$T_{yr} = 250 * 0,015 * 4,5 * 1,0 = 16,88 \text{ lbs} = 75,05 \text{ N}$$

Com todos valores estabelecidos, iremos substituir na equação 25 obtendo:

$$T_2 = 390 + 139,4 - 16,88 = 512,52 \text{ lbs} = 2.277,39 \text{ N}$$

Utilizaremos o primeiro valor encontrado para  $T_2$ , que foi o maior valor obtido.

$$T_2 = 787,15 \text{ lbs} = 3.501,45 \text{ N}$$

A última etapa será calcular a força  $T_1$  (máxima):

$$T_{max} = T_1 = T_e + T_2 \quad (27)$$

Substituindo os valores encontrados na equação (27), temos:

$$T_{max} = T_1 = 1574,30 + 787,15 = 2361,45 \text{ lbs} = 10.504,25 \text{ N}$$

Como já foram encontradas a força máxima ( $T_1$ ) e a força mínima ( $T_2$ ), agora pode-se continuar o cálculo das cargas nos rolos de carga e de retorno como foi mostrado anteriormente no item 3.3 através das equações (10), (11) e (13).

$$C_{rc} = (W_b + (W_m * K_1) * S_I) + IML \quad (10)$$

$$Crr = (Wb * SI) + IML \quad (11)$$

$$IML = \frac{T * D}{6 * SI} \quad (13)$$

O valor do desalinhamento entre centro de rolos (D) será considerado de 0,25 pol.

Para o cálculo final do Crc será utilizado como base a força máxima (T1) que atua na parte carregada da correia, já para Crr será utilizado a força mínima (T2) que atua no lado não carregado da correia.

$$Crc = (45,15) + \frac{2361,45 * 0,25}{6 * 4,8} = 45,15 + 20,50 = 65,65 \text{ lbs} = 643,80 \text{ N}$$

O rolo de carga selecionado suportará a carga aplicada já que a máxima força (tabelada) permitida é de 4.020 N.

$$Crr = (45) + \frac{787,15 * 0,25}{6 * 10} = 45,00 + 3,28 = 48,28 \text{ lbs} = 473,45 \text{ N}$$

O rolo de retorno selecionado suportará a carga aplicada já que a máxima força (tabelada) permitida é de 2.157,5 N.

### 3.7 CÁLCULO DA POTÊNCIA DO MOTOR

$$P = \frac{Te * v}{33.000} \quad (28)$$

P – Potência para acionar o motor [HP]

Te – Força efetiva na correia [lbs]

v – Velocidade correia [ft/min]

Com todos valores já estabelecidos pode-se calcular a potência necessária para acionar o motor através da equação (28).

$$P = \frac{1574,30 * 196,85}{33.000} = 9,39 \text{ HP} = 7,00 \text{ kW}$$

### 3.8 SELEÇÃO DA CORREIA

A seleção é feita através do catálogo da maxbelt uma indústria especializada em correias transportadoras.

Correia MaxBelt EP 140/2 – 2 Lonas – Cobertura Superior (5 mm); Cobertura Inferior (3 mm)

Cobertura LD – Resistente e durável em aplicações de alta abrasividade a cortes, sulcos, assim como em condições severas de trabalho onde não requerem o tipo HD. Mantém sua flexibilidade a baixas temperaturas. Atende a Norma RMA Grau II. Recomendada para materiais como: areia, pedregulho, carvão, cimento, fosfato, enxofre, sal, cascalho, calcário, talco, cereais em grãos (soja, milho, trigo, etc.), madeira, cal, etc. Temperatura até 65°C.

Após feita a seleção do tipo de correia, obtém-se os dados da tensão admissível por largura de correia e quais são as dimensões mínimas do tambor motriz em função da tensão atuante na correia.

- Força admissível na correia – 28 kN/m de largura
- Diâmetro mínimo do tambor motriz em função da tensão:

Acima de 61% - 16” ou 0,406 m

Entre 31% a 60% - 13” ou 0,330 m

Até 30% - 10” ou 0,254 m

Dados obtidos do catálogo MaxBelt sobre largura mínima para o correto tracionamento da correia e largura máxima da correia em função do material a ser transportado.

- Largura mínima da correia para acamamento – 14” ou 0,355 m
- Largura máxima da correia em função do peso específico do material – 30” ou 0,462 m

Para encontrar a capacidade da correia multiplica-se a tensão admissível pela largura da correia em metros.

$$\text{- Capacidade da correia} = 28 * 0,4572 = 12,80 \text{ [kN]}$$

Para calcular o valor do diâmetro mínimo do tambor motriz em função da tensão atuante na correia, deve-se dividir a tensão efetiva na correia pela capacidade da correia que foram determinados anteriormente, e obter o valor o percentual.

- Força efetiva na correia = 1574,30 [lbs] = 7,00 [kN]
- Força efetiva /Capacidade = 54,68 [%]
- Diâmetro mínimo do tambor motriz – 13” ou 0,330 m

### 3.9 SELEÇÃO DO DIÂMETRO DOS TAMBORES

- Tambor motriz Ranhurado:
  - Diâmetro = 330 [mm]
  - Revestimento: Cerâmica
- Tambores movidos:
  - Diâmetro = 330 [mm]
  - Revestimento: Borracha
- Tambor retorno e desvio:
  - Diâmetro = 300 [mm]
  - Revestimento: Borracha

### 3.10 SELEÇÃO DO MOTOREDUTOR

Dados para Seleção:

- Potência requerida do motor =  $7,00 * 1,5$  (*fator de serviço*) = 10,50 kW
- Velocidade requerida da correia: 1 [m/s]
- Diâmetro tambor motriz: 330 mm

Modelo selecionado: SA87 AD4 91 656

- Potência Nominal = 10,50 kW
- Torque de saída: 1600 N.m
- Tensão: 440 V
- Numero de polos: 6 polos

- Rotação de saída: 1700 rpm
- Redução: 30,05
- Rotação de saída no redutor: 57 rpm

Para o cálculo da velocidade linear da correia deve-se conhecer o diâmetro do tambor motriz e a rotação de saída do redutor, com os valores determinados deve-se converter a velocidade angular do tambor em velocidade linear.

- Velocidade real da correia: 0,985 m/s

## 4 CONCLUSÃO

O trabalho apresentado mostra o dimensionamento de um transportador de correia utilizado para a indústria de britagem.

Foi possível mostrar de forma satisfatória as etapas de cálculos de um transportador. Os tópicos abordados na metodologia podem ser utilizados para transportadores de pequeno porte de forma geral, apesar de algumas etapas de cálculos não serem abordadas, como por exemplo a carga dinâmica nos rolamentos, o dimensionamento dos tambores, assim como a tensão, flexão e torção no eixo dos tambores.

Além dos assuntos abordados, para o funcionamento adequado de um transportador é necessário contemplar outros componentes e atender as normas de segurança estabelecidas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Vale ressaltar que para transportadores de grande porte é necessária uma análise dinâmica, através de utilização de outros métodos. Sendo imprescindível a simulação de cargas estáticas e dinâmicas para essas estruturas.

## REFERÊNCIAS

ACOPLAMENTOS FACIL. **Contra recuo.** Disponível em: <<http://acoplamentofacil.com.br/produtos/91/contra-recuo-de-alta-rotacao>>. Acesso em: 07 maio 2018.

ANTARAS ACOPLAMENTOS. **Acoplamento flexível.** Disponível em: <<http://www.antaresacoplamentos.com.br/produtos/antares/flexiveis/acoplamento-flexivel-at>>. Acesso em: 05 maio 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6177:** transportadores contínuos: transportadores de correia: terminologia. Rio de Janeiro, 2016.

BEER, F. P. et al. **Mecânica dos materiais.** 7. ed. São Paulo: McGraw-Hill Education, 2015.

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Elementos de máquinas de Shigley.** 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

CALIJORNE, A. **Introdução aos transportadores de correia.** Disponível em: [https://www.linkedin.com/pulse/introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-transportadores-de-correia-alexandre-calijorne?trk=portfolio\\_article-card\\_title](https://www.linkedin.com/pulse/introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-transportadores-de-correia-alexandre-calijorne?trk=portfolio_article-card_title). Acesso em: 15 jul. 2018.

CARNIZELLO, D. C. **Transportador de correia:** componentes e cálculos básicos para seu dimensionamento. 2011. 63 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

CKIT. **Esticador por gravidade horizontal.** Disponível em: <<http://www.ckit.co.za/secure/conveyor/troughed/beginners-guide/bg26c.htm>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

COMPONENTE IND. **Esticador de correia por parafuso.** Disponível em: <<http://componente.ind.br/portfolio/transportadores-de-correia/>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTOR ASSOCIATION. **Belt conveyor for bulk materials.** 7. ed. Florida: Naples, 2012.

CORREIA PLAUTEX. **Correia transportadora.** Disponível em: <<http://correiasplaytex.com.br/correias-transportadoras.html>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

EBAH. **Conjunto de acionamento.** Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABbhAAA/maquinas-8?part=3>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

EBAH. **Chute de descarga.** Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABsjQAC/manual-inspecao-manutencao-correias-transportadoras>>. Acesso em: 07 maio 2018.

ELETROBRÁS. **Correias transportadoras:** guia básico. Brasília: IEL/NC, 2009.

FÁBRICA DE AÇO PAULISTA S. A. **Manual de transportadores contínuos**. 3.ed. [S.l.], 1981. 300p.

FBC MAQUINAS. **Esticador por gravidade vertical**. Disponível em: <<https://fbcmaquinas.com.br/images/tc-24%20esticador.jpg?crc=279680056>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

FERRAMENTAS GERIAS. **Motor elétrico**. Disponível em: <<https://www.fg.com.br/motor-trifasico-30cv-6-polos-220-380-440v-60hz-w22---weg/p>>. Acesso em: 05 maio 2018.

GAVI, J. **Manual de inspeção e manutenção de correias transportadoras**. Vitória: [s.n.], 2009.

GRUPO PAMPEIRO. **Conjunto tambor acionamento**. Disponível em: <<http://www.grupopampeiro.com/produtos-e-servicos/sistemas-de-transporte/tambores/>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

HICKMANN, G. S. **Dimensionamento de um transportador de correia para o transporte de britagem**. Lajeado, 2017.

IMAPC. **Roletes auto-alinhantes**. Disponível em: <<http://www.imapc.com.br/produtos.php?categoria=1>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

IMAPC. **Rolete de retorno simples**. Disponível em: <<http://www.imapc.com.br/produtos.php?categoria=1>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

JW SERVICE. **Raspador de correia**. Disponível em: <<http://jwservice.com.br/6-motivos-para-uso-do-limpador-de-correia-transportadora/>>. Acesso em: 12 maio 2018.

KIM, N.; SANKAR, V. **Introdução á análise e ao projeto em elementos finitos**. [S.l.]: LTC, 2011.

LINKEDIN. **Virador de correia**. Disponível em: <<https://br.linkedin.com/in/gabriel-nuzzi-2170b4138>>. acesso em: 12 maio 2018.

LOGIS MARKET. **Rolete de impacto triplo**. Disponível em: <<https://www.logismarket.ind.br/roletes-brasil-roletes-e-componentes/cavaletes-carga-para-transportadores/3243159480-1179618408-p.htm>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

MADE IN CHINA. **Freio**. Disponível em: <[https://pt.made-in-china.com/co\\_lbhiconveyor/product\\_Disc-Brake-System-for-Belt-Conveyor-KPZ-1000-\\_esuhsgrsy.html](https://pt.made-in-china.com/co_lbhiconveyor/product_Disc-Brake-System-for-Belt-Conveyor-KPZ-1000-_esuhsgrsy.html)>. Acesso em: 07 maio 2018.

MADE IN CHINE. **Redutor**. Disponível em: <[https://pt.made-in-china.com/co\\_xdmade/image\\_Nmrv-Aluminum-and-Iron-Worm-Gear-Speed-Reducer-Belt-Conveyor-Motor\\_horeoyiig\\_FjbaSVDIreki.html](https://pt.made-in-china.com/co_xdmade/image_Nmrv-Aluminum-and-Iron-Worm-Gear-Speed-Reducer-Belt-Conveyor-Motor_horeoyiig_FjbaSVDIreki.html)>. Acesso em: 20 ago. 2018.

MAKSIWA. **Rolete de carga simples**. Disponível em: <<http://maksiwa.com/produto/pista-de-apoio-com-1-rolete-pra1-2/>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

MAXBELT. **Correias transportadoras.** Disponível em: <<http://correiasplaytex.com.br/correias-transportadoras.html>>. Acesso em: 25 maio 2018.

MERCÚRIO. **Manual técnico de correias transportadoras.** Itu: Schoba, 2015.

MINERATEC. **Limpador em V.** Disponível em: <<https://www.mineratec.com.br/limpadores-internos-em-v>>. Acesso em: 12 maio 2018.

MINING KOMATSU. **Rolete de carga.** Disponível em: <<https://mining.komatsu/es/product-details/opciones-de-ruedas-tensoras-de-joy>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

RAENGC.COM. **Guia de material.** Disponível em: <<http://raengcom.blogspot.com/2012/07/guia-de-material-paratransportador-de.html>>. Acesso em: 07 maio 2018.

RUBBER CAMP. **Tambor de retorno.** Disponível em: <<http://www.rubbercamp.com.br/rolos.html>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

SEW EURODRIVE. **Redutores industriais:** redutores de engrenagens helicoidais e cônicas. Disponível em: <[https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/LC\\_pt-BR\\_Cat%C3%A1logo\\_bp%20RI%20S%C3%A9rie%20X\\_2007.pdf](https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/LC_pt-BR_Cat%C3%A1logo_bp%20RI%20S%C3%A9rie%20X_2007.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2018.

TIMOSHENKO, S. P. **Resistência dos materiais.** Rio de Janeiro: LTC, 1977

TRIPARTIDO. **Rolete de transição.** Disponível em: <<http://tripartido.wixsite.com/cavalete/solutions?lightbox=dataItem-irgkwutv>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

USIMEK. **Tambor e seus componentes.** Disponível em: <<http://www.usimek.com.br/tutorialinformacoesduvidassobreroletes>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

WEG. **Motor.** Disponível em: <<https://www.fg.com.br/motor-trifasico-30cv-6-polos-220-380-440v-60hz-w22---weg/p>>. Acesso em: 05 jun. 2018.