

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

WILLIAN FARIA CESÁRIO

**DIMENSIONAMENTO DE UM
APRON CONVEYOR**

**Volta Redonda
2018**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**DIMENSIONAMENTO DE UM
APRON CONVEYOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do UniFOA como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aluno:

Willian Faria Cesário

Orientador:

Prof. Alexandre Fernandes Habibe

VOLTA REDONDA

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno:

Willian Faria Cesário

**DIMENSIONAMENTO DE UM
APRON CONVEYOR**

Orientador:

Alexandre Fernandes Habibe

Banca Examinadora:

Alexandre Fernandes Habibe

Alexandre Alvarenga Palmeira

Antônio de Pádua Sobreira Leal

Primeiramente a Deus, que sempre me apoio nos momentos difíceis e por ter me dado saúde e força para alcançar os meus objetivos.

A minha mãe, minhas irmãs e minha noiva por todo amor e carinho que recebi, e por acreditarem no meu potencial.

Aos meus amigos, que me ajudaram para a realização desse trabalho.

Aos meus mestres que contribuíram para que eu conquistasse essa vitória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida, da minha família, da minha noiva, a todos os professores e funcionários que sempre estiveram dispostos a me ajudar, dando apoio na hora em que mais precisei, sou muito grato por esses momentos pois jamais me esquecerei deles.

Em especial ao professor Dr. Alexandre Fernandes Habibe, ao professor Mestre Jayme Monteiro Cardoso e ao professor Antônio de Pádua Sobreira Leal que me ajudaram muito com todo seu conhecimento.

RESUMO

Manuseio de materiais desempenha um papel importante na indústria, seja ela uma mina de carvão, fábricas metalúrgicas ou fábrica têxtil. A movimentação dos materiais tem como objetivo que não se restringe apenas a movimentar, armazenar e também executar outras funções tendo em conta os espaços disponíveis e o tempo. A reposição de matérias-primas em processamento, nas linhas de fábrica, são necessários para serem executados em menor tempo possível. Outro aspecto muito importante, que conta na movimentação de material é o balanço econômico e o tempo. Com o passar dos anos, as empresas viram a necessidade de implementar esteiras, isso deve ao fato que a mecanização é bem simples para aumentar a velocidade de movimentação de carga e diminuir os custos com mão de obra. Esse trabalho visa apresentar os diferentes modelos, bem como um estudo mais detalhado do *apron conveyor*, seus principais componentes e demonstrar os cálculos básicos para seu dimensionamento e seleção de componentes. Para o requisito mínimo de projeto do *apron conveyor* foi feito dimensionamento analítico dos componentes, levando em consideração as dimensões estabelecidas nos cálculos analíticos.

Palavra-Chave: Apron conveyor; Componentes; Dimensionamento.

ABSTRACT

Material handling plays an important role in the industry, among coal mines, metallurgical factories or textile mill. The purpose of material handling is not only to move, but also to store and perform other functions considering available spaces and time. The replenishment of raw materials in processing, in the factory lines, are necessary to be executed as soon as possible. Another very important aspect which belongs to material movement is the economic balance and time. Over the years, companies have had to implement treadmills, this is due to the fact that mechanization is very simple to increase the speed of movement of cargo and to reduce costs with labor. This work is focused on presenting the different models, as well as a detailed study apron conveyor, its main components and basic calculations for its sizing and component selection. For the apron conveyor's minimum design requirements, the analytical sizing of the components was done, taking into account the dimensions established in the analytical calculations.

Key word: Apron conveyor; Components; Dimensioning.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AISC	Instituto americano de construção de aço
AWS	Sociedade americana de solda
DIN	Instituto alemão de Normalização
ISO	Organização internacional para padronização
ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
ASTM	Sociedade americana de testes e materiais
AISI	Sociedade de Engenheiros Automotivos
ASME	Sociedade americana de engenheiros mecânicos

LISTA DE UNIDADES

m	Metro
ton/m ³	Tonelada por metro cubico
m/min	Metro por minuto
ton/h	Tonelada por hora
mm	Milímetro
Kg	Quilograma
ton	Tonelada
Kg/m	Quilograma por metro
N	Newton
Kgf/ton	Quilograma força por tonelada
N.m	Newton vezes metro
kW	Quilo whatts
M/s	Metro por segundo
RPM	Rotação por minuto
Kg.m ²	Quilograma vezes metro quadrado
s	Segundo
A	Corrente
m/s ²	Metro por segundo quadrado
m ³	Metro cubico
MPa	Menga pascal
Kgf	Quilograma força
CV	Cavalo vapor
Hz	Hertz
V	Tensão
R\$	Real

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 História	1
1.2 Justificativa	4
1.3 Objetivo geral	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Para que serve um transportadora industrial	5
2.2. Tipos diferentes de transportadores	5
2.3 Quais são os benefícios	5
2.4 Onde os transportadores são usados	6
2.5 Transportadores contínuos	6
2.5.1 Transportadores de correia	7
2.5.2 Transportadores de corrente	8
2.5.3 Transportadores helicoidais	8
2.5.4 Transportadores de roletes livres	9
2.5.5 Transportadores de rolos motorizados	10
2.5.6 Transportadores magnéticos	11
2.5.7 Transportadores pneumáticos	11
2.5.8 Transportadores aéreos de corrente	12
2.6 <i>Apron conveyor</i> (transportador metálico)	13
2.6 .1 Benefícios	14
2.6.2 Vantagens	14
2.6.3 Componentes do <i>apron conveyor</i>	15
2.6.3.1 Estrutura	15
2.6.3.2 Fundações	17
2.6.3.3 Freios contra recuo	17
2.6.3.4 Eixo	18
2.6.3.5 Rodas dentadas (<i>sprockets</i>)	18
2.6.3.6 Acoplamentos	19
2.6.3.7 Mancais de rolamento	20
2.6.3.8 Redutores	20
2.6.3.9 Motores	21

2.6.3.10 Roletes	22
2.6.3.11 Correntes	22
2.6.3.12 Esticador de corrente	23
2.6.3.13 Bandeja	24
2.6.3.14 Proteções	27
2.6.3.15 Manutenção	27
2.7 Sínter	28
2.7.1 Processo de sinterização	29
3 METODOLOGIA	30
4 DIMENSIONAMENTO	32
4.1 Dados do transportador	32
4.2 Dimensões das bandejas	32
4.3 Calculo peso	33
4.3.1 Peso total do sínter transportado	33
4.3.2 Peso total das bandejas	34
4.3.3 Peso da correntes	34
4.3.3.1 Acréscimo de peso devido o perfil da corrente	35
4.3.4 Peso total da corrente	36
4.3.5 Peso total do conjunto de transporte	36
4.4 Cálculo de resistência ao movimento	37
4.4.1 Coeficiente de resistência ao movimento	37
4.4.2 Resistência ao movimento na direção horizontal	38
4.4.3 Resistência ao movimento do flange das rodas e os trilhos	39
4.4.4 Resistência ao movimento do rolamento	40
4.4.5 Resistencia total ao movimento	41
4.5 Especificação da corrente	41
4.6 Cálculo do <i>sprocket</i>	42
4.6.1 Diâmetro primitivo do <i>sprocket</i>	42
4.6.2 Torque no <i>sprocket</i>	42
4.7 Cálculo do motor elétrico	43
4.7.1 Potência estática	43
4.7.2 Cálculo potência nominal	44
4.7.3 Especificação do motor elétrico	45

4.7.4	Dados do motor	45
4.7.5	Momento de inercia da massa externa	46
4.7.6	Momento de carga	47
4.7.7	Tempo de aceleração	47
4.7.8	Aceleração	49
4.7.9	Torque de aceleração	50
4.7.10	Torque nominal	51
4.8	Dimensionamento do inversor de frequência	52
4.8.1	Corrente nominal	52
4.8.2	Potência do inversor	53
4.8.3	Rotação síncrona	54
4.8.4	Especificação do inversor de frequência	55
4.9	Dimensionamento do redutor	55
4.9.1	Rotação na saída do redutor	55
4.9.2	Relação de redução	56
4.9.3	Especificação do redutor	56
4.10	Dimensionamento do eixo	56
4.10.1	Especificando o valor da Carga concentrada	56
4.10.2	Diagrama de corpo livre	58
4.10.3	Somatório de forças	58
4.10.4	Momento em R1	59
4.10.5	Somatório de momento	59
4.10.6	Característica do material do eixo	61
4.10.7	Tipo de carregamento	61
4.10.8	Correção da tensão de fadiga	63
4.10.9	Cálculo do fator de segurança	64
4.10.10	Dimensionamento do diâmetro mínimo	66
4.10.11	Dimensionando a seção A – A	68
4.10.12	Dimensionando a seção B – B	70
4.10.13	Dimensionando a seção C – C	74
4.10.14	Dimensionando a seção D – D	77
4.10.15	Dimensionando a seção E – E	79
4.11	Dimensionamento do acoplamento	83

4.11.1 Especificação do acoplamento	84
4.12 Dimensionamento do mancal com rolamento autocompensador de rolos	84
4.12.1 Dimensionamento da capacidade da carga estática	85
4.12.2 Especificação do mancal	85
4.13 Dimensionamento da chaveta	86
4.13.1 característica da chaveta	86
4.13.2 cálculo da chaveta entre o eixo e o acoplamento	86
4.13.3 cálculo da força tangencial	87
4.13.4 cálculo do comprimento da chaveta a partir do cisalhamento	87
4.13.5 cálculo do comprimento da chaveta a partir do esmagamento	88
4.13.6 cálculo da chaveta entre o eixo e o <i>sprocket</i>	89
4.13.7 cálculo da força tangencial	89
4.13.8 cálculo do comprimento da chaveta a partir do cisalhamento	90
4.13.9 cálculo do comprimento da chaveta a partir do esmagamento	91
4.14 Dimensionamento do freio hidráulico a disco	92
4.14.1 Força de atrito	92
4.14.2 Força de frenagem	93
4.14.3 Raio médio de frenagem	93
4.14.4 Torque de frenagem	94
4.14.5 Especificação do freio	94
5 ORÇAMENTO	95
6 CONCLUSÃO	96
7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	98
8 FIGURAS	102

LISTA DE FIGURAS

Figura1 - Transportador movido a vapor	1
Figura 2 - Fabrica de correias transportadoras	2
Figura 3 - Transportador de contínuo	7
Figura 4 - Transportador de correia	7
Figura 5 - Transportador de corrente	8
Figura 6 - Transportador de helicoidal	9
Figura 7 - Transportador de roletes livres	10
Figura 8 - Transportador de rolos motorizado	10
Figura 9 - Transportador de magnético	11
Figura 10 -Transportador pneumático	12
Figura 11 - Transportador aéreos de corrente	13
Figura 12 - Transportador <i>apron conveyor</i>	13
Figura 13 - Bandeja	14
Figura 14 - Vista explodida	15
Figura 15 - Trilho de impacto	16
Figura 16 - Estrutura	16
Figura 17 - Olhas de içamento	17
Figura 18 - Frio contra recuo	18
Figura 19 - Eixo	18
Figura 20 - Montagem de <i>sprockets</i>	19
Figura 21 - Acoplamento	19
Figura 22 - Mancal	20
Figura 23 - Redutor paralelo	21
Figura 24 - Motor elétrico	21
Figura 25 - Rolete	22
Figura 26 - Corrente	23
Figura 27 - Simulações no <i>solidworks</i>	24
Figura 28 - Esticador de corrente	24
Figura 29 - Bandeja	25
Figura 30 - Modelo B	25

Figura 31 - Modelo Z	25
Figura 32 - Modelo AD	26
Figura 33 - Modelo A1	26
Figura 34 - Modelo A	26
Figura 35 - Modelo C	26
Figura 36 - Proteções laterais	27
Figura 37 - Corrimão nas plataforma	27
Figura 38 - Forno de sinter	28
Figura 39 – Representação do <i>apron conveyor</i>	32
Figura 40 – Representação da bandeja	32
Figura 41 – Carregamento das forças e torque	58
Figura 42 – Diagrama de corpo livre	58
Figura 43 – Diagrama esforço cortante	60
Figura 44 – Diagrama momento fletor	60
Figura 45 – Corte A – A	68
Figura 46 – Corte B – B	70
Figura 47 – Corte C – C	74
Figura 48 – Corte D – D	77
Figura 49 – Corte E – E	79
Figura 50 – Representação da carga radia	84
Figura 51 – Representação da chaveta	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de espessura entre condição de serviço	24
Tabela 2 – Peso aproximado da corrente – Induscor	35
Tabela 3 – Peso adicional na corrente – Induscor	35
Tabela 4 – Dimensões da corrente – Induscor	37
Tabela 5 – Coeficiente de atrito – NSK	40
Tabela 6 – Tempos de aceleração e acelerações	48
Tabela 7 – Gráfico do coeficiente em função do acabamento	63
Tabela 8 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 150 mm	64
Tabela 9 – Tabela para determinar fator de segurança	65
Tabela 10 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 141 mm	66
Tabela 11 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 155 mm	69
Tabela 12 – Gráfico do coeficiente em função do entalhe q para R 5 mm	71
Tabela 13 – Gráfico do coeficiente em função do entalhe q para r/d 0,032 ...	72
Tabela 14 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 164 mm	72
Tabela 15 – Gráfico do coeficiente em função do entalhe q para R 4 mm	75
Tabela 16 – Gráfico do coeficiente em função do entalhe q para r/d 0,024 ...	75
Tabela 17 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 178 mm	76
Tabela 18 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 178 mm	78
Tabela 19 – Gráfico do coeficiente em função do entalhe q para R 3 mm	80
Tabela 20 – Gráfico do coeficiente em função do entalhe q para r/d 0,017 ..	81
Tabela 21 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 184 mm	81
Tabela 22 – Fator de serviço	83
Tabela 23 – Especificação do acoplamento	84
Tabela 24 – Fator de esforços	85
Tabela 25 – Dimensões do freio	93

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	104
Anexo B	105
Anexo C	106
Anexo D	107
Anexo E	110
Anexo F	112
Anexo G	113
Anexo H	114
Anexo I	115
Anexo J	116
Anexo L	117
Anexo M	118
Anexo N	119

1 INTRODUÇÃO

1.1 História

A história dos sistemas de transporte é uma jornada interessante que acompanha a história da tecnologia industrial. As primeiras correias transportadoras foram desenvolvidas no final do século XVIII. Na figura 1 mostra um exemplo de um transportador movido a vapor na Inglaterra.



Figura1 - Transportador movido a vapor – Apostila REX.

Constituído de correia de couro correndo sobre camas de madeira. Eles eram curtos e equipados com manivelas. Seu uso principal era transportar os bens dos agricultores para os navios, no porto. Mesmo que mais de 200 anos tenham passado, ainda existem algumas conexões com os primeiros transportadores ainda hoje.

Thomas Robins, um inventor americano, iniciou uma série de desenvolvimentos com as correias transportadoras que começaram a ser usadas para transportar carvão, minérios e outros materiais relacionados. Em 1901, a empresa de engenharia sueca Sandvik iniciou a produção das primeiras correias transportadoras de aço e, em 1905, Richard Sutcliffe, engenheiro irlandês, nascido em Yorkshire, inventou as primeiras correias transportadoras para serem usadas em minas de carvão. Eles revolucionaram completamente a indústria de mineração, tornando-a mais eficiente.

Os transportadores foram feitos, primeiramente, de materiais sintéticos durante a Segunda Guerra Mundial para fazer adaptações devido à escassez de componentes naturais, tais como a borracha e outros recursos naturais eram usados para ajudar no esforço de guerra e não podiam ser poupados. Na figura 2 mostra um exemplo de uma fábrica de correias transportadoras.

A indústria iniciou um período de rápida expansão e desenvolvimento tecnológico após a Segunda Guerra Mundial. E essas mudanças seriam refletidas em sistemas de transporte aprimorados.

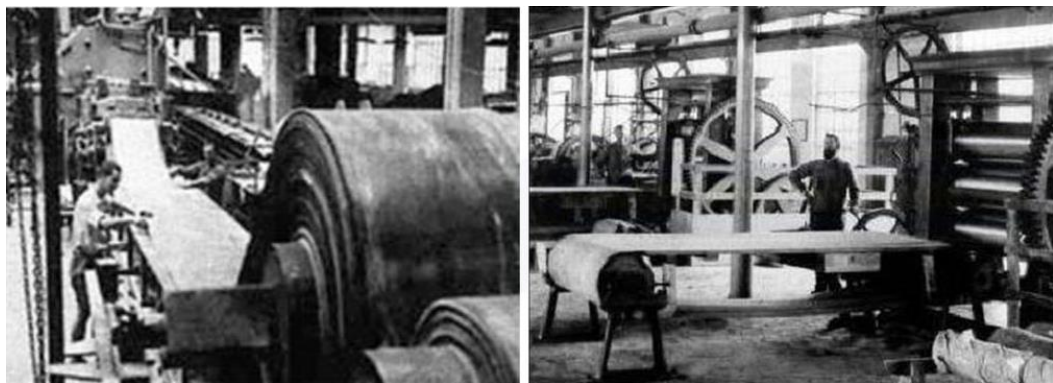


Figura 2 - Fabrica de correias transportadoras – Apostila REX.

Invenções e desenvolvimentos continuaram com Henry Ford na fábrica de Highland Park, Michigan da Ford Motors; influenciado pelos matadouros, criou as primeiras linhas de montagem em 1913. Essa tecnologia também foi usada na fabricação de tratores Fordson. Movendo o carro ao longo de uma correia transportadora, os operários da fábrica foram poupados do incômodo de ter que mover suas ferramentas para cada carro que está sendo montado. Isso reduziu o tempo de fabricação de um automóvel para apenas 93 minutos, ou um a cada 24 segundos, revolucionando a indústria automobilística. As linhas de montagem acionadas por transportadores tornaram-se padrão nas fábricas de automóveis em 1919, revolucionando a indústria no processo.

Em 1947, a American Standards Association desenvolveu padrões iniciais para a segurança do transportador.

A Goodrich Company conseguiu patentear uma correia transportadora específica, que logo foi produzida e vendida como o Sistema de Esteiras transportadoras de volume de negócios. Apresentava um elemento de meia torção que permite um melhor desempenho do que as correias padrão, devido à sua longa vida útil.

A Plastics tornou-se uma marca regular na década de 1970, com a sede da empresa em Louisiana.

A Intralox, foi a primeira empresa a registrar a patente para as correias modulares de plástico.

No ano de 1972, o Concept Designer Hyacinthe Marcel Bocchetti e a French Society REI criaram o que era então o maior transportador reto do mundo, com 13,8 km. A primeira correia transportadora mais longa na Austrália Ocidental, com 31 km de comprimento em uma mina de bauxita de Boddington para a Refinaria de Alumina de Worsley.

Por mais de trinta anos tem sido usado para a indústria de mineração levando o fosfato das minas até a costa.

Em 2015, foi construída a correia mais longa, medindo 97 Km de comprimento e se encontra no oeste do Saara.

No Brasil, encontramos grande parte dos transportadores instalados em siderúrgicas, empresas de celulose, mineradoras e entre outras, garantindo que a indústria de manufatura prospere e cresça, ao longo dos anos.

1.2 Justificativa

Com o aumento da produtividade, as empresas visam o menor tempo possível para a fabricação e com um custo cada vez menor. Onde eram usados pessoas com esforço braçal ou veículos para transportar as mercadorias, foram substituídos por transportadores para reduzir a fadiga e facilitar a vida dos profissionais.

Fazendo o mesmo serviço, mas com um diferencial que transporta com maior velocidade e quantidade aos locais perigosos para os trabalhadores, onde os veículos não podem chegar. Os transportadores são projetados para dar mais dinamismo na movimentação de materiais sobre certa distância.

1.3 Objetivo geral

O objetivo desse trabalho é transmitir, o que é, como funciona, identificar os componentes e demonstrar os cálculos básicos para dimensionar um transportador metálico “apron conveyor” para o transporte de sínter.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Para que serve um transportador industrial

Transportadores são dispositivos mecânicos ou conjuntos usados para mover itens ou pacotes com esforço mínimo, ou seja, qualquer um dos vários dispositivos que fornecem movimento mecanizado de material, como em uma fábrica; eles são usados principalmente em aplicações industriais, mas também em grandes fazendas, na armazenagem e no manuseio de cargas, e no movimento de matérias-primas, reduzindo o desperdício nos armazéns.

2.2. Tipos diferentes de transportadores

Os transportadores podem ser divididos em dois principais tipos:

Transportador por gravidade, é o tipo mais simples. Os transportadores por gravidade apresentam uma inclinação e usam a força da gravidade, ou de uma pessoa, para empurrar a carga ao longo da superfície do transportador. Os principais tipos incluem: transportador de calha, transportador de roletes com gravidade e transportador de rodas por gravidade.

Transportador motorizado, acionado por um sistema de energia elétrica ou pneumática. O movimento de um transportador motorizado é acionado por motores e acionamentos. Existem vários tipos, incluindo: transportador de correia e transportador de corrente entre outros.

2.3 Quais são os benefícios

Transportadores fornecem uma variedade de benefícios, fazendo o trabalho de movimento de carga. Os transportadores eliminam a possibilidade de ferimentos no operador ao empurrar ou puxar uma carga, fluxo de processos onde os

transportadores podem ser usados como parte de um processo de montagem ou fabricação. Como eles movimentam as cargas ao longo de um caminho fixo, os transportadores eliminam a possibilidade de colisões associadas à movimentação manual de produtos ou empilhadeiras. A velocidade do transportador pode ser configurada para acomodar períodos de demanda lentos e de pico. Os transportadores facilitam o movimento interno de caixas ou cargas de estrado ou palete em toda a instalação, com o mínimo ou nenhum trabalho necessário.

2.4 Onde os transportadores são usados

Os transportadores são usados em quase todos os setores onde os materiais precisam ser movidos, incluindo fábricas de engarrafamento de fabricação de plásticos, centros de reciclagem e assim por diante. Eles podem ser usados em qualquer indústria que tenha algum tipo de processo que requeira o movimento de itens e materiais em intervalos regulares de maneira cíclica.

2.5 Transportadores contínuos

Transportadores contínuos são usados para o movimento controlado de uma grande variedade de produtos regulares e irregulares. Eles podem mover cargas leves, frágeis assim como cargas pesadas e robustas em um caminho horizontal, inclinado ou declinado dentro dos limites de estabilidade do produto e das capacidades dos componentes do transportador. Na figura 3 mostra um exemplo de um transportador contínuo.

Os transportadores podem ser classificados por:



Figura 3 - Transportador de contínuo – Catálogo ROLLBRAX.

2.5.1 Transportadores de correia

Os transportadores de correias são sistemas de manuseio de materiais que usam correias contínuas para transportar produtos ou materiais. Os transportadores de correia são usados em aplicações de manuseio de materiais, como serviços de alimentação, manuseio de embalagem, manuseio de sucata e serviços postais, entre muitos outros. Vários materiais de cinta estão disponíveis, incluindo metais e não-metais sendo de tecido, borracha, plástico, couro, dependendo dos requisitos da aplicação. Os transportadores de correia são normalmente alimentados e podem ser operados em várias velocidades, dependendo do rendimento necessário. Os transportadores podem ser operados horizontalmente ou podem ser inclinados também. Na figura 4 mostra um exemplo de um transportador de correia.



Figura 4 - Transportador de correia – Catálogo TEKROLL.

2.5.2 Transportadores de corrente

Sistemas de transportadores de corrente são ideais para o transporte de peças ou paletes, prateleiras, recipientes industriais e outros produtos com uma superfície de transporte robusta para transportar cargas pesadas. Os transportadores de corrente são, resistentes e duráveis que normalmente não seriam utilizados em um transportador de correia. Na figura 5 mostra um exemplo de um transportador de corrente.

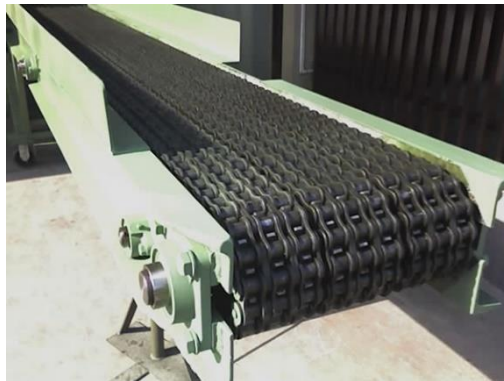


Figura 5 - Transportador de corrente – Catálogo SOLUÇÕES INDUSTRIAIS.

2.5.3 Transportadores helicoidais

Os transportadores helicoidais consistem em eixos rotativos com formato em espiral contínuo que opera dentro de uma carcaça. Normalmente opera em uma direção apenas para mover material a granel fino. Na figura 6 mostra um exemplo de um transportador helicoidais.

As principais especificações incluem o tipo e a configuração do transportador, a capacidade de carga, o rendimento e o comprimento. Transportadores helicoidais são usados principalmente em aplicações de manuseio de materiais, incluindo manipulação de alimentos, como farinha, carvão, concreto e produtos químicos, entre outros. Os transportadores helicoidais também podem transportar várias peças

mecânicas. Um uso típico pode ser para aplicações de engarramento para transportar as garrafas.

Os parafusos podem ter um design de remo ou de fita, dependendo da aplicação e pode ser acionado por meio de uma corrente e roda dentada, engrenagens ou acionamento direto. Os materiais podem ser metálicos ou não metálicos, dependendo da substância que está sendo transportada.



Figura 6 - Transportador de helicoidal – Catálogo VIBRAMAX.

2.5.4 Transportadores de roletes livres

Os transportadores de roletes são sistemas de manuseio de materiais que utilizam roletes montados em estruturas para transportar o produto por gravidade se montados inclinados ou manualmente se montados horizontalmente. Na figura 7 mostra um exemplo de um transportador de roletes livres.

As principais especificações incluem a capacidade de carga, o diâmetro do rolo e as dimensões do centro do eixo, juntamente com o comprimento e a largura gerais do transportador, conforme necessário. Os transportadores de rolos são usados principalmente em aplicações de manuseio de materiais em linhas de montagem, entre muitos outros. Os transportadores podem ser retos ou curvados dependendo da aplicação e do espaço disponível.



Figura 7 - Transportador de roletes livres – Catálogo ROLLBRAX.

2.5.5 Transportadores de rolos motorizados

Os transportadores de roletes motorizados são sistemas de manuseio de materiais usados em estruturas para transportar produtos, conforme e mostrado na figura 8 um exemplo.

As principais especificações incluem o tipo de inversor, a capacidade de carga, o diâmetro e o material do rolo e a dimensão do centro do eixo, bem como os requisitos de potência. Vários tipos de acionamento incluem correias, correntes, rodas dentadas e rolos motorizados. Muitas aplicações de transportadores de rolos motorizados incluem manuseio de alimentos, fabricação de aço, embalagens, etc.



Figura 8 - Transportador de rolos motorizado – Catálogo *DIRECT INDUSTRY*.

2.5.6 Transportadores magnéticos

Os transportadores magnéticos são sistemas de manuseio de materiais que usam ímãs móveis sob placas fixas, mesas, etc para mover materiais magnéticos (ferrosos) geralmente na forma de sucata usinada etc. As principais especificações incluem a aplicação pretendida ou produto transportado, rendimento e requisitos. Os sistemas podem ser horizontais, verticais ou combinações. Na figura 9 mostra um exemplo de um transportador magnético.



Figura 9 – Transportador magnético – Catálogo *DIRECT INDUSTRY*.

2.5.7 Transportadores pneumáticos

Os transportadores pneumáticos a vácuo são sistemas de manuseio de materiais que usam pressão de ar ou vácuo para transportar materiais ou itens dentro de tubos ou dutos fechados. Os transportadores pneumáticos a vácuo são usados principalmente em aplicações de manuseio de materiais, como coleta de poeira, manuseio de papel, entrega de bilhetes, etc e em processos como produtos químicos, minerais, sucata e alimentos. Os materiais para os transportadores podem ser metálicos ou não metálicos, dependendo do que está sendo transportado. Na figura 10 mostra um exemplo de um transportador pneumático.



Figura 10 - Transportador pneumático – Catálogo B2B MÁQUINAS.

2.5.8 Transportadores aéreos de corrente

Transportadores aéreos são sistemas de manuseio de materiais montados em tetos que usam carrinhos ou transportadores movidos por correntes, cabos ou conexões similares. Transportadores aéreos são usados principalmente em aplicações de manuseio de materiais onde o produto precisa ser pendurado, como linhas de roupas de limpeza a seco, linhas de pintura ou sistemas de manuseio de peças, para resfriamento e cura. Dependendo da aplicação, a capacidade de carga pode ser crítica. A maioria dos sistemas de transportadores aéreos é alimentada e controlada por computador, enquanto outros são operados manualmente.

Eles são geralmente usados quando há muitas operações no chão na planta de produção e um fluxo de material mais dinâmico e eficaz é necessário. Geralmente, os transportadores são feitos de correntes que são fortes e têm ganchos para ajustar os produtos que podem ser irregulares. Estes produtos devem ser distribuídos como fornecimento nas linhas de montagem ou para realizar processos específicos, como a secagem de tinta através de um forno. Os transportadores são frequentemente usados em fábricas de montagem automotivas, indústrias de autopeças e empresas de eletrodomésticos. Na figura 11 mostra um exemplo de um transportador aéreo de corrente.



Figura 11 - Transportador aéreos de corrente – Catálogo PRODEM.

2.6 Apron conveyor (transportador metálico)

Durante os últimos quarenta anos, os transportadores foram continuamente aprimorados para operar com mais eficiência e exigir menos manutenção. Os sistemas de transporte hoje são controlados por computadores e a automação é usada para máximo desempenho e flexibilidade.

Os transportadores *apron* podem ser usados para aplicações em que a distância de transporte é curta e a necessidade de espaço é limitada para transportar qualquer tipo de material a granel. Devido a ausência de movimento entre o material e o transportador, os transportadores metálicos são recomendados em caso de material muito abrasivo, garantindo um desgaste operacional muito baixo. Na figura 12 mostra um exemplo de um transportador metálico.



Figura 12 - Transportador *apron conveyor* – Catálogo METSO.

2.6 .1 Benefícios:

- Maior capacidade;
- Baixa exigência de manutenção;
- Robusto e flexível;

O transportador metálico é fabricado a partir de chapas de aço acionadas por correntes também de aço para aplicações industriais mais difíceis. O *design* exclusivo desses alimentadores permite que eles transportem produtos com peso excessivo, temperatura ou abrasividade. Por comparação, os transportadores de correia flexíveis se tornam incapazes de realizar o trabalho. Na figura 13 mostra um exemplo de um bandeja.



Figura 13 – Bandeja – Catálogo REC – USA.

2.6.2 Vantagens:

Em comparação com o sistema de transporte usando correias sintéticas, correias de borracha, etc. Os transportadores metálicos têm as seguintes vantagens:

- Pré-montagem na fábrica;
- As superfícies transportadoras podem ser tratadas com revestimentos especiais;
- Menor custo de manutenção;

- Suporta impacto pesado;

Os transportadores metálicos têm capacidades de transportar materiais com tamanho até 2000 milímetros e o grande tamanho de material é a causa para o aumento da largura e da altura. E são constituídos de uma série infinita de bandejas sobrepostas, montadas em correntes, impulsionadas e tensionadas por coroas nas extremidades, suportadas por rolos, todos montados sobre um quadro estrutural.

Funciona a velocidades muito baixas e a uma taxa de alimentação controlada à medida que absorve as cargas de impacto do material. Quando um alimentador está ligado, deve haver uma correlação estreita entre a sua velocidade de operação e a taxa de descarga do material a granel. Na figura 14 mostra um exemplo de uma vista explodida de um seguimento do transportador metálico.

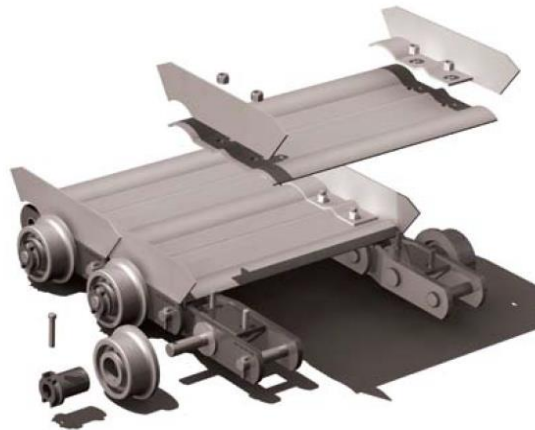


Figura 14 - Vista explodida– Catálogo REC – USA.

2.6.3 Componentes do apron conveyor

2.6.3.1 Estrutura

São fabricados em perfis laminados e nervurados para resistir cargas transversais, longitudinais, cargas de vento, peso próprio e do material para suportar

as condições máximas de carga que provavelmente serão geradas durante a partida e sobrecargas por entupimentos, acúmulo de material e sob as condições operacionais especificadas com trilho de impacto para minimizar a deflexão, conforme e mostrado na figura 15.



Figura 15 - Trilho de impacto – Catálogo AOSBORN.

A estrutura fornece suporte para todos os componentes mecânicos e é composta por vigas transversais e duas longitudinais. Conforme e mostrado na figura 16 um exemplo de estrutura. Todas estruturas são desenvolvidas e fabricadas de acordo com os padrões aplicáveis das normas AISC, AWS, DIN, ISSO e ABNT, como referências para os cálculo estrutural. E com surgimento de aços chineses faz com que se empregue as normas chinesas no projetos com os aços Q345a e Q235, equivalentes aos aços ASTM A572 e ASTM A36. Outros materiais como eletrodos, parafusos são especificados com as normas ASTM, DIN, AISI, SAE, ASME, ABNT e AWS.



Figura 16 – Estrutura – Catálogo METSO.

São usinadas para receber os mancais dos eixos, podem ser divididos em segmentos, para permitir a instalação e possuem olhas de içamento. Na figura 17 mostra um exemplo de uma estrutura com olhas de içamento.

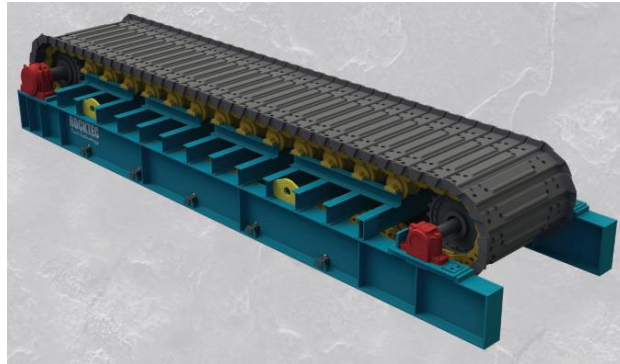


Figura 17 - Olhas de içamento – Catálogo *METSO*.

2.6.3.2 Fundações

As bases são feitas de concreto armado, para suportar todas as cargas. Os transportadores não funcionam desalinhados, e por isso a correta construção das fundações é fundamental, para evitar prejuízos graves.

2.6.3.3 Freios contra recuo

Os freios são utilizados para evitar de descarga após o seu desligamento dos motor elétrico do transportador.

Transportadores de alta potência, em aclave ou até mesmo para entrar em repouso apresentam forças de retorno e para conter o recuo são utilizados freios que montados no eixo de acionamento.

Os freios são desenvolvidos em função do torque. Na figura 18 mostra um exemplo de um frio contra recuo.



Figura 18 - Freio contra recuo – Catálogo *VULKAN DRIVE TECH*.

2.6.3.4 Eixo

Estes eixos são fabricados a partir de aço laminado a quente de alto grau precisão, e são utilizados normalmente os materiais como SAE-1045, SAE4340, SAE 4140 ou ligas de aço, podendo ter diâmetros entre 127 mm (5") a 304,8 mm (12"), dependendo dos requisitos de cada aplicação de tensão. Os eixos dianteiros e traseiros serão montados em dois cubos onde serão aparafusados no cubo os *sprockets*, e apoiado em dois rolamentos auto compensadores de rolos. Na figura 19 mostra um exemplo eixo.



Figura 19 – Eixo – Catálogo *AOSBORN*.

2.6.3.5 Rodas dentadas (*sprockets*)

Os *sprockets* são fabricados em segmentos, fundidos em liga de manganês ou aço liga, gabaritados e usinados para manter o alinhamento são parafusados nos

cubos que possibilitam a troca sem precisar fazer desmontagem do eixo. O número ímpar de dentes permite o aumento da vida útil dos *sprockets*. Na figura 20 mostra um exemplo de *sprockets* sendo montados.



Figura 20 - Montagem de *sprockets* – Catálogo LEH INDUSTRIE.

2.6.3.6 Acoplamento

Os acoplamentos mais empregados são os rígidos, hidráulicos e eletromagnéticos. Existem também acionamentos por moto redutor. A função dos acoplamentos é transmitir o torque para o eixo de acionamento, é desejável que permita desalinhamento angulares, radiais e axiais entre os eixos. Atualmente tem preferência na utilização de acoplamentos sem lubrificação e que permita sua remoção sem precisar a desmontagem ou deslocamento dos eixos. Os acoplamentos são escolhidos pela capacidade de transmissão do torque e pelo diâmetro dos eixos, a absorção de choques e vibrações. Na figura 21 mostra um exemplo de acoplamento.



Figura 21 - Acoplamento – Catálogo FAN.

2.6.3.7 Mancais de rolamento

Os eixos são montados em rolamentos auto compensadores de rolos de blindagem dupla e anéis de vedação, impedindo a degradação do rolo devido ao pó e à penetração de contaminantes, visando reduzir o intervalo de trocas em comparação entre às versões lubrificáveis.

Esses rolamentos são selecionados para uma vida útil longa para diminuir o tempo de parada do transportador. Os rolamentos são montados em caixas de aço fundido e esses equipadas com vedação dupla para uso em condições extremas. Que podem ajudar na vida útil do rolamento esperado até 100.000 horas, dependendo do local. Na figura 22 mostra um exemplo de um mancal.



Figura 22 – Mancal – Catálogo FAN.

2.6.3.8 Redutores

Para transportadores de metálicos, os redutores industriais são geralmente posicionados no final de cada correia transportadora, onde acionam as duas extremidades do eixo com um inversor de frequência. Todos os componentes do sistema são capazes de lidar com as difíceis condições operacionais.

Os redutores tem como função transformar a velocidade do motor em torque. Os redutores mais encontrados na mineração são os de engrenagens helicoidais, com

eixos paralelos ou perpendiculares. Os de eixos paralelos tem menor custo que os de eixos perpendiculares. A escolha ideal irá depender do torque transmitido, de custo do equipamento e do espaço. Os redutores montados diretamente no eixo do acionamento ocupam menos espaço para montagem, mas sua manutenção se torna mais difícil. Na figura 23 mostra um exemplo de um redutor paralelo.

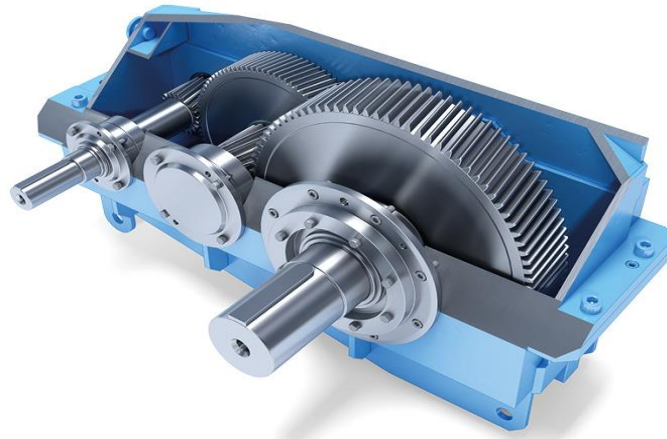


Figura 23 - Redutor paralelo – Catálogo *Falk*.

2.6.3.9 Motores

Os motores elétricos são escolhidos a partir da potência requerida pelo transportador e a rotação do motor depende da potência do motor utilizado. Na figura 24 mostra um exemplo de um motor elétrico.



Figura 24 - Motor elétrico Catálogo *GHIRARDUZZI*.

2.6.3.10 Roletes

Os roletes de transporte são vedados e lubrificados com eixos endurecidos e retificados. São espaçados para fornecer suporte adequado para a corrente e funcionamento suave. Os roletes de retorno são projetados com rolamentos lubrificados a graxa e espaçados para fornecer suporte adequado para as correntes no retorno. Os rolos são montados na estrutura, permitindo remoção para manutenção e substituição.

Os materiais dos roletes são tratados termicamente para resistência ao desgaste em condições abrasivas e suportar a alta temperatura do material, tornando uma escolha ideal. Na figura 25 mostra um exemplo de um rolete.



Figura 25 – Rolete – Catálogo AOSBORN.

2.6.3.11 Correntes

As correntes tem pinos e buchas em aço termicamente tratados. Os elos são forjados para ter capacidade máxima de carga e resistência e, as vedações previnem a entrada de material estranho, pois pode causar danos e períodos de máquina parada. Na figura 26 mostra um exemplo de uma corrente.

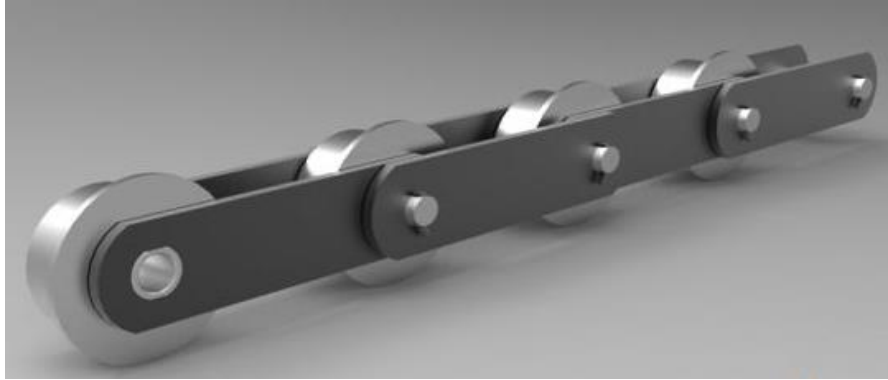


Figura 26 – Corrente – Catálogo *TSUBAKI*.

O *solidworks* são ferramentas de *CAD* e *CAE* integradas para o processo de *design* das correntes e desenvolvimento. As simulações e modelos 3D são feitos para garantir se são resistentes o suficiente para resistir a condições extremas. Na figura 27 mostra um exemplo de uma simulação feita no *solidworks*.

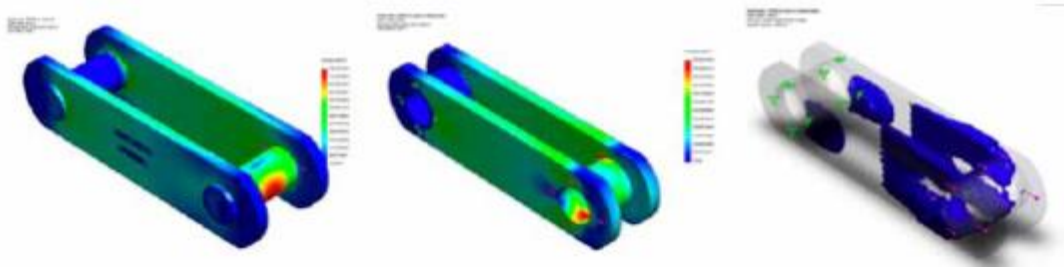


Figura 27 - Simulações no *solidworks* – catálogo REC – USA.

2.6.3.12 Esticador de corrente

Os ajustes são feitos por um esticador de parafuso ou por macaco hidráulico, que age contra a viga de cada lado do chassi, permitindo um ajuste que mantenha a tensão nas correntes. Na figura 28 mostra um exemplo de um esticador de corrente.

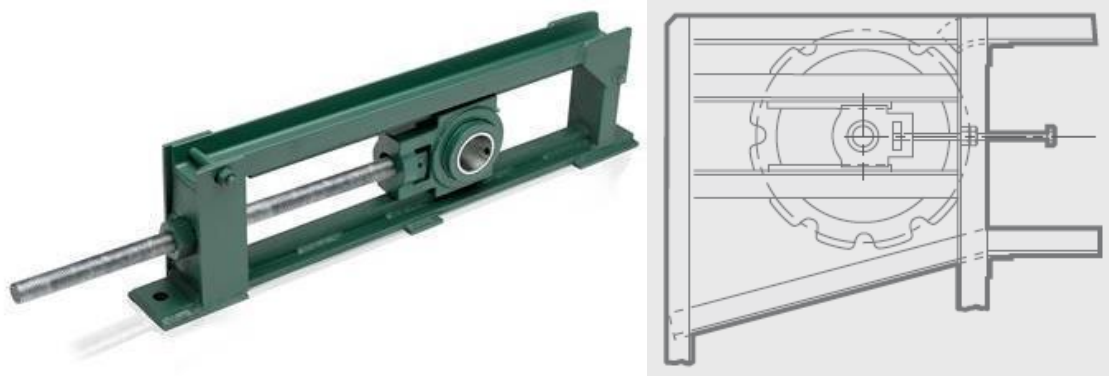


Figura 28 - Esticador de corrente – Catálogo FRM.

2.6.3.13 Bandeja

As bandejas que são feitas em aço fundido, muitas vezes sofrem desgaste grave durante a operação do dia-a-dia, tornando-se finas, o que pode causar longos paradas. As bandejas de manganês, que podem ser endurecidas para alcançar até 500 HB, perfeitas para o carregamento de alto impacto e operações abrasivas, são feitas de aço manganês autêntico, de alta qualidade, para máxima resistência. Na tabela 1 mostra uma relação entre espessura e condições de serviço.

Espessura da bandeja (mm)	Espessura da bandeja (Polegada)	Condição de serviço	Material e manuseio
9,53	(3/8")	Pesado	Altamente abrasivo, corrosivo e com grandes cargas de impacto.
6,35 a 7,94	(1/4" a 5/16")	Médio	Moderadamente abrasivo, corrosivo ou de impacto
4,76	(3/16")	Baixo	Levemente abrasivo, corrosivo ou de impacto

Tabela 1 - Relação de espessura entre condição de serviço – Catálogo METSO.

Todas as bandejas são parafusadas nas correntes, eliminando a necessidade de qualquer tipo de elo especial. O projeto tem uma sobreposição entre as bandejas,

para garantir a melhor vedação possível no carregamento do material. Na figura 29 mostra alguns exemplos de bandejas.

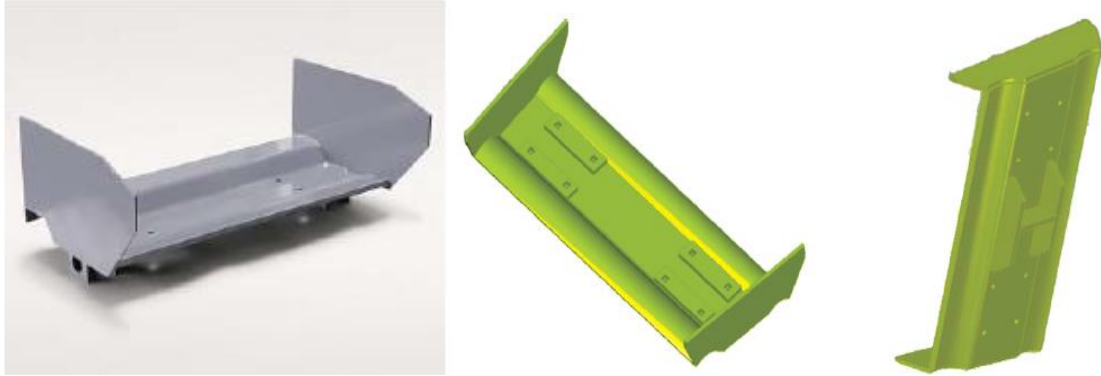


Figura 29 – Bandeja – Catálogo *TRF*.

Há uma grande variedade de perfis de bandejas para atender as mais diferentes aplicações.

Alguns modelos de modelos de bandejas de acordo com o fabricante Metso.

Modelo B

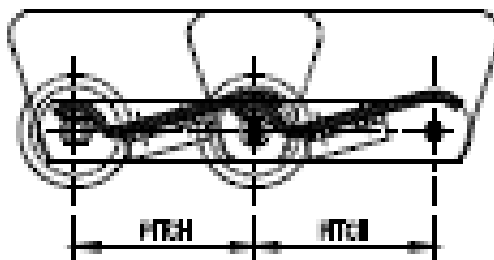


Figura 30 - Modelo B – Catálogo *TSUBAKI*.

Modelo Z

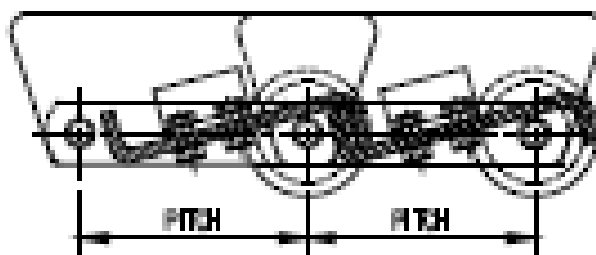
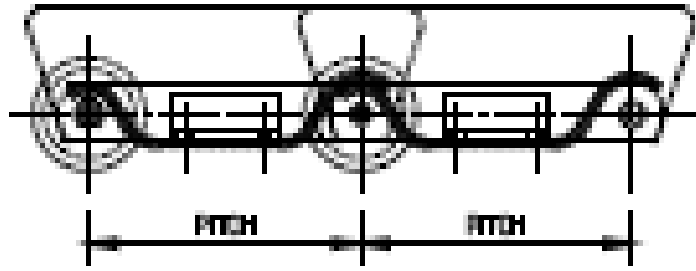
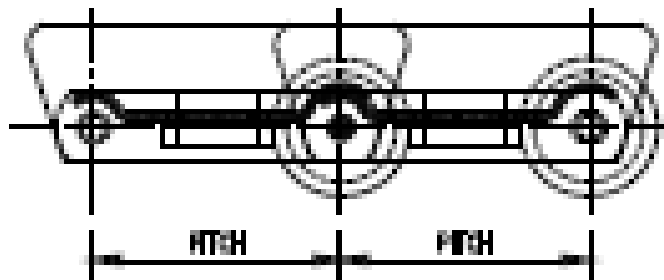


Figura 31 - Modelo Z – Catálogo *TSUBAKI*.

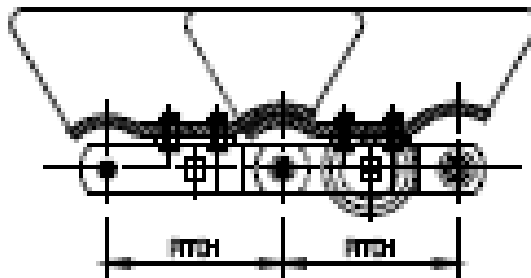
Modelo AD

Figura 32 - Modelo AD – Catálogo *TSUBAKI*.

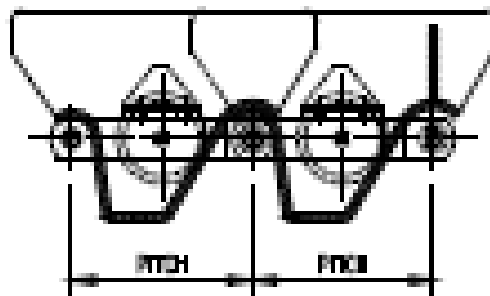
Modelo A1

Figura 33 - Modelo A1 – Catálogo *TSUBAKI*.

Modelo A

Figura 34 - Modelo A – Catálogo *TSUBAKI*.

Modelo C

Figura 35 - Modelo C – Catálogo *TSUBAKI*.

2.6.3.14 Proteções

Todos transportadores são fabricados com proteções, conforme NR-12 e com outros dispositivos de segurança que garantam a proteção. Nas figuras 36 e 37 mostram alguns exemplos de proteções para os transportadores.



Figura 36 - Proteções laterais – Apostila *AUMUND*.



Figura 37 - Corrimão nas plataforma – Apostila *AUMUND*.

2.6.3.15 Manutenção

Um sistema de transporte é, muitas vezes, a tábua de salvação para a capacidade de uma empresa de movimentar efetivamente seu produto em tempo hábil. As etapas que uma empresa pode adotar para garantir sua capacidade de pico incluem inspeções regulares do sistema, monitoramento rigoroso de motores e redutores, manutenção de peças-chave em estoque e treinamento adequado de

pessoal. Um sistema de transporte projetado adequadamente durará muito tempo com manutenção adequada.

2.7 Sínter

Para transportar o sínter para um forno a uma temperatura de 600 °C, o transportador metálico de estampagem profunda foi desenvolvido com bandejas muito largas e reforços especiais para proteção contra o desgaste causado pelo material de sinterização extremamente abrasivo. Na figura 38 mostra um exemplos de forno de sinterização.



Figura 38 - Forno de sínter – Catálogo ARCELOR MITTAL.

O sínter é uma das matéria-prima utilizada no alto forno. A camada espalhada de mistura é incendiada através dos queimadores no topo. Enquanto o transportador metálico está em movimento, os fumos são sugados da mistura através da exaustão que se localiza abaixo do transportador. A mistura é cozida de cima para baixo. No final da linha, o bolo de sínter é descarregado e segue para o britador e resfriador.

O sínter tem a composição química perfeita, granulometria e atributos físicos a serem utilizados no alto-forno, normalmente representa 75% da carga metálica do alto-forno, a parte restante da carga consiste em 25% de pelotas.

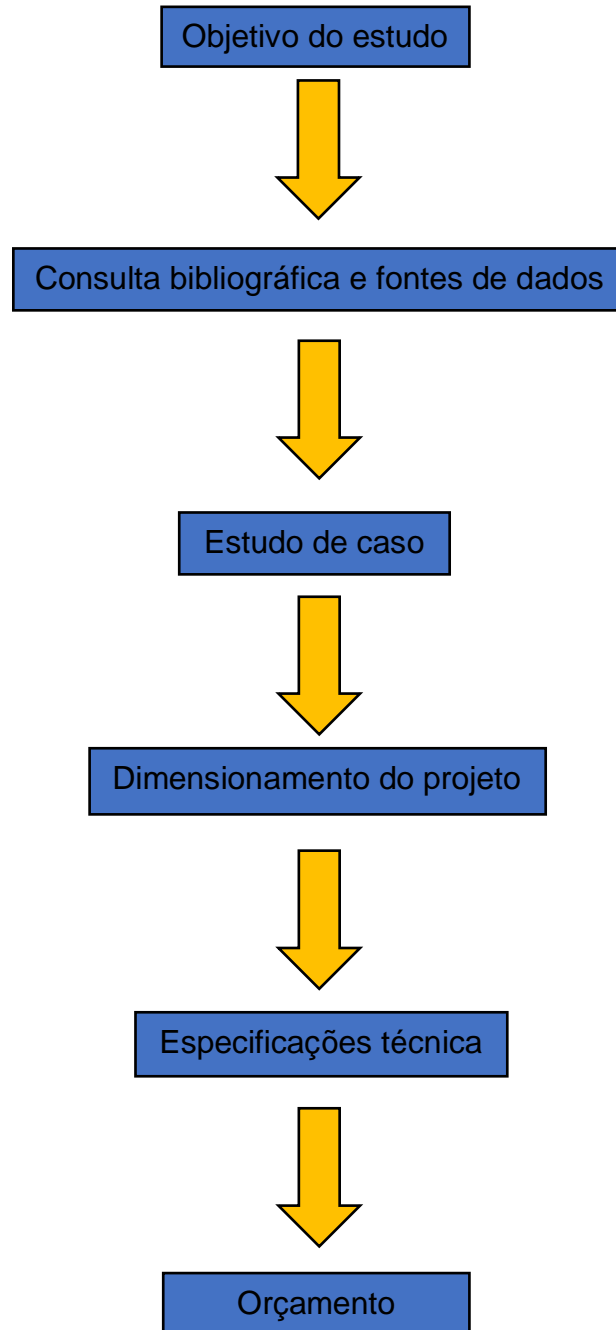
2.7.1 Processo de sinterização

A sinterização é um processo de aglomeração que surgiu da necessidade de reaproveitamento de resíduos com granulometria fina que não poderia ser utilizada diretamente no alto forno.

Esse processo utiliza calor para transformar uma massa de granulometria fina em carga bitolada e o material sinterizado é mais poroso, o que garante melhor deslocamento dos gases no alto forno, porém, apresentando menor resistência mecânica por ser menos denso que o minério compactado.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada se baseia nos itens do cronograma a seguir.



Abaixo, temos uma descrição sucinta dos itens do cronograma.

- **Objetivo do estudo** – O objetivo do trabalho é o dimensionamento do transportador metálico (*apron conveyor*) para o processo de produção de sínter para ser utilizado no alto forno e desenvolvendo o projeto se baseando em normas.

- **Consulta bibliográfica e fontes de dados** – As principais fontes de dados foram catálogos, normas e livros para transportadores.

- **Estudo de caso** – Por ser um projeto teórico, serão definidas as condições iniciais nas informações obtidas na revisão bibliográfica. Os valores e condições de trabalho foram adotados para atender os requisitos mínimos dos projetos e foi feito o levantamento de dados necessários ao desenvolvimento do projeto, com as características do equipamento e obedecendo os requisitos mínimos.

- **Dimensionamento do projetos** – Os cálculos analíticos dos componentes do transportador metálico foram feitos a partir da obtenção de 80 toneladas por horas de sínter transportado e estabelecido um regime diário de trabalho de 20 horas / dia.

- **Especificações técnicas** – Após os cálculos analíticos foi feita a seleção dos componentes de acordo com catálogos e normas.

- **Orçamento** – Após a especificações dos componentes, foi feita a lista de materiais básica para permitir o levantamento da estimativa de custo, para investimento inicial.

A obtenção dos valores foi feita a partir de cotação e pelo quilo do aço.

4 DIMENSIONAMENTO

4.1 Dados do transportador:

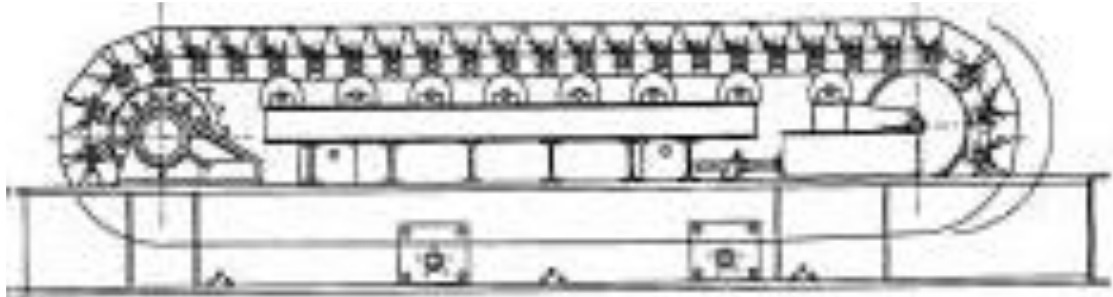


Figura 39 – Representação do *apron conveyor* – Catálogo *TSUBAKI*.

Material a ser transportado: sínter

γ – peso específico do sínter: 1,8 ton/m³

v – velocidade do material transportado: 1,5 m/min

Q = quantidade de sínter transportado: 80 ton/h



Figura 40 – Representação da bandeja – Catálogo *Goessling USA, INC.*

4.2 Dimensões das bandejas:

H – altura (mm)

C – comprimento (mm)

L – largura (mm)

H x C x L

550 x 700 x 1400 mm

Pe – peso de cada bandeja = 850 Kg

Tb – total de bandeja = 80 bandeja

Tbc – total de bandeja carregada = 34 bandeja

Tbv – total de bandeja vazia = 46 bandeja

4.3 Cálculo peso

4.3.1 Peso total do sínter transportado

P1 – peso total do sínter transportado (ton)

Tbc – total de bandeja carregada = 34 bandeja

γ – peso específico do sínter: 1,8 ton/m³

Vo – volume da bandeja

$Vo = H \times C \times L \text{ (m}^3\text{)}$

$Vo = 0,55 \times 0,70 \times 1,4$

$Vo = 0,55 \times 0,70 \times 1,4 \text{ m}$

$Vo = 0,54 \text{ m}^3$

$$P1 = Tbc \times vo \times \gamma \text{ (ton)}$$

$$P1 = 34 \times 0,54 \times 1,8$$

$$P1 \cong 33 \text{ ton}$$

4.3.2 Peso total das bandejas

P2 – peso total das bandejas (ton)

$$P2 = Tb \times Pe \text{ (ton)}$$

Tb – total de bandeja = 80 bandeja

Pe – peso de cada bandeja = 0,85 ton

$$Pe = 80 \times 0,85$$

$$P2 = 68 \text{ ton}$$

4.3.3 Peso da correntes

P3.0 – peso da correntes (kg)

Cco – comprimento da corrente em relação a quantidade de bandeja (M)

Pcor – peso da corrente em metro (Kg/m)

REFERÊNCIA INDUSCOR	PASSO P MM	ENTRE PLACAS C MM	Ø ROLO B				Ø PINO G MM	ALTURA PLACA H MM	ESPESSURA PLACA T1 / T2 MM	LARGURA TOTAL D MM	CARGA RUPTURA KN	PESO APROX. KG/M. RF
			BF	RP	RG	RF						
			MM	MM	MM	MM						
IC-M900P700	700,00	78	80	85	170	170	44	120	15,90	148	900	50,0
						210						

Tabela 2 – Peso aproximado da corrente – Catálogo Induscor.

$$P3.0 = Cco \times Pcor \text{ (ton)}$$

$$P3.0 = (80 \times 0,7) \times 50$$

$$P3.0 = 2800 \text{ Kg}$$

4.3.3.1 Acréscimo de peso devido o perfil da corrente.

REFERENCIA INDUSCOR	Passo P (mm)	Dimensões (mm)						Peso adicional (Kg)
		A	B	C	D	F	G	
IC-M900P400	450	80	123,4	280	15	320	55	3.30
IC-M900P500	450	100	159,6	280	19	320	70	5.10
IC-M900P700	600	100	159,6	360	19	410	70	6,30

Tabela 3 – Peso adicional na corrente – Catálogo Induscor.

P3.1 – peso acrescentado devido o perfil da corrente (Kg)

Tb – total de bandeja = 80 bandeja

Pa – peso acrescentado = 6,30 Kg

$$P3.1 = 80 \times 6,30 \text{ kg}$$

$$P3.1 = 504 \text{ Kg}$$

4.3.4 Peso total da corrente

$$P3 = P3.0 + P3.1 \text{ (ton)}$$

$$P3 = 2800 + 504$$

$$P3 = 3304 \text{ Kg}$$

Kg para ton

$$1\text{ton} = 1000 \text{ Kg}$$

$$P3 = \frac{3304 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg}}$$

$P3 = 3,3 \text{ ton}$

4.3.5 Peso total do conjunto de transporte

Pt - peso total do conjunto de transporte (ton)

$$Pt = P1 + P2 + P3 \text{ (ton)}$$

$$Pt = 33 + 68 + 3,3$$

$Pt = 104.3 \text{ ton}$

4.4 Cálculo de resistência ao movimento

4.4.1 Coeficiente de resistência ao movimento

$$W = \frac{(\mu d + 2k) \times 1000}{D}$$

w – coeficiente de resistência ao movimento (Kgf/ton)

μ – fator de atrito para mancal flexíveis de rolo, valor obtido a partir do livro Máquinas de elevação e transporte - N. Rudenko

d – diâmetro do eixo da roda, valor obtido a partir do catalogo Induscor (cm)

k – fator de tração, valor obtido a partir do livro Máquinas de elevação e transporte - N. Rudenko

D – diâmetro da roda de translação, valor obtido a partir do catalogo Induscor (cm)

REFERÊNCIA INDUSCOR	PASSO P MM	ENTRE PLACAS C MM	Ø ROLO B				Ø PINO G MM	ALTURA PLACA H MM	ESPESSURA PLACA T1 / T2 MM	LARGURA TOTAL D MM	CARGA RUPTURA KN	PESO APROX. KG/M. RF
			BF	RP	RG	RF						
			MM	MM	MM	MM						
IC-M900P700	700,00	78	80	85	170	170	44	120	15,90	148	900	50,0

Tabela 4 – Dimensões da corrente – Catálogo Induscor.

$$\mu = 0,0015$$

$$d = 4,4 \text{ (cm)}$$

$$k = 0,05$$

$$D = 17 \text{ (cm)}$$

$$W = \frac{\{(0,015 \times 4,4) + (2 \times 0,05)\} \times 1000}{17}$$

$w = 9,76 \text{ Kgf/ton}$

4.4.2 Resistência ao movimento na direção horizontal

F1 – resistência ao movimento da direção horizontal (N)

Pt – peso total do conjunto de transporte (ton)

w – coeficiente de resistência ao movimento

$$Pt = 104,3 \text{ ton}$$

$$w = 9,76 \text{ Kgf/ton}$$

$$F1 = Pt \times w \text{ (N)}$$

$$F1 = 104,3 \times 9,76$$

$$F1 = 9986,3 \text{ Kgf}$$

$$1 \text{ Kgf} = 9,81 \text{ N}$$

$F1 = 9986,30 \text{ N}$

4.4.3 Resistência ao movimento do flange das rodas e os trilhos

F2 – resistência ao movimento do flange das rodas e os trilhos (N)

β – fator de atrito de deslizamento, valor obtido a partir do livro Máquinas de elevação e transporte - N. Rudenko

P1 – peso total do sínter transportado (ton)

P2 – peso total das bandejas (ton)

w – coeficiente de resistência ao movimento (Kgf/ton)

$$\beta = 5,2$$

$$P1 = 33 \text{ ton}$$

$$P2 = 68 \text{ ton}$$

$$w = 9,76 \text{ Kgf/ton}$$

$$F2 = \beta (P1 + P2) \times w$$

$$F2 = \beta \times (P1 + P2) \times w$$

$$F2 = 5,2 \times (33 + 68) \times 9,76$$

$$F2 = 5125,95 \text{ Kgf}$$

$$1 \text{ Kgf} = 9,81 \text{ N}$$

$F2 = 50285,60 \text{ N}$

4.4.4 Resistência ao movimento do rolamento

F3 – resistência ao movimento do rolamento (N)

μ – coeficiente de atrito do rolamento, valor obtido a partir do catálogo de rolamento NSK

Pt – peso total do conjunto de transporte (Kg)

Tipos de Rolamentos	Valores Aproximados de μ
Rolamentos Fixos de Esferas	0,0013
Rolams. de Esferas de Contato Angular	0,0015
Rolams. Autocompensadores de Esferas	0,0010
Rolamentos Axiais de Esferas	0,0011
Rolamentos de Rolos Cilíndricos	0,0010
Rolamentos de Rolos Cônicos	0,0022
Rolams. Autocompensadores de Rolos	0,0028
Rolamentos de Rolos Agulha com Gaiola	0,0015
Rolamentos de Rolos Agulha sem Gaiola	0,0025
Rolams. Axiais Autocompensadores de Rolos	0,0028

Tabela 5 – Coeficiente de atrito – Catálogo NGK.

$$\mu = 0,0028$$

$$Pt = 104300 \text{ Kg}$$

$$F3 = \mu \times Pt$$

$$F3 = 0,0028 \times 104300$$

$$F3 = 292,04 \text{ kgf}$$

$$1 \text{ Kgf} = 9,81 \text{ N}$$

$F3 = 2864,91 \text{ N}$

4.4.5 Resistencia total ao movimento

Ft - resistencia total ao movimento (N)

F1 – resistência ao movimento da direção horizontal (N)

F2 – resistência ao movimento do flange das rodas e os trilhos (N)

F3 – Resistência ao movimento do rolamento (N)

$$F_t = F_1 + F_2 + F_3$$

$$F_t = 9986,30 + 50285,60 + 2864,91$$

$F_t = 63136,81 \text{ N}$

4.5 Especificação da corrente

Corrente transportadora com pinos sólidos série M

Marca: Induscor

Modelo: IC-M900P700

$F_t < \text{Carga de ruptura da corrente}$

$$63136,81 \text{ N} < 900000 \text{ N}$$

4.6 Cálculo do *sprocket*

4.6.1 Diâmetro primitivo do *sprocket*

Dp – diâmetro primitivo do *sprocket* (mm)

Pa – peso, valor obtido a partir do catálogo de *sprocket* SENQCIA (mm)

Coef – coeficiente, valor obtido a partir do catálogo de *sprocket* SENQCIA

Pa – 700 mm

Coef – 2,4586 para 7 ½” dentes

Dp = Pa x Coef.

Dp = 700 x 2,4586

Dp \cong 1721 mm

4.6.2 Torque no *sprocket*

T – torque (N.m)

F – força (N)

r – raio do diâmetro primitivo do *sprocket* (m)

FSa – fator de segurança adicional

F = 63136,81 N

r = 0,8605 m

$$FSa = 4$$

$$T = F \times r \times FSa$$

$$T = 63136,81 \times 0,8605 \times 4$$

$T \cong 217317 \text{ N.m}$

4.7 Cálculo do motor elétrico

4.7.1 Potência estática

Pe – potência estática (kW)

F – força (N)

V – velocidade (m/s)

η – rendimento

$$Pe = \frac{F \times v}{1000 \times \eta}$$

$$V = 0,025 \text{ M/s}$$

$$F = 63136,81 \text{ N}$$

η – rendimento

η – rendimento do redutor de engrenagem = 0,97

η – rendimento da corrente *Renold* = 0,96

$$P_e = \frac{63136,81 \times 0,025}{1000 \times (0,97 \times 0,96)}$$

$$P_e \cong 1,7 \text{ kN}$$

Obs.

O transportador operará em serviço contínuo, devido essa condição escolhe se um motor com potência nominal superior a potência máxima.

$P_e = 2,2 \text{ kN}$

Obs.

Considerando que as pistas de rolagem dos trilhos, podem acumular particulado e formando resistência adicional no caminho, consideraremos um fator adicional de segurança com relação ao dimensionamento do torque e potência.

FSa – fator de segurança adicional

$$FSa = 4$$

4.7.2 Cálculo potência nominal

P_e – potência estática (kW)

P_n – potência nominal (kW)

FSa – fator de segurança adicional

$$P_e = 2,2 \text{ kN}$$

$$FSa = 4$$

$$P_n = P_e \times F_{Sa}$$

$$P_n = 2,2 \times 4$$

$$P_n = 8,8 \text{ kW}$$

Obs,

Como não há motor elétrico com potência nominal de 8,8 KW será utilizado um motor 9,2 kW.

$P_n = 9,2 \text{ kW}$

4.7.3 Especificação do motor elétrico

Marca: Weg

Modelo: motor trifásico IP55 – W22 IR 2

4.7.4 Dados do motor

Potência do motor: 12,5 cv ou 9,2 kW

Número polo: 4

Frequência: 60 Hz

Tensão: 220 / 380 V

$n_m = 1760 \text{ RPM}$

$J_m = 0,0563 \text{ Kg.m}^2$

$$M_m = 49,9 \text{ N.m}$$

n_m – rotação nominal (RPM)

J_m – momento de inércia (Kg.m²)

M_m – conjugado nominal (N.m)

4.7.5 Momento de inercia da massa externa

J_x – momento de inercia da massa externa (Kgm²)

m – massa (kg)

v – velocidade (m/s)

n_m – rotação nominal (RPM)

$$m = 104300 \text{ kg}$$

$$v = 0,025 \text{ m/s}$$

$$n_m = 1760 \text{ RPM}$$

$$J_x = 91,2 \times m \times \left(\frac{v}{n_m} \right)^2$$

$$J_x = 91,2 \times 104300 \times \left(\frac{0,025}{1760} \right)^2$$

$J_x = 0,00192 \text{ Kg.m}^2$

4.7.6 Momento de carga

ML – momento de carga

n_m – rotação nominal (RPM)

v – velocidade (m/s)

F – força (N)

$n_m = 1760$ RPM

$F \cong 63137$ N

$v = 0,025$ m/s

$$ML = \frac{F \times v \times 9,55}{n_m}$$

$$ML = \frac{63137 \times 0,025 \times 9,55}{1760}$$

$ML = 8,56$ N.m

4.7.7 Tempo de aceleração

Será utilizado a norma ABNT NBR 8400:1984 – Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas.

Velocidade a atingir		Equipamentos de velocidade lenta e média		Equipamentos de velocidade média e alta (aplicações comuns)		Equipamentos de alta velocidade com fortes acelerações	
(m/s)	(m/min)	Tempos de aceleração (s)	Acelerações (m/s ²)	Tempos de aceleração (s)	Acelerações (m/s ²)	Tempos de aceleração (s)	Acelerações (m/s ²)
4,00	240	-	-	8,0	0,50	6,0	0,67
3,15	189	-	-	7,1	0,44	5,4	0,58
2,50	150	-	-	6,3	0,39	4,8	0,52
2,00	120	9,1	0,22	5,6	0,35	4,2	0,47
1,60	96	8,3	0,19	5,0	0,32	3,7	0,43
1,00	60	6,6	0,15	4,0	0,25	3,0	0,33
0,63	37,8	5,2	0,12	3,2	0,19	-	-
0,40	24	4,1	0,098	2,5	0,16	-	-
0,25	15	3,2	0,078	-	-	-	-
0,16	9,6	2,5	0,064	-	-	-	-

Tabela 6 – Tempos de aceleração e acelerações

Obs.

No cálculo será utilizado os valores dos equipamentos de velocidade lenta e média.

t – tempo de aceleração em segundo (s)

v – velocidade (m/min)

m/min s
 15 ----- 3,2
 9,6 ----- 2,5
 1,5 ----- t

$$\frac{15 - 9,6}{3,2 - 2,5} = \frac{15 - 1,5}{3,2 - t}$$

$$7,714 = \frac{13,5}{3,2 - t}$$

$$24,6848 - 7,714 t = 13,5$$

$$t = \frac{24,6848 - 13,5}{7,714}$$

t = 1,5 s

4.7.8 Aceleração

Será utilizado tabela 6 da norma ABNT NBR 8400:1984 – Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas.

Obs.

No cálculo será utilizado os valores dos equipamentos de velocidade lenta e média.

a – aceleração (m/s²)

v – velocidade (M/min)

m/min	m/s ²
15	0,078
9,6	0,064
1,5	a

$$\frac{15 - 9,6}{0,078 - 0,064} = \frac{15 - 1,5}{0,078 - a}$$

$$385,71 = \frac{13,5}{0,078 - a}$$

$$30,085 - 385,71 a = 13,5$$

$$a = \frac{30,085 - 13,5}{385,71}$$

$a = 0,043 \text{ M/s}^2$

4.7.9 Torque de aceleração

Mh – torque de aceleração (N.m)

Jm – momento de inercia do motor elétrico (Kgm²)

Jx – momento de inercia da massa externa (Kgm²)

η – rendimento

n_m – rotação nominal (RPM)

ML – momento de carga

t – tempo de aceleração em segundo (s)

$$J_m = 0,0563 \text{ Kg.m}^2$$

$$J_x = 0,00192 \text{ Kg.m}^2$$

$$\eta = \text{rendimento do redutor de engrenagem} = 0,97$$

$$\eta = \text{rendimento da corrente Renold} = 0,96$$

$$n_m = 1760 \text{ RPM}$$

$$ML = 8,56 \text{ N.m}$$

$$t = 1,5 \text{ s}$$

$$M_h = \frac{\left(J_m \times \frac{J_x}{\eta} \right) \times n_m}{9,55 \times t} + \frac{ML}{\eta}$$

$$M_h = \frac{\left(0,0563 \times \frac{0,00192}{(0,97 \times 0,96)}\right) \times 1760}{9,55 \times 1,5} + \frac{8,56}{(0,97 \times 0,96)}$$

$$M_h \cong 9,21 \text{ N.m}$$

Obs.

Considerando que as pistas de rolagem dos trilhos, podem acumular particulado e formando resistência adicional no caminho, consideraremos um fator adicional de segurança com relação ao dimensionamento do torque e potência.

FSa – fator de segurança adicional

$$FSa = 4$$

$$M_h = 9,21 \times FSa$$

$$M_h = 9,21 \times 4$$

$$M_h = 36,84 \text{ N.m}$$

$M_h \cong 37 \text{ N.m}$

4.7.10 Torque nominal

M_n – torque nominal (N.m)

P_n – potência nominal (KW)

n_m – rotação nominal (RPM)

$$P_n = 9,2 \text{ KW}$$

$$n_m = 1760 \text{ RPM}$$

$$Mn = \frac{Pn \times 9550}{n_m}$$

$$Mn = \frac{9,2 \times 9550}{1760}$$

$$Mn = 49,92 \text{ N.m}$$

Obs.

Considerando que as pistas de rolagem dos trilhos, podem acumular particulado e formando resistência adicional no caminho, consideraremos um fator adicional de segurança com relação ao dimensionamento do torque e potência.

FSa – fator de segurança adicional

$$FSa = 4$$

$$Mn = 49,92 \times FSa$$

$$Mn = 49,92 \times 4$$

$Mn \cong 200 \text{ N.m}$

4.8 Dimensionamento do inversor de frequência

4.8.1 Corrente nominal

Cn – corrente nominal (A)

Pn – potência nominal (kW)

Fp – fator de potência do motor

V – tensão (V)

η – rendimento do motor

$$P_n = 9,2 \text{ kW}$$

$$F_p = 0,84$$

$$V = 380 \text{ V}$$

$$\eta = 0,91$$

$$C_n = \frac{P_n \times 1000}{v \times \sqrt{3} \times F_p \times \eta}$$

$$C_n = \frac{9,2 \times 1000}{380 \times \sqrt{3} \times 0,84 \times 0,91}$$

$C_n \cong 18,29 \text{ A}$

4.8.2 Potência do inversor

O inversor deverá ser superior a potência nominal do motor por esse fato deve ser multiplicado por 2 ou 200 % a mas, conforme catalogo da Weg para regime de sobre carga pesada.

Pi = potência do inversor (kW)

Pn – potência nominal (kW)

Fa – fator de acréscimo

$$P_n = 9,2 \text{ kW}$$

$$F_a = 2$$

$$P_i = P_n \times F_a$$

$$P_i = 9,2 \times 2$$

$$P_i = 18,4 \text{ kW}$$

Foi especificado um inversor com potência de 18,5 KW, pois é o mais próximo de 18,4 KW no catálogo da Weg.

$$P_i = 18,5 \text{ kW}$$

4.8.3 Rotação síncrona

RPM1 – Rotação síncrona (RPM)

f – frequência (Hz)

Np – número de polos

$$RPM1 = 120 \times \frac{f}{N_p}$$

$$RPM1 = 120 \times \frac{60}{4}$$

$$RPM1 = 1800 \text{ RPM}$$

4.8.4 Especificação do inversor de frequência

Marca: Weg

Modelo: CFW700C 45POT4DB20

4.9 Dimensionamento do redutor

4.9.1 Rotação na saída do redutor

n_s – rotação da saída do redutor (RPM)

D_p – diâmetro primitivo do *sprocket* (m)

v – velocidade (m/min)

$$D_p = 1,721 \text{ M}$$

$$v = 0,025 \text{ M/s}$$

$$n_s = \frac{v}{\pi \times D}$$

$$n_s = \frac{1,5}{\pi \times 1,721}$$

$$n_s \cong 0.277$$

$n_s \cong 0,28 \text{ RPM}$

4.9.2 Relação de redução

$$i = \frac{n_m}{n_s}$$

$$i = \frac{1760}{0,28}$$

$$i \cong 6286$$

Obs.

Será utilizado uma relação de $i = 6400$, pós o fabricante patroniza a relação de redução.

$i = 6400$

4.9.3 Especificação do redutor

Marca: Rossi

Modelo: R3I4500UP1UP1L – 6400B31760

4.10 Dimensionamento do eixo

4.10.1 Especificando o valor da Carga concentrada

P_c – carga concentrada (Kgf)

V_o – volume da bandeja (m^3)

γ – peso específico do sínter (ton/m^3)

Pe – peso de cada bandeja (ton)

$$V_o = 0,54 \text{ m}^3$$

$$\gamma = 1,8 \text{ ton/m}^3$$

$$P_e = 0,85 \text{ ton}$$

$$P_c = (V_o \times \gamma \times P_e) \times 1000$$

$$P_c = \{(0,54 \times 1,8) + 0,85\} \times 1000$$

$$P_c = 1822 \text{ Kgf}$$

$$1 \text{ Kgf} = 9,81 \text{ N}$$

$P_c \cong 17874 \text{ N}$

Obs.

Devido ao risco de acúmulo de síter para encima do eixo, será multiplicado por fator de segura adicional.

FSa – fator de segurança adicional

$$FSa = 1,5$$

$$P_c = 17874 \times FSa$$

$$P_c = 17874 \times 1,5$$

$P_c = 26811 \text{ N}$

4.10.2 Diagrama de corpo livre

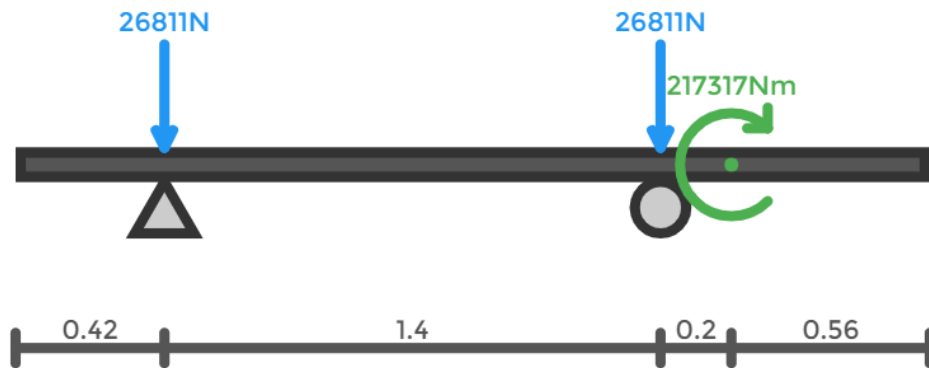


Figura 41 – Carregamento das forças e torque – Viga Online.

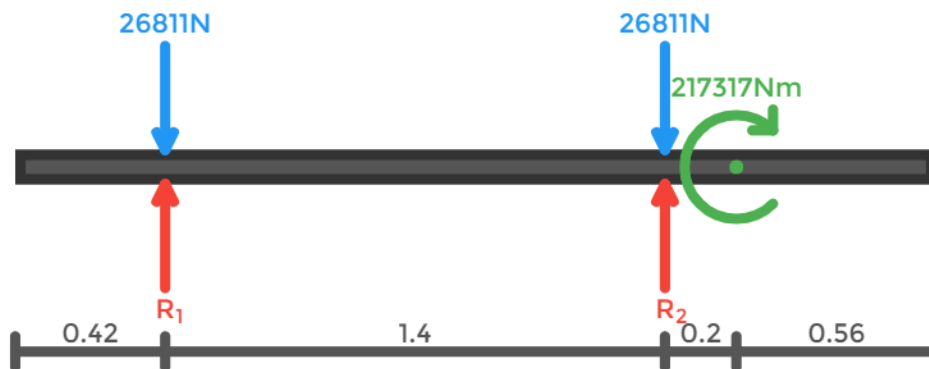


Figura 42 – Diagrama de corpo livre – Viga Online.

4.10.3 Somatório de forças

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 - 26811 + R_2 - 26811 = 0$$

$$R_1 + R_2 = 26811 + 26811$$

$$R_1 + R_2 = 53622 \text{ N}$$

$$R_1 = 53622 - R_2$$

$$R1 = 53622 - 182037$$

$$R1 = 128415 \text{ N}$$

4.10.4 Momento em R1

$$\sum R1 = 0$$

$$-(26811 \times 1,4) + (R2 \times 1,4) - 217317 = 0$$

$$1,4R2 = 37535,4 + 217317$$

$$R2 = \frac{254852,4}{1,4}$$

$$R2 = 182037 \text{ N}$$

$$R1 = 128415 \text{ N}$$

$$R2 = 182037 \text{ N}$$

4.10.5 Somatório de momento

$$\sum R1 = 0 \text{ N}$$

$$\sum R2 = (26811 \times 1,4) - (-128415 \times 1,4)$$

$$\sum R2 = (37535,4) + (179781)$$

$$\sum R2 \cong 217316 \text{ N}$$

$$\sum C = (26811 \times 1,6) - (-128415 \times 1,6) + (26811 \times 0,2) - (182037 \times 0,2) - 217317$$

$$\sum C = (42897,6) + (205464) + (5362,2) - (36407,4) - 217317$$

$$\sum C \cong 0 \text{ N}$$



Figura 43 – Diagrama esforço cortante – Viga Online.

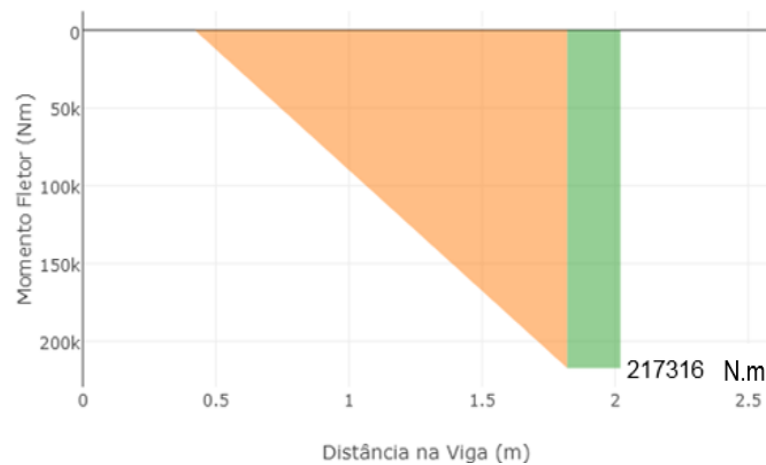


Figura 44 – Diagrama momento fletor – Viga Online.

$$M_{\max} = 217316 \text{ N.m}$$

$$1 \text{ Kgf} = 9,81 \text{ N}$$

$$M_{\max} \cong 22152 \text{ Kgf.m}$$

4.10.6 Característica do material do eixo

Material: SAE 1045

$$\sigma_e = 4100 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\sigma_r = 6700 \text{ Kgf/cm}^2$$

4.10.7 Tipo de carregamento

Carga respetiva com reversão

$$\tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2}$$

$$\tau_v = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2}$$

$$\tau_{\max} = \frac{\tau_{\max}}{Z}$$

$$\tau_{\min} = - \frac{\tau_{\max}}{Z}$$

Z = módulo de rigidez a torção

$$Z = 0,2 D^3$$

D – diâmetro

$$\tau_{\max} = \frac{22152}{0,2D^3}$$

$$\tau_{\max} = \frac{110760}{D^3} \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\tau_{\min} = -\frac{22152}{0,2D^3} \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\tau_{\min} = -\frac{110760}{D^3} \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\tau_m = \frac{\frac{110760}{D^3} + \left(-\frac{110760}{D^3}\right)}{2}$$

$$\tau_m = 0 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\tau_v = \frac{\frac{110760}{D^3} - \left(-\frac{110760}{D^3}\right)}{2}$$

$$\tau_v = \frac{\frac{221520}{D^3}}{2}$$

$$\tau_v = \frac{110760}{D^3} \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\tau_{\max} = \tau_v$$

4.10.8 Correção da tensão de fadiga

$$\tau_n = 0,5 \sigma_n$$

$$\sigma_n = 0,5 \sigma_r$$

$$\tau_n = 0,5 \times 0,5 \sigma_r$$

$$\tau_n = 0,5 \times 0,5 \times 6700$$

$$\tau_n = 1675 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\tau_n' = \tau_n \times \left(\begin{array}{c} \text{acabamento} \\ \text{de} \\ \text{superfície} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{diâmetro} \\ \text{estimado} \end{array} \right)$$

Gráfico em função do acabamento para correção da tenção de fadiga.

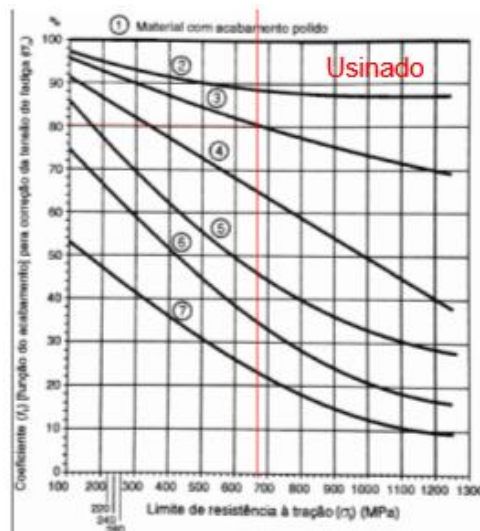


Tabela 7 – Gráfico do coeficiente em função do acabamento – Livro Órgão de máquinas.

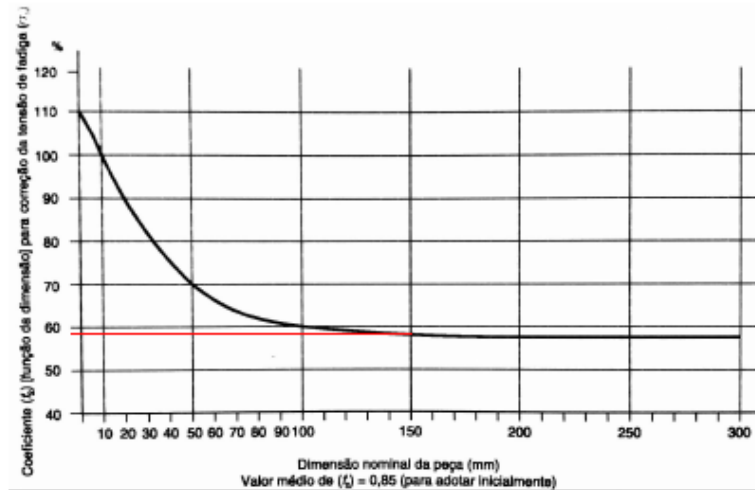


Tabela 8 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 150 mm – Livro Órgão de máquinas.

P/ Dia. 150 mm = 0,58

$$\tau_{n'} = 1675 \times 0,81 \times 0,58$$

$$\tau_{n'} \cong 786,92 \text{ Kgf/cm}^2$$

4.10.9 Cálculo do fator de segurança

FS – fator de segurança

a – relação de elasticidade

$$a = \frac{\sigma_r}{\sigma_e}$$

$$a = \frac{6700}{4100}$$

$$a \cong 1,6$$

b = Tipo de carga aplicada	Constante	1,0
	Variável sem reversão	1,5 a 2,0
	Variável com reversão	2,1 a 3,0
c = Modo de aplicação da carga	Gradualmente aplicada	1,0
	Subitamente aplicada	2,0
	Choque	2,1 a 5,0
d = Margem de segurança	Materiais dúcteis	1,5 a 3,0
	Choque	2,0 a 3,0

Tabela 9 – Tabela para determinar fator de segurança – Livro Órgão de máquinas.

b – tipo de carga aplicada – com reversão

$$b = 2,5$$

c – modo de aplicação da carga – subitamente aplicada

$$c = 2,0$$

d – margem de segurança – choque

$$d = 2,5$$

$$FS = a \times b \times c \times d$$

$$FS = 1,6 \times 2,5 \times 2,0 \times 2,5$$

$$FS = 20$$

4.10.10 Dimensionamento do diâmetro mínimo

$$\frac{1}{FS} = \frac{\tau_m}{\sigma_e} + \frac{\tau_v}{\tau_n}$$

$$\tau_m = 0 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\frac{1}{FS} = \frac{\tau_v}{\tau_n}$$

$$\frac{1}{20} = \frac{110760}{D^3}$$

$$D = \left(\sqrt[3]{FS \times \frac{\tau_v}{\tau_n}} \right) \times 10$$

$$D = \left(\sqrt[3]{20 \times \frac{110760}{786,92}} \right) \times 10$$

$$D \cong 141 \text{ mm}$$

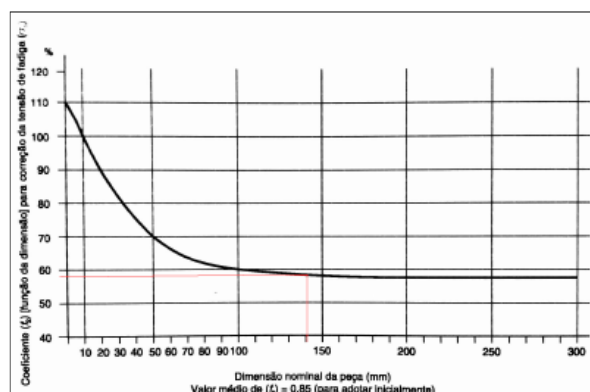


Tabela 10 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 141 mm – Livro Órgão de máquinas.

$$\tau_{n'} = \tau_n \times \left(\begin{array}{c} \text{acabamento} \\ \text{de} \\ \text{superfície} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{diâmetro} \\ \text{estimado} \end{array} \right)$$

$$P / \text{Dia. } 141 \text{ mm} = 0,57$$

$$\tau_{n'} = 1675 \times 0,81 \times 0,57$$

$$\tau_{n'} \cong 773,35 \text{ Kgf/cm}^2$$

Correção do diâmetro para 142 mm.

$$\frac{1}{FS} = \frac{\tau_v}{\tau_n}$$

$$\frac{1}{20} = \frac{\frac{110760}{D^3}}{773,35}$$

$$D = \left(\sqrt[3]{FS \times \frac{\tau_v}{\tau_n}} \right) \times 10$$

$$D = \left(\sqrt[3]{20 \times \frac{110760}{773,35}} \right) \times 10$$

$$D \cong 142 \text{ mm}$$

4.10.11 Dimensionando a seção A – A

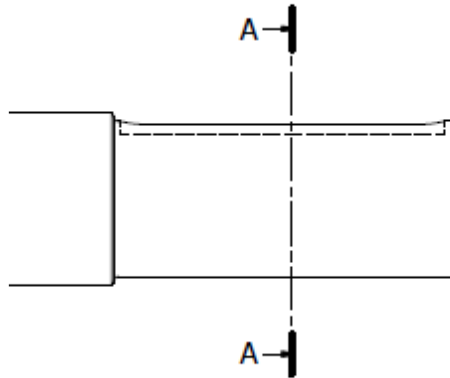


Figura 45 – Corte A – A – *AUTOCAD*

Kf – material recozido, sofrendo torção

$$K_f = 1,3$$

$$P / \text{Dia. } 142 \text{ mm} = 0,57$$

$$\tau_{n'} \cong 773,35 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\frac{1}{FS} = K_f \times \frac{\tau_v}{\tau_n}$$

$$\frac{1}{20} = 1,3 \times \frac{\frac{110760}{D^3}}{773,35}$$

$$D = \left(\sqrt[3]{FS \times K_f \times \frac{\tau_v}{\tau_n}} \right) \times 10$$

$$D = \left(\sqrt[3]{20 \times 1,3 \times \frac{110760}{773,35}} \right) \times 10$$

$$D \cong 155 \text{ mm}$$

Correção do diâmetro para 155 mm.

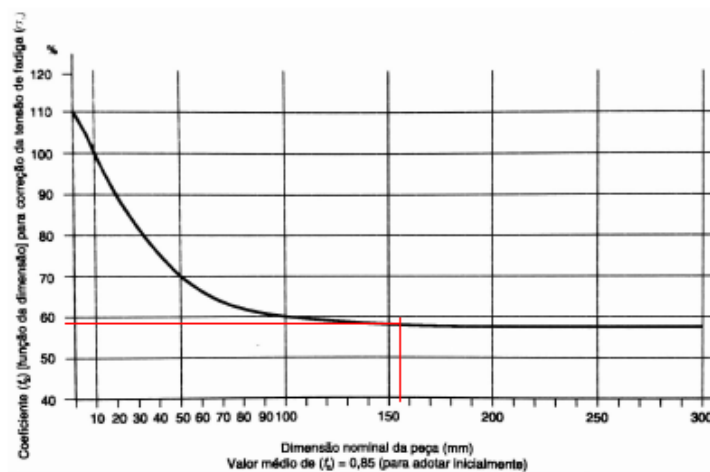


Tabela 11 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 155 mm – Livro Órgão de máquinas.

$$P/ \text{Dia. } 155 \text{ mm} = 0,58$$

$$\tau_{n'} = 1675 \times 0,81 \times 0,58$$

$$\tau_{n'} \cong 786,92 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{1}{FS} = K_f \times \frac{\tau_v}{\tau_n}$$

$$\frac{1}{20} = 1,3 \times \frac{\frac{110760}{D^3}}{786,92}$$

$$D = \left(\sqrt[3]{FS \times Kf \times \frac{\tau_v}{\tau_n}} \right) \times 10$$

$$D = \left(\sqrt[3]{20 \times 1,3 \times \frac{110760}{786,92}} \right) \times 10$$

$D \cong 154 \text{ mm}$

4.10.12 Dimensionando a seção B – B

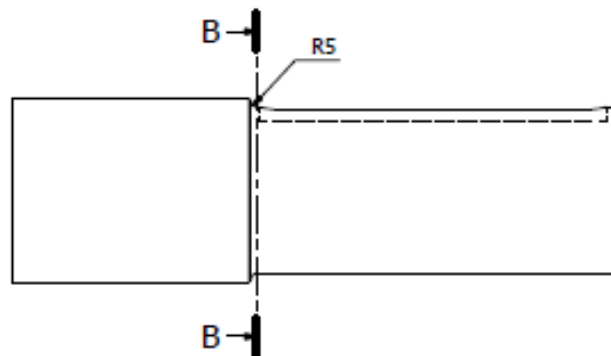


Figura 46 – Corte B – B - AUTOCAD.

D – diâmetro maior (mm)

d – diâmetro menor (mm)

r – raio

$$D = 164 \text{ mm}$$

$$d = 154 \text{ mm}$$

$$r = 5 \text{ mm}$$

$$\frac{r}{d} = \frac{5}{154}$$

$$\frac{r}{d} \cong 0,032$$

$$\frac{D}{d} = \frac{164}{154}$$

$$\frac{D}{d} \cong 1,06$$

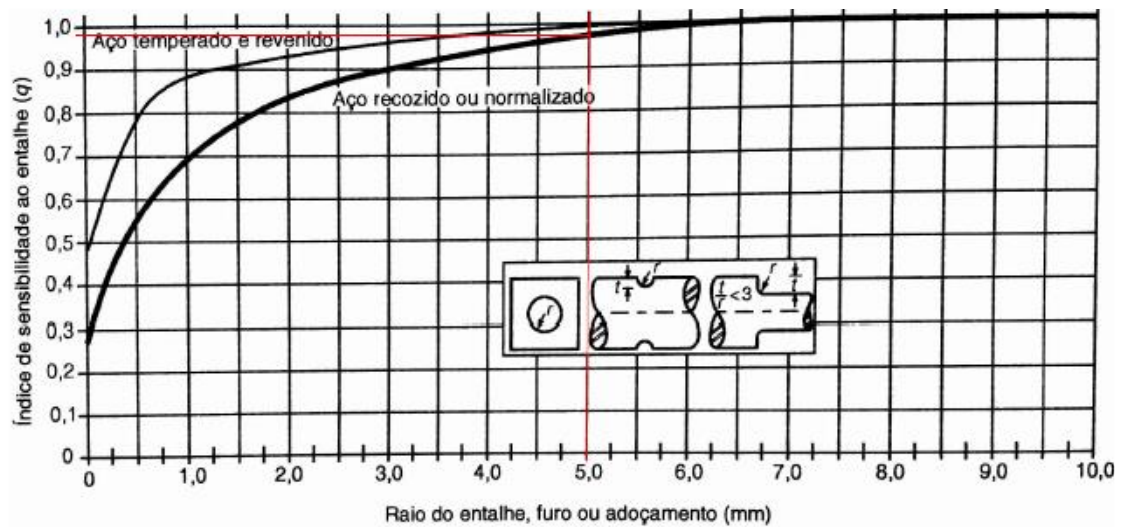


Tabela 12 – Gráfico do coeficiente em função do entalhe q para R 5 mm – Livro Órgão de máquinas.

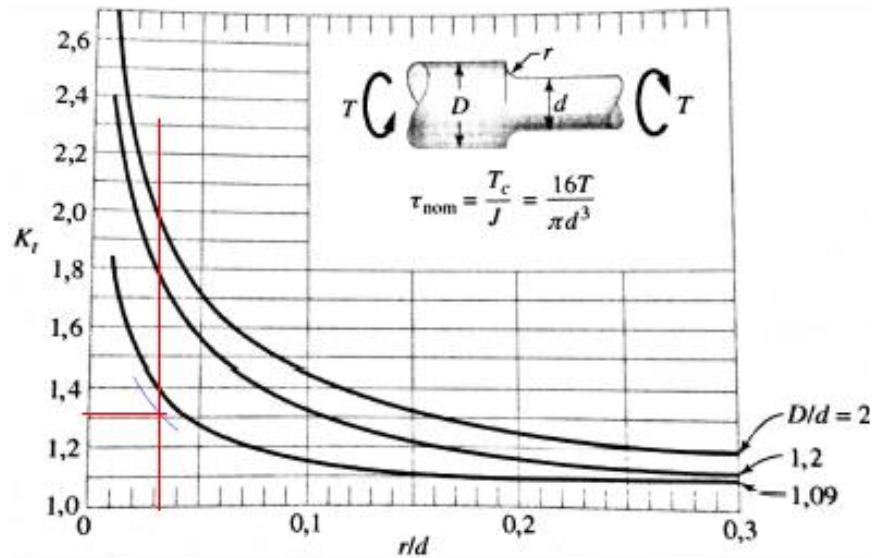


Tabela 13 – Gráfico do coeficiente em função do entalhe q para r/d 0,032 mm – Livro Órgão de máquinas.

$$q = 0,98$$

$$K_t = 1,31$$

$$K_f = 1 + q (K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0,98 \times (1,31 - 1)$$

$$K_f \cong 1,3$$

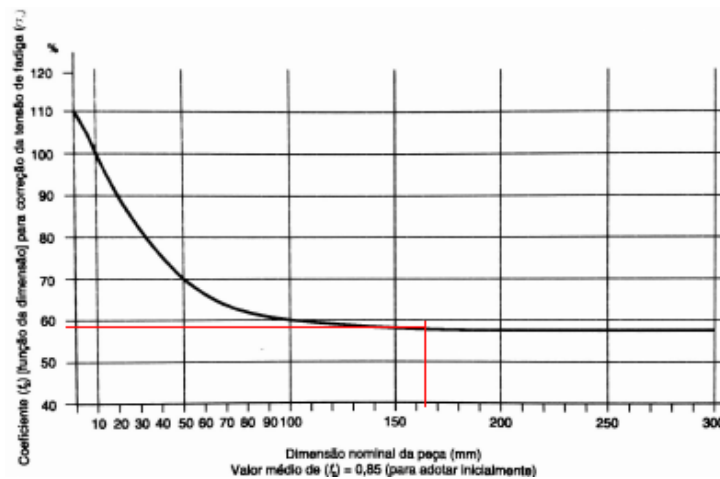


Tabela 14 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 164 mm – Livro Órgão de máquinas.

$$P / \text{Dia. } 164 \text{ mm} = 0,58$$

$$\tau_{n'} = 1675 \times 0,81 \times 0,58$$

$$\tau_{n'} \cong 786,92 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\frac{1}{FS} = K_f \times \frac{\tau_v}{\tau_n}$$

$$\frac{1}{20} = 1,3 \times \frac{\frac{110760}{D^3}}{786,92}$$

$$D = \left(\sqrt[3]{FS \times K_f \times \frac{\tau_v}{\tau_n}} \right) \times 10$$

$$D = \left(\sqrt[3]{20 \times 1,3 \times \frac{110760}{786,92}} \right) \times 10$$

$$D \cong 154 \text{ mm}$$

$$D = 170 \text{ mm}$$

Obs.

O diâmetro mínimo e de 154 mm, mas será utilizado o diâmetro de 170 mm para acompanhar o perfil do raio e também pelo motivo do diâmetro do rolamento do mancal do catalogo NSK.

4.10.13 Dimensionando a seção C – C

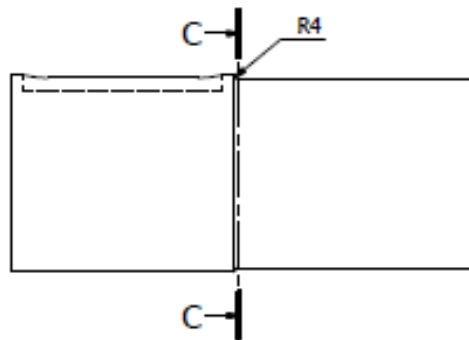


Figura 47 – Corte C – C - *AUTOCAD*.

D – diâmetro maior (mm)

d – diâmetro menor (mm)

r – raio

D = 178 mm

d = 170 mm

r = 4 mm

$$\frac{r}{d} = \frac{4}{170}$$

$$\frac{r}{d} \cong 0,024$$

$$\frac{D}{d} = \frac{178}{170}$$

$$\frac{D}{d} \cong 1,05$$

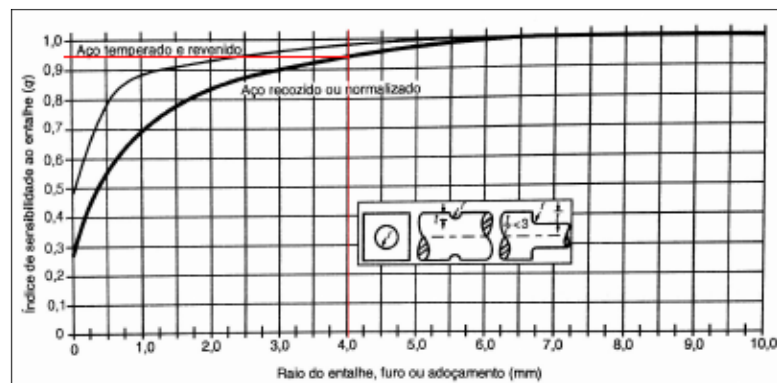


Tabela 15 – Gráfico do coeficiente em função do entalhe q para R 4 mm. Livro Órgão de máquinas.

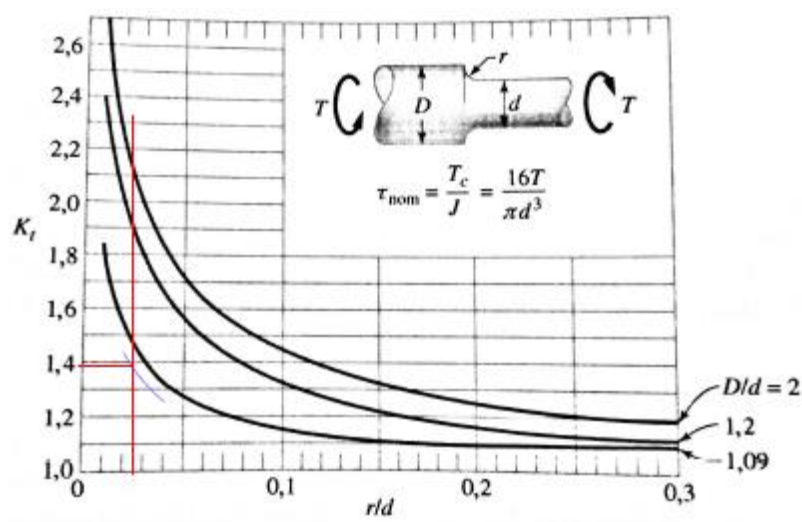


Tabela 16 – Gráfico do coeficiente em função do entalhe q para r/d 0,024 – Livro Órgão de máquinas.

$$q = 0,95$$

$$K_t = 1,38$$

$$K_f = 1 + q (K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0,98 \times (1,38 - 1)$$

$$K_f \cong 1,37$$

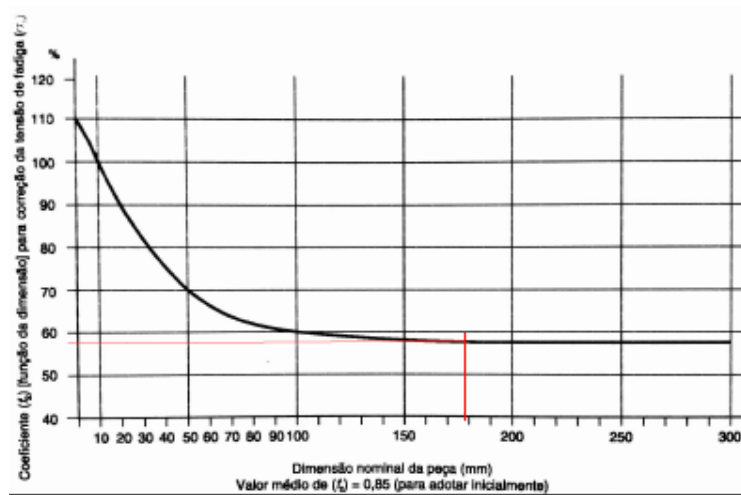


Tabela 17 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 178 mm. Livro Órgão de máquinas.

$$P / \text{Dia. } 178 \text{ mm} = 0,58$$

$$\tau_{n'} = 1675 \times 0,81 \times 0,58$$

$$\tau_{n'} \cong 786,92 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\frac{1}{FS} = K_f \times \frac{\tau_v}{\tau_n}$$

$$\frac{1}{20} = 1,37 \times \frac{\frac{110760}{D^3}}{786,92}$$

$$D = \left(\sqrt[3]{FS \times K_f \times \frac{\tau_v}{\tau_n}} \right) \times 10$$

$$D = \left(\sqrt[3]{20 \times 1,37 \times \frac{110760}{786,92}} \right) \times 10$$

$$D \cong 157 \text{ mm}$$

$$D = 178 \text{ mm}$$

Obs.

O diâmetro mínimo é de 157 mm, mas será utilizado o diâmetro de 178 mm para acompanhar o perfil do raio.

4.10.14 Dimensionando a seção D – D

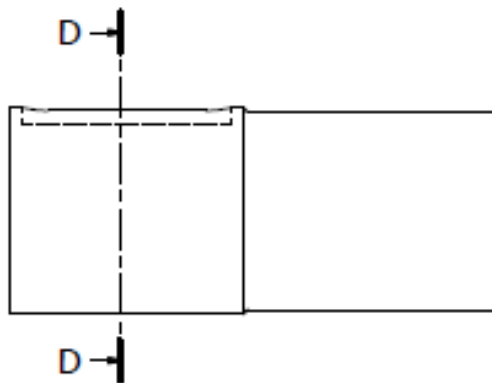


Figura 48 – Corte D – D - AUTOCAD.

Kf – material recozido, sofrendo torção

$$K_f = 1,3$$

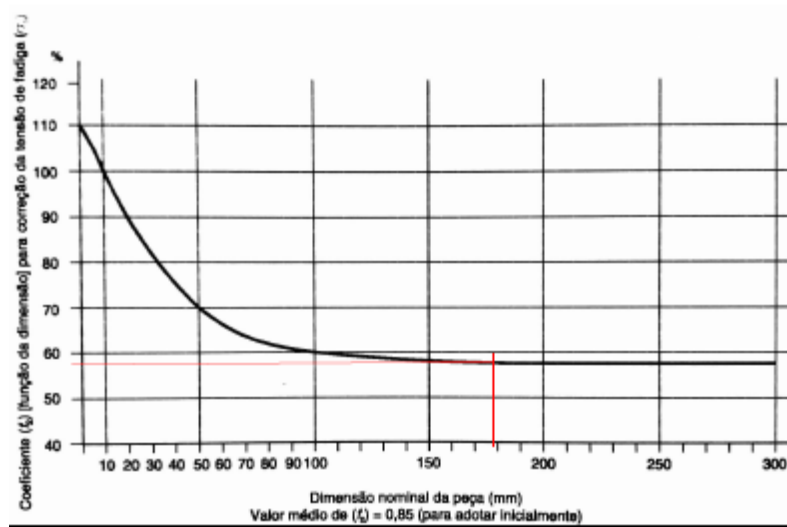


Tabela 18 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 178 mm – Livro Órgão de máquinas.

$$P / \text{Dia. } 178 \text{ mm} = 0,58$$

$$\tau_{n'} = 1675 \times 0,81 \times 0,58$$

$$\tau_{n'} \cong 786,92 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\frac{1}{FS} = K_f \times \frac{\tau_v}{\tau_n}$$

$$\frac{1}{20} = 1,3 \times \frac{\frac{110760}{D^3}}{786,92}$$

$$D = \left(\sqrt[3]{FS \times K_f \times \frac{\tau_v}{\tau_n}} \right) \times 10$$

$$D = \left(\sqrt[3]{20 \times 1,3 \times \frac{110760}{786,92}} \right) \times 10$$

$$D \cong 154 \text{ mm}$$

$D = 178 \text{ mm}$

Obs.

O diâmetro mínimo é de 154 mm, mas será utilizado o diâmetro de 178 mm para acompanhar o perfil do raio.

4.10.15 Dimensionando a seção E – E

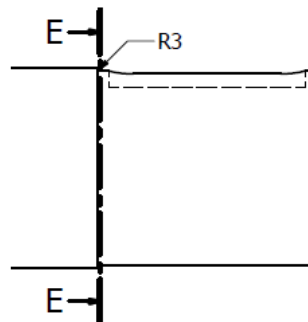


Figura 49 – Corte E – E - *AUTOCAD*.

D – diâmetro maior (mm)

d – diâmetro menor (mm)

r – raio

$$D = 184 \text{ mm}$$

$$d = 178 \text{ mm}$$

$$r = 3 \text{ mm}$$

$$\frac{r}{d} = \frac{3}{178}$$

$$\frac{r}{d} \cong 0,017$$

$$\frac{D}{d} = \frac{184}{178}$$

$$\frac{D}{d} \cong 1,03$$

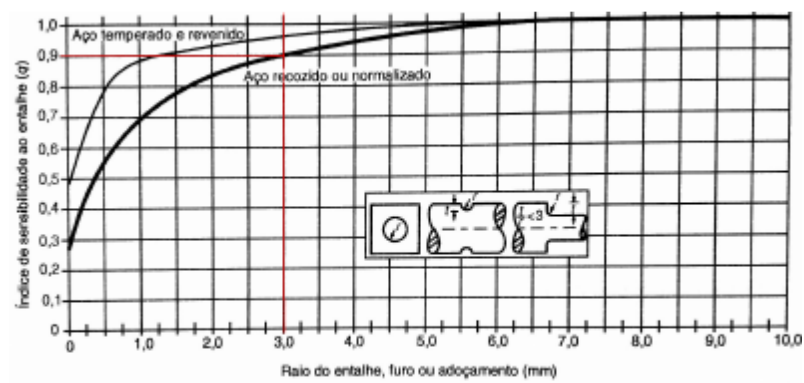


Tabela 19 – Gráfico do coeficiente em função do entalhe q para R 3 mm – Livro Órgão de máquinas.

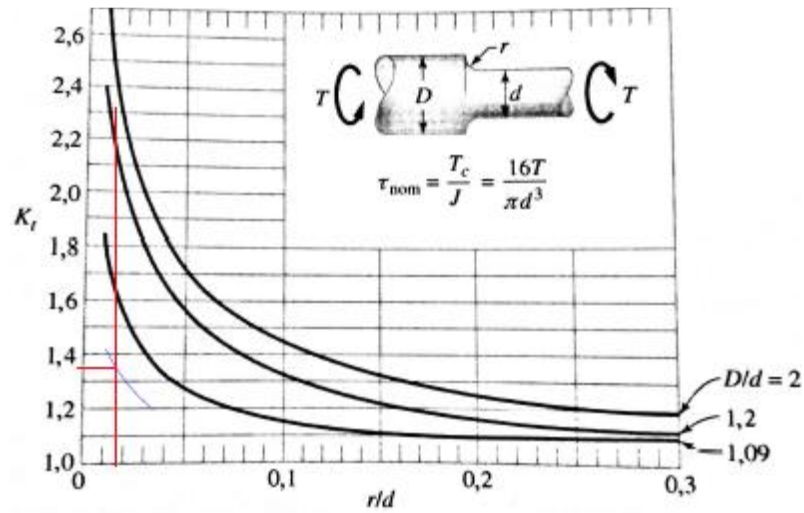


Tabela 20 – Gráfico do coeficiente em função do entalhe q para r/d 0,017 – Livro Órgão de maquinas.

$$q = 0,90$$

$$K_t = 1,34$$

$$K_f = 1 + q (K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0,90 \times (1,34 - 1)$$

$$K_f \cong 1,31$$

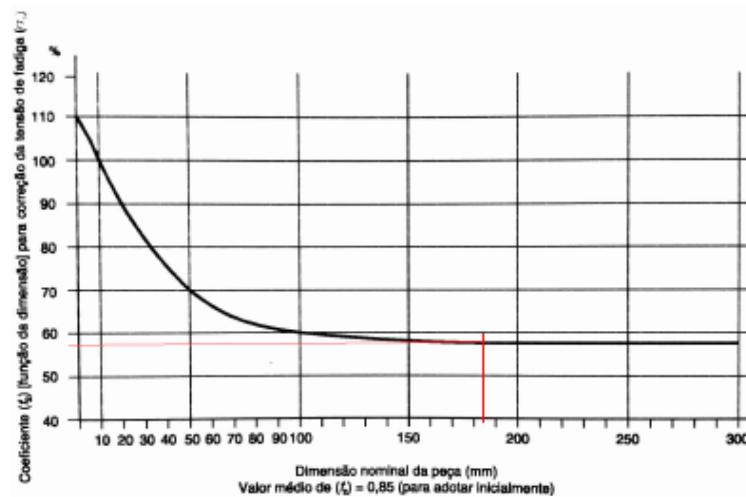


Tabela 21 – Gráfico do coeficiente em função do diâmetro de 184 mm – Livro Órgão de maquinas.

P/ Dia. 184 mm = 0,58

$$\tau_{n'} = 1675 \times 0,81 \times 0,58$$

$$\tau_{n'} \cong 786,92 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\frac{1}{FS} = K_f \times \frac{\tau_v}{\tau_n}$$

$$\frac{1}{20} = 1,31 \times \frac{\frac{110760}{D^3}}{786,92}$$

$$D = \left(\sqrt[3]{FS \times K_f \times \frac{\tau_v}{\tau_n}} \right) \times 10$$

$$D = \left(\sqrt[3]{20 \times 1,31 \times \frac{110760}{786,92}} \right) \times 10$$

$$D \cong 155 \text{ mm}$$

$$D = 184 \text{ mm}$$

Obs.

O diâmetro mínimo é de 155 mm, mas será utilizado o diâmetro de 184 mm para acompanhar o perfil do raio.

4.11 Dimensionamento do acoplamento

T – torque (N.m)

Pn – potência nominal

FS – fator de segurança

n_s – rotação de saída

Aplicação	Fator de serviço
Canecas	1,25
Correia, peças para montar, esteira, corrente, palhetas, rosca	1,0
Roletes, vibratório e de válvem.....	3,0

Tabela 22 – Fator de serviço – Catálogo REXNORD.

$P_n = 9,2 \text{ KW}$

$FS = 1$

$n_s = 0,28 \text{ RPM}$

$$T = \frac{P_n \times 9550 \times FS}{n_s}$$

$$T = \frac{9,2 \times 9550 \times 1}{0,28}$$

$T \cong 313786 \text{ N.m}$

4.11.1 Especificação do acoplamento

Marca: Ecotork

Modelo: TT 80

tamanho	capacidade T_{Kmax} N.m	rotação máxima n_{max} min ⁻¹	dimensões											fixação do flange				peso P_t kg	momento de inércia J kg.m ²
			d_1 máx mm	D_1 mm	D_2 mm	D_3 mm	L mm	l_1 mm	l_2 mm	s mm	d_3 mm	R	n	M_f	l_f mm	M_A N.m			
TTM 22	8.800	3408	100	224	145	240	281	115	97	10	120	M8	15	M16	35	270	36	0,135	
TTM 25	12.800	3054	110	250	160	266	315	130	107	10	135	M8	15	M16	40	270	49	0,232	
TTM 28	17.800	2726	125	280	185	296	359	150	126	10	150	M10	18	M18	45	370	72	0,404	
TTM 32	25.900	2423	140	315	205	331	385	160	136	10	170	M10	18	M20	45	520	95	0,686	
TTM 36	37.200	2150	170	355	250	371	429	180	151	10	205	M12	18	M20	50	520	138	1,252	
TTM 40	55.700	1908	180	400	270	416	462	190	161	10	235	M12	15	M24	55	900	195	2,425	
TTM 45	77.700	1696	210	450	310	470	483	200	170	10	260	M16	18	M24	55	900	254	3,869	
TTM 50	110.800	1527	230	500	335	520	559	235	200	14	275	M16	18	M24	60	900	340	6,265	
TTM 56	151.900	1363	270	560	405	580	568	235	200	14	325	M20	18	M27	65	1.320	477	11,145	
TTM 63	197.300	1212	315	630	460	650	622	255	219	14	380	M20	18	M30	70	1.800	666	19,534	
TTM 71	304.700	1075	350	710	515	740	732	315	269	14	410	M24	27	M30	80	1.800	969	34,258	
TTM 80	424.000	954	410	800	600	830	790	340	294	14	490	M24	36	M30	80	1.800	1350	59,939	
TTM 90	589.500	848	500	900	740	940	807	345	288	14	585	M30	36	M30	90	1.800	1933	118,514	

Tabela 23 – Especificação do acoplamento – Catálogo ECOTORK.

4.12 Dimensionamento do mancal com rolamento autocompensador de rolos



Figura 50 – Representação da carga radial – Livro Noton.

F_r – carga radial

Quando o rolamento estiver parado ou com oscilação lenta, é dimensionado por meio da capacidade de carga estática, ($n < 10$ RPM).

4.12.1 Dimensionamento da capacidade da carga estática

(Co) – Carga estática (N)

Fs – fator de esforços estáticos

Po – carga estática equivalente (N)

Fator de esforços estáticos (Fs)
$1,5 \leq F_s \leq 2,5$ para exigência elevadas
$1,0 \leq F_s \leq 1,5$ para exigência elevadas
$0,7 \leq F_s \leq 1,0$ para exigência elevadas

Tabela 24 – Fator de esforços – Livro Noton.

$$F_s = 2,5$$

$$P_o = 217316 \text{ N}$$

$$C_o = F_s \times P_o$$

$$C_o = 2,5 \times 217316$$

$$C_o = 543290 \text{ N}$$

4.12.2 Especificação do mancal

Marca: NSK

Modelo do mancal: Lado livre – SD 3038S

Lado fixo – SD 3038SG

Modelo do rolamento: 23038CAKEA

4.13 Dimensionamento da chaveta

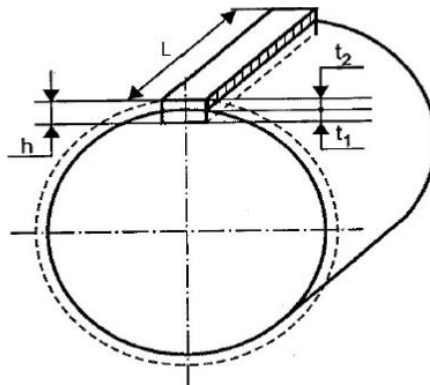


Figura 51 – Representação da chaveta – Livro Noton.

Para o dimensionamento das chavetas foram utilizadas as normas:

ABNT 6375/1985

DIN 6885

4.13.1 característica da chaveta

Material: SAE 1020

$$\sigma_d = 100 \text{ Mpa}$$

$$\tau = 60 \text{ Mpa}$$

4.13.2 cálculo da chaveta entre o eixo e o acoplamento

$$\varnothing 154 \text{ mm} \begin{cases} b=40 \text{ mm} \\ h=22 \text{ mm} \\ t_1=13 \text{ mm} \end{cases}$$

4.13.3 cálculo da força tangencial

Ft – força tangencial

Fa – força aplicada

FSa – fator de segurança

Obs.

Considerando que as pistas de rolagem dos trilhos, podem acumular particulado e formando resistência adicional no caminho, consideraremos um fator adicional de segurança com relação ao dimensionamento do torque e potência.

$$FSa = 4$$

$$Fa \cong 63137 \text{ N}$$

$$Ft = Fa \times FSa$$

$$Ft = 63137 \times 4$$

$Ft = 252548 \text{ N}$

4.13.4 cálculo do comprimento da chaveta a partir do cisalhamento

L_c – comprimento da chaveta (mm)

b – largura da chaveta (mm)

$$\tau = 60 \text{ Mpa}$$

$$b = 40 \text{ mm}$$

$$\tau = \frac{Ft}{b \times L_c}$$

$$L_c = \frac{Ft}{b \times \tau}$$

$$L_c = \frac{252548}{40 \times 60}$$

$L_c \cong 105 \text{ mm}$

4.13.5 cálculo do comprimento da chaveta a partir do esmagamento

L_e – comprimento da chaveta (mm)

h – altura da chaveta (mm)

t_1 – profundidade de rasgo da chaveta (mm)

$$h = 22 \text{ mm}$$

$$t_1 = 13 \text{ mm}$$

$$\sigma_d = 100 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_d = \frac{Ft}{L_e \times (h - t_1)}$$

$$L_e = \frac{Ft}{\sigma_d \times (h - t_1)}$$

$$L_e = \frac{252548}{100 \times (22 - 13)}$$

$$L_e \cong 281 \text{ mm}$$

Obs.

O comprimento mínimo da chaveta será $L_{\min} = 281 \text{ mm}$, pós $L_e > L_c$, mas de acordo como norma DIN 6885 que estabelece o comprimento patronizado, deverá ser:

$$L = 320 \text{ mm}$$

Chaveta NBR 6375 – B 40 x 20 x 320

4.13.6 cálculo da chaveta entre o eixo e o *sprocket*

$$\emptyset 178 \text{ mm} \begin{cases} b=45 \text{ mm} \\ h=25 \text{ mm} \\ t_1=15 \text{ mm} \end{cases}$$

4.13.7 cálculo da força tangencial

Ft – força tangencial

Fa – força aplicada

FSa – fator de segurança

Obs.

Considerando que as pistas de rolagem dos trilhos, podem acumular particulado e formando resistência adicional no caminho, consideraremos um fator adicional de segurança com relação ao dimensionamento do torque e potência.

$$FSa = 4$$

$$Fa \cong 63137 \text{ N}$$

$$Ft = Fa \times FSa$$

$$Ft = 63137 \times 4$$

$Ft = 252548 \text{ N}$

4.13.8 cálculo do comprimento da chaveta a partir do cisalhamento

L_c – comprimento da chaveta (mm)

b – largura da chaveta (mm)

$$\tau = 60 \text{ Mpa}$$

$$b = 45 \text{ mm}$$

$$\tau = \frac{Ft}{b \times L_c}$$

$$L_c = \frac{Ft}{b \times \tau}$$

$$L_c = \frac{252548}{45 \times 60}$$

$$L_c \cong 94 \text{ mm}$$

4.13.9 cálculo do comprimento da chaveta a partir do esmagamento

L_e – comprimento da chaveta (mm)

h – altura da chaveta (mm)

t_1 – profundidade de rasgo da chaveta (mm)

$$h = 25 \text{ mm}$$

$$t_1 = 15 \text{ mm}$$

$$\sigma_d = 100 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_d = \frac{Ft}{L_e \times (h - t_1)}$$

$$L_e = \frac{Ft}{\sigma_d \times (h - t_1)}$$

$$L_e = \frac{252548}{100 \times (25 - 15)}$$

$$L \cong 253 \text{ mm}$$

Obs.

O comprimento mínimo da chaveta será $L_{\min} = 253 \text{ mm}$, pós $L_e > L_c$, mas de acordo como norma DIN 6885 que estabelece o comprimento patronizado, deverá ser:

$$L = 280 \text{ mm}$$

Chaveta NBR 6375 – B 45 x 25 x 280

4.14 Dimensionamento do freio hidráulico a disco

F_a – força de atrito (N)

μ_{atr} – coeficiente de atrito do material das pastilhas

F_f – força de frenagem (N)

L_p – largura das pastilhas (M)

D_c – diâmetro externo do disco (M)

T_f – torque de frenagem (N.m)

R_m – raio médio de frenagem (M)

4.14.1 Força de atrito

$\mu_{\text{atr}} = 0,4$ – de acordo com catálogo Tec Tor

$$F_n = 63137 \text{ N}$$

$$F_a = \mu_{\text{atr}} \times F_n$$

$$F_a = 0,4 \times 63137$$

$$F_a \cong 25255 \text{ N}$$

4.14.2 Força de frenagem

$$F_a = 25255 \text{ N}$$

$$F_f = 2 \times f_a$$

$$F_f = 2 \times 25255$$

$$F_a \cong 50510 \text{ N}$$

4.14.3 Raio médio de frenagem

Disco Disco	Valores Permitidos Valores Admissíveis			Dimensiones Dimensões													
	\emptyset [mm]	FHGE-120 [Nm] Torque de Frenado Torque de Frenagem	N_{max} [N] Fuerza de Frenado Força de Frenagem	N_{max} [rpm] Veloc. Rot. Máx. Rotação Máxima	A [mm]	B [mm]	B_1 [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	G [mm]	H [mm]	J x n [mm]	K [mm]	e [mm]	X_{min} [mm]
2.000	404.930	434.240	320	540	311	355	75	90	100	38	137	234	Ø37 (x12)	504	Dep. de aplicación Dep. da aplicação	160	67,5
2.200	448.950	434.240	290	540	311	355	75	90	100	38	137	234	Ø37 (x12)	504	Dep. de aplicación Dep. da aplicação	160	67,5
2.400	491.775	434.240	260	540	311	355	75	90	100	38	137	234	Ø37 (x12)	504	Dep. de aplicación Dep. da aplicação	160	67,5
2.600	535.200	434.240	230	540	311	355	75	90	100	38	137	234	Ø37 (x12)	504	Dep. de aplicación Dep. da aplicação	160	67,5
2.800	578.625	434.240	200	540	311	355	75	90	100	38	137	234	Ø37 (x12)	504	Dep. de aplicación Dep. da aplicação	160	67,5
3.000	622.050	434.240	170	540	311	355	75	90	100	38	137	234	Ø37 (x12)	504	Dep. de aplicación Dep. da aplicação	160	67,5

Tabela 25 – Dimensões do freio – Catálogo *VULKAN DRIVE TECH*.

$$D_c = 2 \text{ M}$$

$$L_p = 0,135 \text{ M}$$

$$R_m = \frac{\left(\frac{D_c}{L_p}\right)}{2}$$

$$R_m = \frac{\left(\frac{2}{0,135}\right)}{2}$$

$$R_m \cong 7,41 \text{ m}$$

4.14.4 Torque de frenagem

$$T_f = F_f \times R_m$$

$$T_f = 50510 \times 7,41$$

$$R_m \cong 374279 \text{ N.m}$$

4.14.5 Especificação do freio

Marca: Vulkan Drive Tech

Modelo: FHGE – 120

5 ORÇAMENTO

Itens	Quantidade	Peso	Valor R\$
Bandejas	80 peças	68.000 Kg	R\$ 136.000,00
Corrente – Indusco	80 elos	3.300 Kg	R\$ 14.850,00
Sprocket	1 peça	8.952,12Kg	R\$ 44.760,60
Motor trifásico – Weg IP55 – W22 IR 2	1 peça	74,80 Kg	R\$ 1.462,00
Inversor de frequência – Weg CFW700C 45POT4DB20	1 peça		R\$ 4.609,14
Redutor – Rossi R3I4500UP1UP1L – 6400B31760	1 peça	2.750 Kg	R\$ 150.000,00
Eixo ø 184 x 2580 mm	1 peça	539 Kg	R\$ 36.370,00
Chaveta – B 40 x 20 x 320	1 peça	2,01 Kg	R\$ 15,00
Chaveta – B 45 x 25 x 280	1 peça	2,47 Kg	R\$ 10,00
Acoplamento – Ecotork – TT 80	1 peça	1,09 Kg	R\$ 370,00
Mancal autocompensador de rolos NSK	1 peça	79 Kg	R\$ 4.130,72
Frio hidráulico - Vulkan Drive Tech FHGE – 120	1 peça	204 Kg	R\$ 5.145,55
			Valor total R\$ 397.722,41

Obs.

Os valores e os pesos foram aproximados ou estimados para o fim de ter uma estimativa do projeto.

6 CONCLUSÃO

Neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é apresentado o projeto de dimensionamento de um transportador metálico, que possui na sua construção uma ampla gama de aplicações, dentre elas está na indústria siderúrgica que utiliza o processo de sinterização no alto forno que foi o foco dessa atividade.

Para a elaboração desse trabalho, a principal dificuldade encontrada foi a falta de material sobre o diferencial das empresas envolvidas nos projetos e construções de transportadores que fazem com que o conhecimento técnico não seja muito acessível. Contudo, esse foi o grande obstáculo para a real criação deste documento devido a carência de assuntos técnicos no que se refere aos transportadores metálicos, este projeto teve como objetivo demonstrar a metodologia aplicada, podendo ser um guia/manual para engenheiros ou técnicos que trabalham ou objetivam trabalhar neste setor.

Os estudos e análises feitos tiveram basicamente dois pontos de foco, que foram: a capacidade de carga de sínter transportado e regime de trabalho diário. Os cálculos teóricos demonstraram que a resistência ao movimento, o motor elétrico e o redutor de velocidade estão acima da exigida pela carga transportada no qual os cálculos também demonstraram o mesmo. Portanto, este sistema está apto para atuar com a carga exigida para a nova realidade. No entanto, na prática, este sistema falha, e estas falhas estão atribuídas a fatores externos, como: particulados que acumulam nas pistas de rolagem dos trilhos e no eixo do redutor; desgaste das bandejas; sujidades nos roletes e correntes. Enfim, todos esses fatores geram o travamento no transportador metálico o que torna o sistema inadequado.

Desta maneira, conclui-se que o objetivo proposto fora alcançado juntamente com o amadurecimento pessoal e profissional, sendo que com o estudo também foi possível colocar em prática conhecimentos adquiridos ao longo do curso referente ao produto estudado. Conclusão, cabe ressaltar que esse trabalho compreende várias áreas de estudo da engenharia mecânica como projeto do produto, resistência dos

materiais, normas, orçamentos, segurança, cálculos, equipamentos elétrico e de automação servindo de base para estudos futuros e aperfeiçoamentos de técnicas utilizadas.

7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AUMUND<<https://www.aumund.com>>. Acessado em 20/08/2018.

BRITANNICA<<https://www.britannica.com/technology/conveyor>>. Acessado em 01/09/2018.

BEUMER<<https://www.beumergroup.com>>. Acessado em 20/08/2018.

CCOHS<https://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/conveyor_safety.html>. Acessado em 15/08/2018.

Catálogo – Inversores de frequência – WEG.

Catálogo – Motores elétricos – WEG.

Catálogo – HAZEMAZ.

Catálogo – THYSENTRUPP.

Catálogo – GOESSLING USA, INC.

Catálogo – TSUBAKI.

Catálogo Conveyor chains – SENQCIA.

Catálogo de correntes industriais – INDUSCOR.

Catálogo de rolamentos – NSK.

Catálogo de redutores – ROSSI.

Catálogo de freio hidráulico a disco – VULKAN DRIVE TECH.

Catálogo de acoplamento – ECOTORK.

Catálogo de acoplamento – FALK.

Catálogo – TRF

Catálogo – AEC-USA

Catálogo – AMUND

Catálogo –METSO

Catálogo – WEBSTER

Catálogo – RENOLD JEFFREY

Catálogo – BEUMER

Conveyors<<https://www.chemanager-online.com/en/products/plant-engineering-components/belt-apron-conveyors-better-choice>>. Acessado em 22/10/2018.

Esteira<<http://www.esteiratransportadora.com.br/sistemas-transportadores-continuos.html>>. Acessado em 17/10/2018.

EBAH<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgb2AAB/transportadores-continuos>>. Acessado em 12/09/2018.

FLOSTOR<<https://www.flostor.com/conveyor/introduction-to-conveyors.html>>. Acessado em/ 10/10/2018.

FLOSTOR<<https://www.flostor.com/conveyor/introduction-to-conveyors.html#TWO>>. Acessado em 25/09/2018.

GIEICOM<<http://blog.gieicom.com/english/what-are-air-conveyors-and-their-advantages>>. Acessado em 14/10/2018

INTELOG<http://www.intelog.net/site/default.asp?TroncoID=907492&SecaoID=508074&SubsecaoID=609211&Template=../artigosnoticias/user_exibir.asp&ID=736611&Titulo=Transportadores%20cont%EDnuos%20atendem%20a%20diferentes%20aplica%E7%F5es>. Acessado em 06/10/2018.

Livro – Projetos de maquinas – Robert L. Norton.

Livro – Conveyor and related – A. Spivakovsky and V. Dyachvov.

Livro – Mecânica técnica e resistência dos materiais – Sakis Melconiam.

Livro – Órgãos de máquinas dimensionamento - J. R. de Carvalho / Paulo Moraes.

LEMAQU<<https://www.lemaqu.com.br/news/NR-12--Seguranca-em-Esteiras-Transportadoras-14>>. Acessado em 21/09/2018.

Linkedin<<https://pt.linkedin.com/pulse/introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-transportadores-de-correia-alexandre-calijorne>>. Acessado em 24/09/2018.

Manual – Manual de transportadores contínuos – FAÇO.

METSO<<https://www.metso.com>>. Acessado em 22/08/2018.

MHI<<http://www.mhi.org/fundamentals/conveyors>>. Acessado em 10/09/2018.

MOTRIDAL<<http://www.motridal.com/en/bulk-material-handling/conveyors/>>.
Acessado em 30/09/2018

NORCALCOMPACTORS<<https://www.norcalcompactors.net/benefits-of-using-conveyor-systems-in-different-industries/>>. Acessado em 10/09/2018.

NR12<http://www.trabalhoseguro.com/NR/NR12/Transportadores_de_materiais.html>. Acessado em 05/09/2018.

Norma – ABNT NBR 6375.

Norma – ABNT NBR 8400.

Norma – DIN 6885.

REVISTAMT <<http://www.revistamt.com.br/Materias/Exibir/nr-12-amplia-exigencias-de-seguranca-em-transportadores-de-correias?Pagina=1>>. Acessado em 27/10/2018.

Sistemas de transportes contínuos<<http://c5eastra.blogspot.com/2011/06/sistemas-de-transportes-continuos.html>>. Acessado em 23/09/2018.

SHERBROOKE<<http://www.sherbrooke-oem.com/apron-conveyor>>. Acessado em 30/08/2018.

THAMIL<<http://www.thamil.com.br/transportadores-continuos.html>>. Acessado em 25/08/2018.

THOMASNET < <https://www.thomasnet.com/articles/plant-facility-equipment/types-of-conveyors>>. Acessado em 30/08/2018.

Transportadores contínuos<<http://logoslogistiki2.blogspot.com/2012/04/sistemas-de-transportadores-continuos.html>>. Acessado em 09/10/2018.

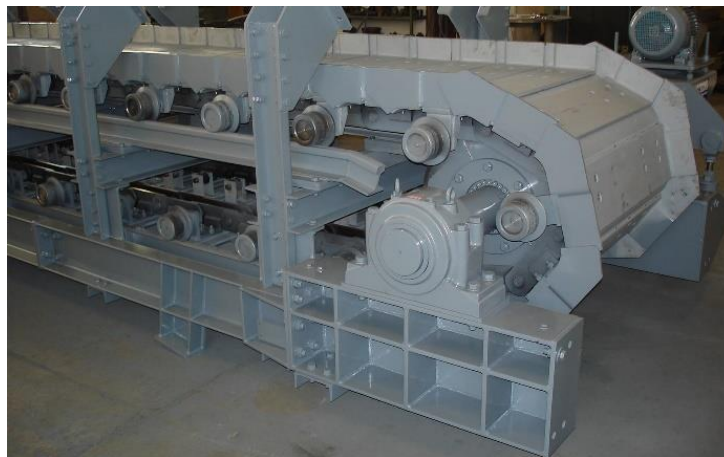
ULTIMATIONINC<<https://www.ultimationinc.com/products/conveyors/chain-conveyor/>>. Acessado em 02/11/2018.

USP<<http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840789/179/Cap10-TransportesdeMateriais.pdf>>. Acessado em 28/09/2018.

8 FIGURAS



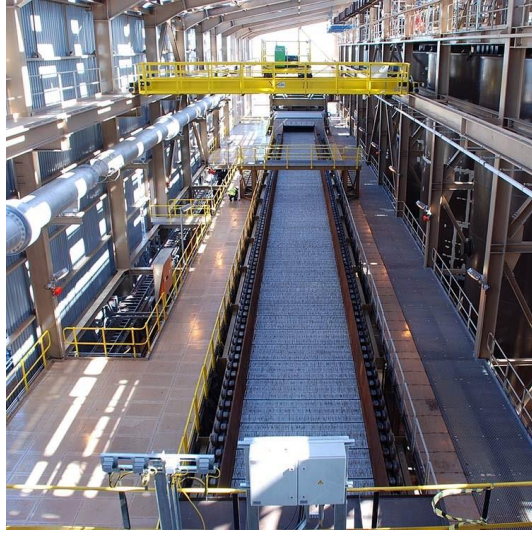
Catálogo *METSO*.



Catálogo *WEBSTER INDUSTRIES*.



Catálogo *WEBSTER INDUSTRIES*.



Catálogo *AUMUND*.



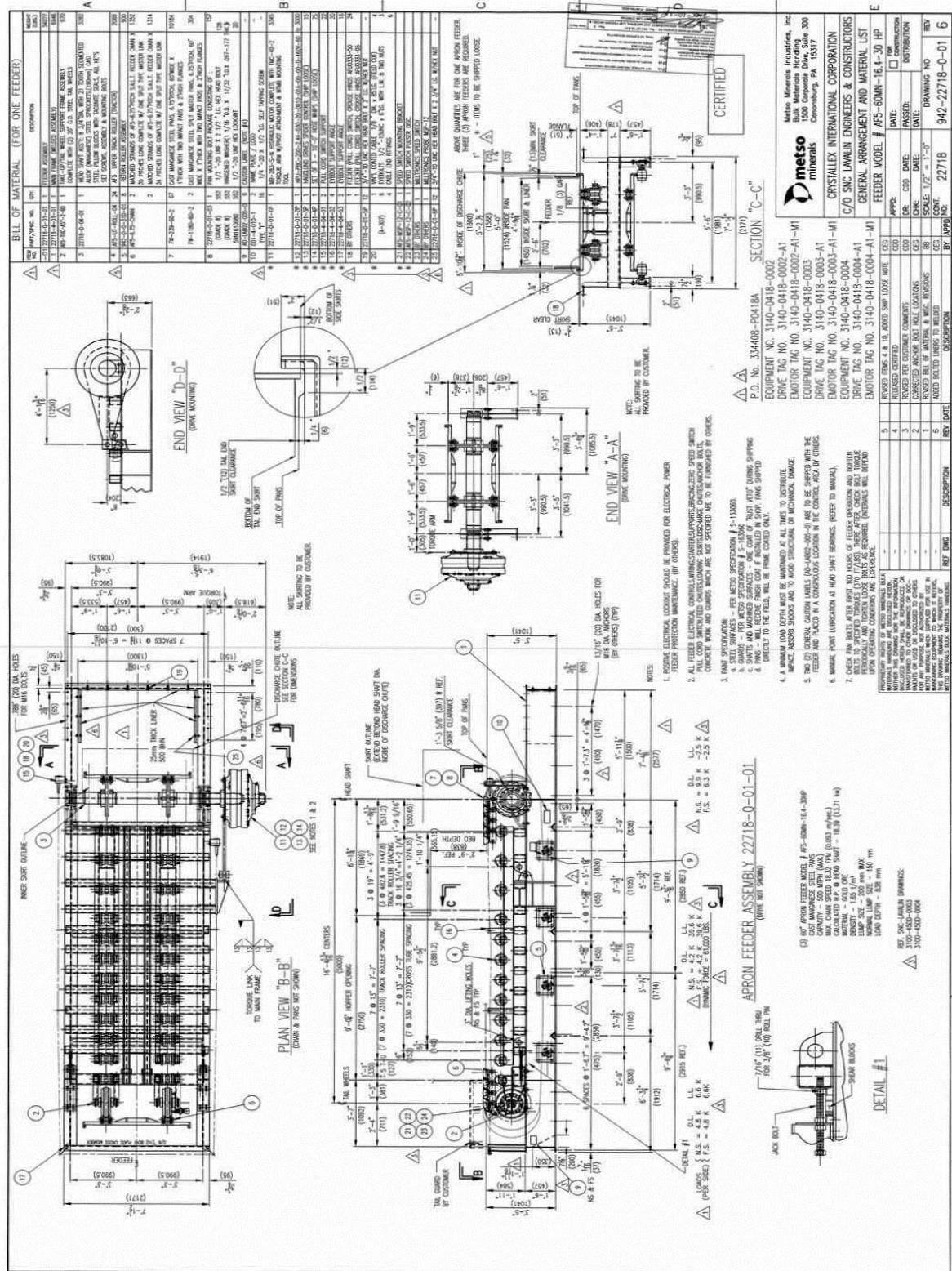
Catálogo *AUMUND*.



Catálogo *METSO*.

ANEXO A

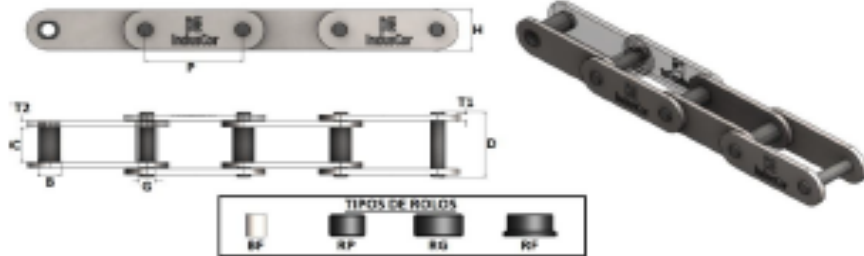
Desenho de montagem do apron conveyor Metso.



ANEXO B

Catálogo de corrente Induscor.

CORRENTES TRANSPORTADORAS PADRÃO EUROPEU COM PINOS SÓLIDOS SÉRIE M
(BASEADAS NAS NORMAS ISO 1977 / DIN 8167)



REFERÊNCIA INDUSCOR	PASSO P MM	ENTRE PLACAS C MM	Ø ROLO B				Ø PINO G MM	ALTURA PLACA H MM	ESPESSURA PLACA T1 / T2 MM	LARGURA TOTAL D MM	CARGA RUPTURA KH	PESO APROX. KG/M			
			RP	RP	RG	RP						RP	RP	RG	RP
IC-M20P40	40,00	15,50	9	12,50	25	32	8	18	3,20	28	20	1,29	1,45	2,51	2,07
IC-M20P50	50,00											1,19	1,32	2,16	2,46
IC-M20P63	63,00											1,11	1,21	1,80	2,11
IC-M20P80	80,00											1,04	1,12	1,85	1,83
IC-M20P100	100,00	18	10	15	30	36	7	20	3,20	33	28	2,50	2,82	4,24	4,52
IC-M20P125	125,00											2,24	2,45	3,57	3,80
IC-M20P150	150,00											1,90	2,14	3,02	3,20
IC-M20P160	160,00											1,70	1,91	2,82	2,78
IC-M20P180	180,00	20	11	18	36	45	8	25	3,20 / 4,00	38	40	2,31	2,80	4,49	4,94
IC-M20P200	200,00											2,15	2,44	3,87	4,22
IC-M20P250	250,00											2,02	2,27	3,41	3,66
IC-M20P300	300,00											1,94	2,13	3,04	3,28
IC-M20P320	320,00	24	15	21	42	50	10	30	3,20 / 4,00	42	56	3,15	3,83	6,81	7,06
IC-M20P350	350,00											2,80	3,20	6,81	6,95
IC-M20P400	400,00											2,80	2,90	4,80	5,14
IC-M20P450	450,00											2,52	2,70	4,20	4,49
IC-M20P500	500,00	28	18	25	50	60	12	35	4,00	50	80	2,30	2,50	3,74	3,91
IC-M20P550	550,00											4,29	4,91	8,82	9,36
IC-M20P600	600,00											3,90	4,45	7,50	8,02
IC-M20P650	650,00											3,89	4,09	6,59	6,94
IC-M20P700	700,00	31	21	30	60	70	15	40	4,80 / 6,40	57	112	3,40	3,77	5,72	6,00
IC-M20P750	750,00											3,29	3,54	5,10	5,32
IC-M20P800	800,00											8,01	7,00	13,32	13,98
IC-M20P850	850,00											5,51	6,35	11,38	11,87
IC-M20P900	900,00	36	25	36	70	80	18	50	6,40 / 8,00	71	180	5,10	5,77	8,70	10,18
IC-M20P950	950,00											4,70	5,27	8,40	8,73
IC-M20P1000	1000,00											4,0	4,90	7,40	7,88
IC-M20P1100	1100,00											9,31	10,75	16,55	18,57
IC-M20P1200	1200,00	42	30	42	85	100	21	60	8,00	80	224	8,57	9,72	15,98	18,77
IC-M20P1300	1300,00											7,80	8,82	13,98	14,33
IC-M20P1400	1400,00											7,40	8,18	12,08	12,59
IC-M20P1500	1500,00											7,00	7,80	10,78	11,19
IC-M224P125	125,00	42	30	42	85	100	21	60	8,00	80	224	12,29	14,03	25,10	21,20
IC-M224P160	160,00											12,38	13,73	22,38	19,34
IC-M224P200	200,00											10,49	11,57	18,49	18,08
IC-M224P250	250,00											9,89	10,78	18,29	14,34
IC-M224P315	315,00	47,80	36	50	100	120	25	70	9,80	90	315	9,39	10,08	14,47	12,93
IC-M224P380	380,00											18,58	18,74	28,24	23,09
IC-M224P450	450,00											15,36	17,08	27,88	23,95
IC-M224P520	520,00											14,38	15,78	24,40	25,25
IC-M224P600	600,00	55,50	42	60	120	140	30	80	9,80 / 12,70	106	450	13,58	14,87	21,83	22,20
IC-M224P700	700,00											12,82	13,78	19,18	19,71
IC-M224P800	800,00											21,52	24,80	40,79	44,05
IC-M224P900	900,00											20,01	22,47	37,03	38,03
IC-M224P1000	1000,00	66	50	70	140	170	36	100	14,30 / 15,90	132	630	18,78	20,72	32,27	33,08
IC-M224P1100	1100,00											17,74	19,28	28,38	29,00
IC-M224P1200	1200,00											35,37	39,21	62,83	64,94
IC-M224P1300	1300,00											32,85	36,00	54,75	58,43
IC-M224P1400	1400,00	78	60	85	170	210	44	120	15,90	148	900	30,58	33,36	48,15	49,47
IC-M224P1500	1500,00											28,52	31,44	43,28	44,31
IC-M224P1600	1600,00											48,41	50,29	88,00	100,13
IC-M224P1700	1700,00											44,59	50,05	82,80	85,95
IC-M224P1800	1800,00	80	80	170	210	210	44	120	15,90	148	900	41,48	45,77	71,09	74,02
IC-M224P1900	1900,00											39,18	42,80	63,24	65,22
IC-M224P2000	2000,00											37,82	40,88	57,88	60,12
IC-M224P2100	2100,00														

*Para especificar as correntes transportadoras desta série se faz necessário determinar: A referência das mesmas e o tipo do rolo, exemplo: Corrente IC-M20P80-RG.

*Fabricadas com os materiais mais adequados a função que cada componente exerce dentro do elemento articulável e tendo os mesmos termicamente tratados, nossas correntes transportadoras apresentam até 30% a mais de resistência ao desgaste e a tração.

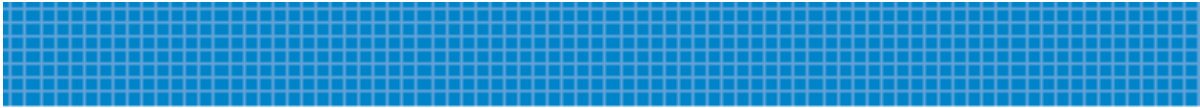
* Em casos especiais, podem ser fabricadas com aço Inoxidável, tratamentos de superfície (Niquel químico / galvanização / etc.), rolos em Delrin ou UHMW, ou até mesmo com variação dimensional de algum de seus componentes. Consulte-nos.

* Todos os modelos são fornecidos por padrão com pinos rebitados, caso queira com outra configuração informar em sua solicitação.

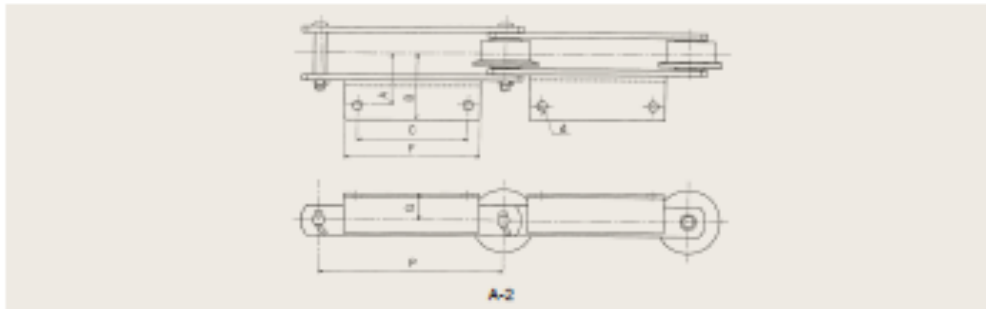
ENGRENAGENS PARA CORRENTES TRANSPORTADORAS EUROPEIAS SÉRIES MMC/ME VIDE PÁGINAS 174 & 175

ANEXO C

Catálogo de corrente Senqcia.



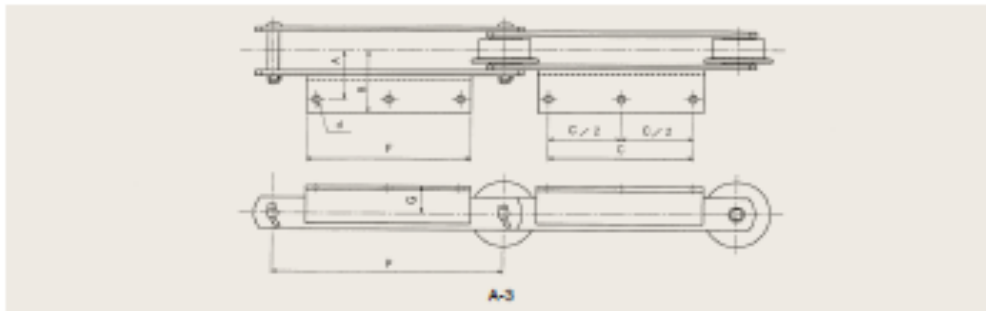
A-2 Attachment



Base/Carrier Data

Chain No.	Pitch P (mm)	Dimensions (mm)						Angle Used (mm)	Added Mass per Attachment (kg)
		A	B	C	d	F	G		
HR30019	300	75	110.5	180	15	220	45	L65x65x6	1.35
HR30026	300	80	123.4	180	15	220	55	L75x75x9	2.20

A-3 Attachment



Chain No.	Pitch P (mm)	Dimensions (mm)						Angle Used (mm)	Added Mass per Attachment (kg)
		A	B	C	d	F	G		
HR45026	450	80	123.4	280	15	320	55	L75x75x9	3.30
HR45048	450	100	159.6	280	19	320	70	L100x100x10	5.10
HR70048	700	100	159.6	360	19	410	70	L100x100x10	6.30

ANEXO D

Catálogo de rolamento NSK.

DADOS TÉCNICOS

15.5 Coeficiente de Atrito e Outros Dados dos Rolamentos

(1) Tipos de Rolamentos e o Coeficiente de Atrito dinâmico μ

$$\mu = \frac{M}{P \cdot \frac{d}{L}}$$

Tabela 15.5 Coeficiente de Atrito Dinâmico

Tipos de Rolamentos	Valores Aproximados de μ
Rolamentos Fixos de Esferas	0,0013
Rolams. de Esferas de Contato Angular	0,0015
Rolams. Autocompensadores de Esferas	0,0010
Rolamentos Axiais de Esferas	0,0011
Rolamentos de Rolos Cilíndricos	0,0010
Rolamentos de Rolos Cônicos	0,0022
Rolams. Autocompensadores de Rolos	0,0028
Rolamentos de Rolos Agulha com Gaiola	0,0015
Rolamentos de Rolos Agulha sem Gaiola	0,0025
Rolams. Axiais Autocompensadores de Rolos	0,0028

(3) Folga Interna Radial Δ_r e Vida de Fadiga L (Fig. 15.13)

As equações a seguir podem ser formadas com a função $f(\epsilon)$ da proporção de distribuição da carga ϵ e a folga interna radial Δ_r :

Para Rolamentos Fixos de Esferas

$$f(\epsilon) = \frac{\Delta_r \cdot D_w^{1/3}}{0,00044 \left(\frac{F_r}{Z}\right)^{1/3}} \dots\dots\dots (N)$$

$$f(\epsilon) = \frac{\Delta_r \cdot D_w^{1/3}}{0,002 \left(\frac{F_r}{Z}\right)^{1/3}} \dots\dots\dots (kgf)$$

Para Rolamentos de Rolos Cilíndricos

$$f(\epsilon) = \frac{\Delta_r \cdot L_{em}^{0,8}}{0,000377 \left(\frac{F_r}{Z}\right)^{0,8}} \dots\dots\dots (N)$$

$$f(\epsilon) = \frac{\Delta_r \cdot L_{em}^{0,8}}{0,0006 \left(\frac{F_r}{Z}\right)^{0,8}} \dots\dots\dots (kgf)$$

A relação do L_e/L e $f(\epsilon)$ com a proporção de distribuição da carga ϵ para a folga interna radial Δ_r são indicadas na Tabela 15.7.

Através das equações acima pode ser encontrado o $f(\epsilon)$, que permitirá conhecer o ϵ e L_e/L .

(2) Velocidade de Rotação Periférica em Relação ao Centro do Elemento Rolante e ao Centro do Rolamento

Tabela 15.6 Velocidade Circunferencial em Relação ao Centro do Elemento Rolante e ao Centro do Rolamento

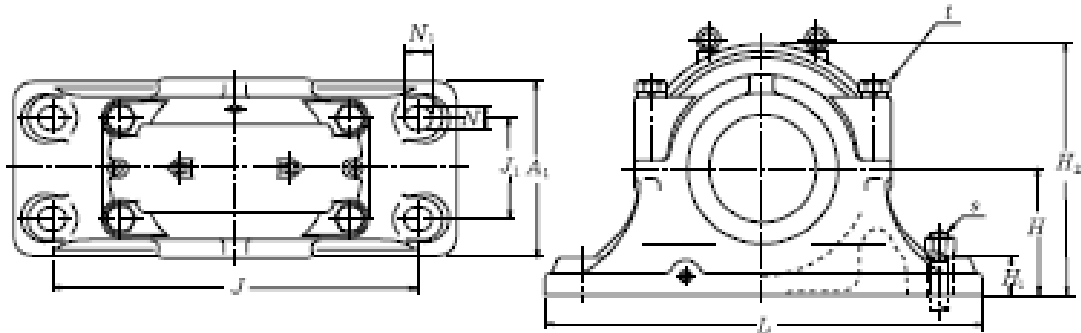
Item	Anel Interno em Movimento e Anel Externo Parado	Anel Externo em Movimento e Anel Interno Parado
Rotação n_2 (rpm)	$-\left(\frac{D_{pw} \cos^2 \alpha}{D_w \cdot D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_1}{2}$	$+\left(\frac{D_{pw} \cos^2 \alpha}{D_w \cdot D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_1}{2}$
Velocidade Circunferencial em Relação ao Centro do Elemento Rolante v_2 (m/s)	$-\frac{\pi \cdot D_w}{60 \times 10^3} \left(\frac{D_{pw} \cos^2 \alpha}{D_w \cdot D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_1}{2}$	$+\frac{\pi \cdot D_w}{60 \times 10^3} \left(\frac{D_{pw} \cos^2 \alpha}{D_w \cdot D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_1}{2}$
Velocidade de Rotação da Gaiola n_0 (rpm)	$+\left(1 - \frac{\cos \alpha}{D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_1}{2}$	$+\left(1 - \frac{\cos \alpha}{D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_1}{2}$
Velocidade Circunferencial em Relação ao Centro do Rolamento v_0 (m/s)	$-\frac{\pi \cdot D_w}{60 \times 10^3} \left(1 - \frac{\cos \alpha}{D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_1}{2}$	$+\frac{\pi \cdot D_w}{60 \times 10^3} \left(1 - \frac{\cos \alpha}{D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_1}{2}$

Observações: 1. + indica rotação no sentido horário e - no sentido anti-horário.
 2. A circulação é a velocidade periférica da circulação dos corpos rolantes correspondem, respectivamente, à rotação e à velocidade periférica da gaiola.

CAIXAS DA SÉRIE PESADA

Tipos SD 30 S, SD 31 S, SD 5, SD 6

Diâmetro do Eixo 150 – 260 mm

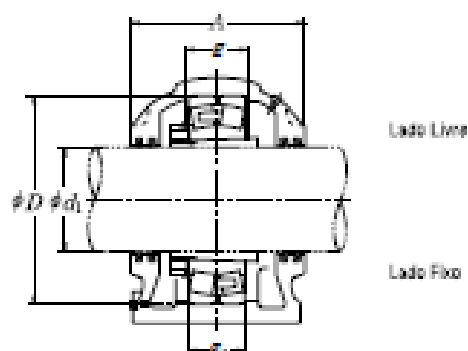


Diâmetro do Eixo (mm) d_e	Número da Caixa (-)		Dimensões (mm)										
	Lado Livre	Lado Fixo	D Ø	H H1	J	N	N _L	A	L	A _L	H _L	H ₁	J _L
150	SD 3034 S	SD 3034 SG	260	160	450	36	46	230	540	200	50	315	110
	SD 3134 S	SD 3134 SG	280	170	470	36	46	250	560	220	50	335	120
	SD 534	SD 534 G	310	180	510	36	46	270	620	250	60	360	140
	SD 634	SD 634 G	360	210	610	36	46	300	740	290	65	420	170
160	SD 3036 S	SD 3036 SG	280	170	470	36	46	250	560	220	50	335	120
	SD 3136 S	SD 3136 SG	300	180	520	36	46	270	630	250	55	355	140
	SD 536	SD 536 G	320	190	540	36	46	280	650	260	60	380	150
	SD 636	SD 636 G	380	225	640	43	59	320	780	310	70	450	180
170	SD 3038 S	SD 3038 SG	290	170	470	36	46	250	560	220	50	340	120
	SD 3138 S	SD 3138 SG	320	190	560	36	46	290	680	270	55	385	140
	SD 538	SD 538 G	340	200	570	36	46	290	700	280	65	400	160
	SD 638	SD 638 G	400	240	680	43	59	330	820	320	70	475	190
180	SD 3040 S	SD 3040 SG	310	180	510	36	46	270	620	250	60	360	140
	SD 3140 S	SD 3140 SG	340	200	570	36	46	310	700	280	65	400	160
	SD 540	SD 540 G	360	210	610	36	46	300	740	290	65	420	170
	SD 640	SD 640 G	420	250	710	43	59	350	860	340	85	500	200
200	SD 3044 S	SD 3044 SG	340	200	570	36	46	290	700	280	65	400	160
	SD 3144 S	SD 3144 SG	370	225	640	43	59	320	780	310	70	445	180
	SD 544	SD 544 G	400	240	680	43	59	330	820	320	70	475	190
	SD 644	SD 644 G	460	280	770	43	59	360	920	350	85	550	210
220	SD 3048 S	SD 3048 SG	360	210	610	36	46	300	740	290	65	420	170
	SD 3148 S	SD 3148 SG	400	240	680	43	59	330	820	320	70	475	190
	SD 548	SD 548 G	440	260	740	43	59	340	880	330	85	515	200
	SD 648	SD 648 G	500	300	830	50	67	390	990	380	100	590	230
240	SD 3052 S	SD 3052 SG	400	240	680	43	59	340	820	320	70	475	190
	SD 3152 S	SD 3152 SG	440	260	740	43	59	360	880	350	85	515	200
	SD 552	SD 552 G	480	280	790	43	59	370	940	360	85	560	210
	SD 652	SD 652 G	540	325	890	50	67	410	1 060	400	100	640	250
260	SD 3056 S	SD 3056 SG	420	250	710	43	59	350	860	340	85	500	200
	SD 3156 S	SD 3156 SG	460	280	770	43	59	360	920	350	85	550	210
	SD 556	SD 556 G	500	300	830	50	67	390	990	380	100	590	230
	SD 656	SD 656 G	580	355	930	57	77	440	1 110	430	110	690	270

Nota (-) Incluindo o retentor.

Quando da aquisição do conjunto, especifique "caixa + rolamento + bucha + anel de bloqueio".

Observações 1. A rosca do bujão do furo para recompletar o óleo é de R 1/4, e a do bujão de dreno R 3/8.
2. As caixas acima listadas são fornecidas com parafuso olhal.




$\frac{e}{\text{mm}}$	$\frac{D}{\text{mm}}$	$\frac{t}{\text{nominal}}$	$\frac{s}{\text{nominal}}$	Massa (kg) aprox.	Componentes Apropriados			Retentor (*)
					Rolamento Autocompensador de Rolos Estêriscos		Bucha de Apoio	
					Número	C, (N)		
77	67	M 24	M 30	70	23034 CDKE4	640 000	H 3034	GS 34
88	88	M 24	M 30	75	23134 CKE4	940 000	H 3134	GS 34
96	86	M 24	M 30	100	22234 CDKE4	990 000	H 3134	GS 34
130	120	M 30	M 30	160	22334 CAKE4	1 580 000	H 2334	GS 34
84	74	M 24	M 30	79	23036 CDKE4	750 000	H 3036	GS 36
106	96	M 24	M 30	94	23136 CKE4	1 050 000	H 3136	GS 36
96	86	M 24	M 30	110	22236 CDKE4	1 020 000	H 3136	GS 36
136	126	M 30	M 36	195	22336 CAKE4	1 740 000	H 2336	GS 36
85	75	M 24	M 30	87	23038 CAKE4	775 000	H 3038	GS 38
114	104	M 24	M 30	110	23138 CKE4	1 190 000	H 3138	GS 38
102	92	M 30	M 30	130	22238 CAKE4	1 140 000	H 3138	GS 38
142	132	M 30	M 36	210	22338 CAKE4	1 890 000	H 2338	GS 38
92	82	M 24	M 30	100	23040 CAKE4	940 000	H 3040	GS 40
122	112	M 30	M 30	130	23140 CKE4	1 360 000	H 3140	GS 40
108	98	M 30	M 30	155	22240 CAKE4	1 300 000	H 3140	GS 40
148	138	M 36	M 36	240	22340 CAKE4	2 000 000	H 2340	GS 40
100	90	M 30	M 30	130	23044 CAKE4	1 090 000	H 3044	GS 44
130	120	M 30	M 36	180	23144 CKE4	1 570 000	H 3144	GS 44
118	108	M 30	M 36	205	22244 CAKE4	1 570 000	H 3144	GS 44
155	145	M 36	M 36	315	22344 CAKE4	2 350 000	H 2344	GS 44
102	92	M 30	M 30	160	23048 CAKE4	1 160 000	H 3048	GS 48
138	128	M 30	M 36	210	23148 CKE4	1 790 000	H 3148	GS 48
130	120	M 36	M 36	240	22248 CAKE4	1 870 000	H 3148	GS 48
165	155	M 36	M 42	405	22348 CAKE4	2 600 000	H 2348	GS 48
114	104	M 30	M 36	210	23052 CAKE4	1 430 000	H 3052	GS 52
154	144	M 36	M 36	240	23152 CKE4	2 160 000	H 3152	GS 52
140	130	M 36	M 36	315	22252 CAKE4	2 180 000	H 3152	GS 52
175	165	M 36	M 42	480	22352 CAKE4	3 100 000	H 2352	GS 52
116	106	M 36	M 36	240	23056 CAKE4	1 540 000	H 3056	GS 56
156	146	M 36	M 36	315	23156 CKE4	2 230 000	H 3156	GS 56
140	130	M 36	M 42	390	22256 CAKE4	2 280 000	H 3156	GS 56
185	175	M 42	M 48	610	22356 CAKE4	3 500 000	H 2356	GS 56

Nota (*) Pode ser utilizado o tipo ZF com os mesmos números.

ANEXO E

Catálogo de motor elétrico Weg.

FOLHA DE DADOS					
Motor Trifásico de Indução - Rotor de Gaiola					
Cliente :					
Linha do produto : W22 IR2 Trifásico		Código do produto : 11388606			
Carcaça	: 132M	Tempo de rotor bloqueado	: 18s (frio) 10s (quente)		
Potência	: 9.2 kW (12.5 HP-cv)	Elevação de temperatura	: 80 K		
Número de polos	: 4	Regime de serviço	: S1		
Frequência	: 60 Hz	Temperatura ambiente	: -20°C a +40°C		
Tensão nominal	: 220/380 V	Altitude	: 1000 m		
Corrente nominal	: 31.4/18.2 A	Grau de proteção	: IP55		
Corrente de partida	: 251/145 A	Método de refrigeração	: IC411 - TFVE		
Ip/In	: 8.0	Forma construtiva	: B3D		
Corrente a vazio	: 14.7/8.50 A	Sentido de rotação ¹	: Ambos		
Rotação nominal	: 1760 rpm	Nível de ruído ²	: 58.0 dB(A)		
Escoregamento	: 2.22 %	Método de partida	: Partida direta		
Conjugado nominal	: 49.9 Nm	Massa aproximada ³	: 74.8 kg		
Conjugado de partida	: 204 %				
Conjugado máximo	: 310 %				
Classe de isolamento	: F				
Fator de serviço	: 1.15				
Momento de inércia (J)	: 0.0583 kgm ²				
Categoria	: N				
Potência	50%	75%	100%	Esforços na fundação	
Rendimento (%)	90.0	90.8	91.0	Tração máxima : 2500 N	
cos φ	0.67	0.79	0.84	Compressão máxima : 3234 N	
Tipo de mancal	:	<u>Dianteiro</u>		<u>Traseiro</u>	
Vedação	:	6308 ZZ		6307 ZZ	
Intervalo de lubrificação	:	VRing		VRing	
Quantidade de lubrificante	:	-		-	
Tipo de lubrificante	:	Mobil Polyrex EM			
Observações					
Esta revisão substitui e cancela a anterior, a qual deverá ser eliminada. (1) Olhando a ponta de eixo dianteira do motor. (2) Medido a 1m e com tolerância de +3dB(A). (3) Massa aproximada sujeito a alteração após fabricação. (4) Em 100% da carga nominal.			Os valores indicados são valores médios com base em ensaios e para alimentação em rede senoidal, sujeitos as tolerâncias da norma ABNT NBR 17094.		
Rev.	Resumo das modificações		Executado	Verificado	Data
Executor					
Verificador				Página	Revisão
Data	26/10/2018			1 / 5	

ANEXO F

Norma ABNT NBR 8400:1984.

Licença de uso exclusivo para Petrobrás S/A
Cópia impressa pelo Sistema Targel CENWeb

NBR 8400:1984

11

Tabela 6 - Tempos de aceleração e acelerações

Velocidade a atingir		Equipamentos de velocidade lenta e média		Equipamentos de velocidade média e alta (aplicações comuns)		Equipamentos de alta velocidade com fortes acelerações	
(m/s)	(m/min)	Tempos de aceleração (s)	Acelerações (m/s ²)	Tempos de aceleração (s)	Acelerações (m/s ²)	Tempos de aceleração (s)	Acelerações (m/s ²)
4,00	240	-	-	8,0	0,50	8,0	0,87
3,15	180	-	-	7,1	0,44	5,4	0,58
2,50	150	-	-	6,3	0,39	4,8	0,52
2,00	120	9,1	0,22	5,6	0,35	4,2	0,47
1,60	96	8,3	0,19	5,0	0,32	3,7	0,43
1,00	60	6,6	0,15	4,0	0,25	3,0	0,33
0,63	37,8	5,2	0,12	3,2	0,19	-	-
0,40	24	4,1	0,098	2,5	0,18	-	-
0,25	15	3,2	0,078	-	-	-	-
0,16	9,6	2,5	0,064	-	-	-	-

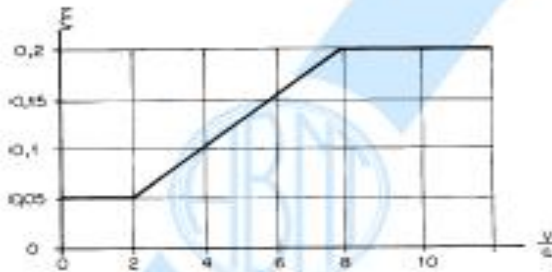


Figura 3 - Coeficiente que determina as reações transversais devidas ao rolamento

5.5.3.4 Efeitos de choques contra balentes ou pára-choques

Os choques podem ocorrer:

- na carga suspensa;
- na estrutura.

Para choques ocorrendo na estrutura distinguem-se dois casos:

- quando a carga suspensa pode oscilar;
- quando guias fixos impedem a oscilação (exemplo: ponte empilhadeira).

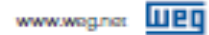
No caso em que a carga suspensa pode oscilar não se levam em consideração os efeitos de choque para velocidades de deslocamento horizontal menores que 0,7 m/s. Para as velocidades de deslocamento horizontais superiores a 0,7 m/s, levam-se em conta reações provocadas na estrutura pelos choques contra os pára-choques. Admite-se que o pára-choque é capaz de absorver a energia

cinética do equipamento (sem carga de serviço) a uma fração da velocidade nominal de translação fixada em $0,7 v_1$. Os esforços resultantes na estrutura são calculados em função da desaceleração imposta pelo balente ao equipamento. Para velocidades elevadas (superiores a 1 m/s), a utilização de dispositivos de frenagem (entrando em ação com a aproximação das extremidades dos caminhos de rolamento) é permitida, com a condição de que a ação dos mesmos seja automática e imponha ao equipamento desaceleração efetiva, reduzindo a velocidade de translação para que se atinjam os balentes com a velocidade reduzida prevista. Neste caso considera-se como valor v_1 para o cálculo do pára-choque a velocidade reduzida obtida após frenagem²⁾. No caso em que a carga suspensa não pode oscilar, verifica-se o efeito do amortecimento de mesma maneira, entretanto levando-se em conta o valor da carga de serviço. Quando o choque ocorre na carga suspensa, levam-se em consideração as solicitações provocadas por tal choque somente nos equipamentos em que a carga é guiada rigidamente. O cálculo destas solicitações pode ser feito considerando o esforço horizontal, aplicado perpendicularmente à carga, capaz de provocar basculamento sobre duas rodas do carro.

²⁾ Utilizar sempre um dispositivo seguro e eficaz para prevenir o amortecimento antes do choque contra o balente.

ANEXO G

Catálogo de inversores Weg.



Especificação
Modelo Padrão

Referência	Inversor de frequência CFW730				Máximo motor aplicável ¹⁾						
	Tensão de alimentação (V)	Tera.	IGBT de freagem	Corrente nominal de saída (A)		Tensão de alimentação (V)	Regime de sobrecarga normal (ND)		Regime de sobrecarga pesada (HD)		
				ND	HD		α	βW	α	βW	
CFW730A-10P020000	220	Monofásica ou trifásica	A	10	10	220	Trifásica	3	2,2	3	2,2
CFW730A-10P020000				5	5			1,5	1,1	1,5	1,1
CFW730A-10P020000	220	Monofásica ou trifásica	A	7	7	220	Trifásica	2	1,5	2	1,5
CFW730A-10P120000				7	5,5			2	1,5	1,5	1,1
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	A	10	8	220	Trifásica	3	2,2	2	1,5
CFW730A-13P012000				13	11			4	3	3	2,2
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	B	15	13	220	Trifásica	5	3,2	4	3
CFW730A-10P012000				24	20			7,5	5,5	6	4,5
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	B	20	24	220	Trifásica	10	7,5	7,5	5,5
CFW730A-10P012000				33,5	28			13,5	9,2	10	7,5
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	C	45	35	220	Trifásica	15	11	12,5	9,2
CFW730A-10P012000				54	45			20	15	15	11
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	C	70	50	220	Trifásica	25	18,5	20	15
CFW730A-10P012000				85	70			30	22	25	18,5
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	D	105	85	220	Trifásica	40	30	30	22
CFW730A-10P012000				142	115			50	37	40	30
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	E	180	142	220	Trifásica	60	45	50	37
CFW730A-10P012000				211	180			75	55	75	55
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	E	142	115	220	Trifásica	50	37	40	30
CFW730A-10P012000				180	142			60	45	50	37
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	E	211	180	220	Trifásica	75	55	75	55
CFW730A-10P012000				3,5	3,5			2	1,5	2	1,5
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	A	5	5	220	Trifásica	3	2,2	3	2,2
CFW730A-10P012000				7	5,5			4	3	3	2,2
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	A	10	10	220	Trifásica	5	4,5	5	4,5
CFW730A-10P012000				13,5	11			7,5	5,5	6	4,5
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	B	17	13,5	220	Trifásica	10	7,5	7,5	5,5
CFW730A-10P012000				24	19			15	11	10	7,5
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	B	31	25	220	Trifásica	20	15	15	11
CFW730A-10P012000				30	33			25	18,5	20	15
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	C	45	30	220	Trifásica	30	22	25	18,5
CFW730A-10P012000				50,5	47			40	30	30	22
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	D	70,5	61	220	Trifásica	50	37	40	30
CFW730A-10P012000				80	73			60	45	50	37
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	E	105	80	220	Trifásica	75	55	60	45
CFW730A-10P012000				142	115			100	75	75	55
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	E	180	142	220	Trifásica	125	90	100	75
CFW730A-10P012000				211	180			150	110	125	90
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	E	105	80	220	Trifásica	75	55	60	45
CFW730A-10P012000				142	115			100	75	75	55
CFW730A-10P012000	220	Trifásica	E	180	142	220	Trifásica	125	90	100	75
CFW730A-10P012000				211	180			150	110	125	90

Notas: 1) As potências dos motores são apenas orientativas, válidas para motores IEC padrão de 4 pólos, frequência de 60 Hz, tensão de 220V, 380V, 440V ou 600V. O dimensionamento deve ser feito em função da corrente nominal do motor utilizado, que deve ser menor ou igual a corrente nominal de saída do inversor.
2) O IGBT de freagem não aumenta o poder de freagem interno, incluindo DR no código de máquina ou montagem externa, incluindo DR no código de máquina e utilizando o DQW02.
Filtro RFI já incluso nos modelos padrão tamanho "S".

ND = Normal Duty (sobrecarga normal) = 110% de corrente nominal durante um minuto ou 150% de corrente nominal durante 3 segundos, uma sobrecarga a cada 10 minutos.
HD = Heavy Duty (sobrecarga pesada) = 150% de corrente nominal durante um minuto ou 200% de corrente nominal durante 3 segundos, uma sobrecarga a cada 10 minutos.

Projetado para uso exclusivamente industrial ou profissional.

ANEXO H

Catálogo de redutor Rossi

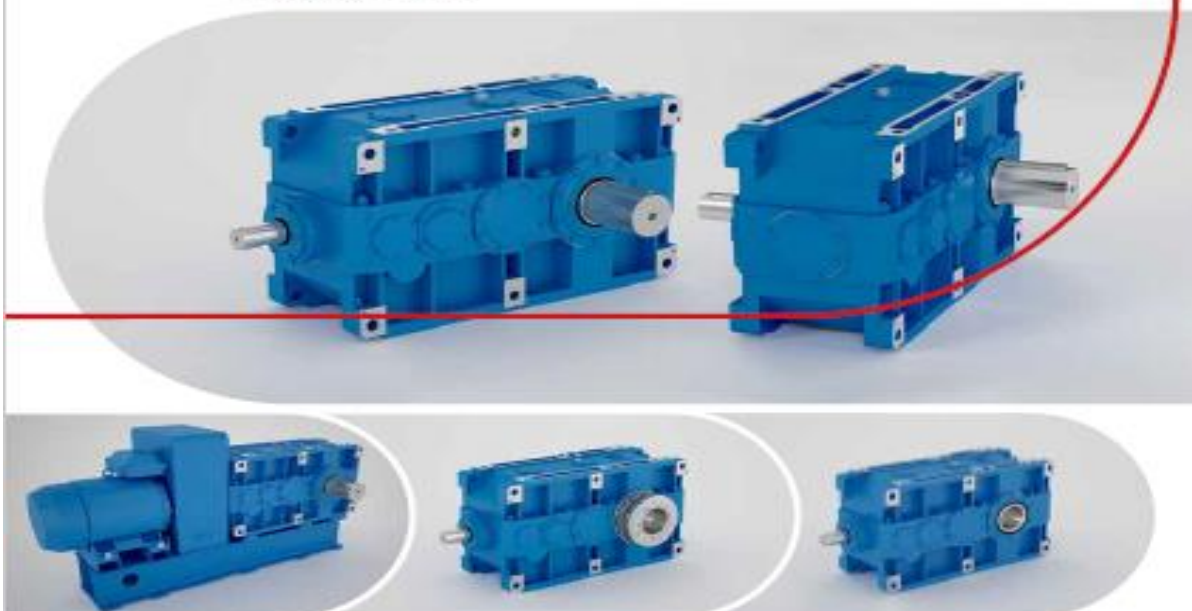
Products



Serie H

Redutores
com eixos paralelos e ortogonais


Edition June 2018



ANEXO L

Norma ABNT NBR 6375.

Licença de uso exclusivo para Petrobrás S/A
Cópia impressa pelo Sistema Target CENWeb

	CHAVETAS PARALELAS RETANGULARES OU QUADRADAS CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS	04.006
	Padronização	NBR 6375 JUN/1985

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma padroniza as características dimensionais de chavetas paralelas retangulares ou quadradas e os rasgos correspondentes no eixo e no cubo.

1.2 Esta Norma indica também a relação normal entre o diâmetro do eixo e a seção da chaveta, para aplicação em pontos de eixos cilíndricos ou cônicos utilizados principalmente em elementos mecânicos de transmissão.

2 NORMAS E/OU DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 6158 - Norma de sistema de tolerâncias e ajustes - Procedimento

NBR 6173 - Terminologia de tolerâncias e ajustes - Terminologia

3 DEFINIÇÕES

Os termos técnicos utilizados nesta Norma estão definidos nas NBR 6158 e NBR 6173.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 As chavetas devem ter os cantos chanfrados ou arredondados como indicado na Figura 1. Os rasgos para chaveta no eixo e no cubo devem ser providos de raios como indicado na Figura 2.

4.2 A relação entre o diâmetro do eixo e a seção da chaveta aplicar-se para uso normal. Uma seção menor da chaveta pode ser usada quando for adequada para o momento de força transmitido. Neste caso as profundidades t_1 e t_2 devem ser recalculadas para manter a relação $h/2$.

Uma seção maior da chaveta não deve ser usada.

4.3 A profundidade dos rasgos de chaveta nos eixos e nos cubos deve ser obtida

Origem: ABNT PB-122/1985

CB-4 - Comitê Brasileiro de Mecânica

CE-4.03.06 - Comissão de Estudo de Fixação de Cubos em Eixos

Esta Norma foi baseada na recomendação ISO R 773-1969

Esta Norma substitui a NBR 6375/80

SISTEMA NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL	ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ⊗
Palavras-chave: chavetas	NBR 3 NORMA BRASILEIRA REGISTRADA

ANEXO N

Catálogo de freno Hidráulico Vulkan drive tech.

FHGE-120 MONTAJE EXTERIOR / MONTAGEM EXTERNA LISTA DE DATOS TÉCNICOS LISTA DE DADOS TÉCNICOS

Disco Disco	Valores Permitidos Valores Admissíveis			Dimensiones Dimensões														
	Ø	FHGE-120		N _{max}	A	B	B ₁	C	D	E	F	G	H	J x n	K	e	X _{min}	Y
(mm)	(Nm)	(N)	(rpm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
	Torque de Frenado Torque de Frenagem	Fuerza de Frenado Força de Frenagem	Veloc. Rot. Máx. Rotação Máxima															
2.000	404.930	434.240	320	540	311	355	75	90	100	38	137	234	Ø37 (x12)	504	Dep. de aplicación Dep. da aplicação	160	67,5	
2.200	448.350	434.240	290	540	311	355	75	90	100	38	137	234	Ø37 (x12)	504	Dep. de aplicación Dep. da aplicação	160	67,5	
2.400	491.775	434.240	260	540	311	355	75	90	100	38	137	234	Ø37 (x12)	504	Dep. de aplicación Dep. da aplicação	160	67,5	
2.600	535.200	434.240	230	540	311	355	75	90	100	38	137	234	Ø37 (x12)	504	Dep. de aplicación Dep. da aplicação	160	67,5	
2.800	578.625	434.240	200	540	311	355	75	90	100	38	137	234	Ø37 (x12)	504	Dep. de aplicación Dep. da aplicação	160	67,5	
3.000	622.050	434.240	170	540	311	355	75	90	100	38	137	234	Ø37 (x12)	504	Dep. de aplicación Dep. da aplicação	160	67,5	

CARACTERÍSTICAS CARACTERÍSTICAS

Tipo de Activación Tipo de Atuação	Hidráulica
Tiempo de Activación Tempo de Atuação	0,2 s
Tipo de Liberación Tipo de Liberação	Alivio de presión Alívio de pressão
Presión Mínima de Trabajo Pressão Mínima de Trabalho	3 bar
Presión Máxima de Trabajo Pressão Máxima de Trabalho	160 bar
Ajuste del Rango de Torque Nominal Ajuste de Faixa de Torque Nominal	-100 % a +0 %
Sistema de Compensación de Desgaste Sistema de Compensação de Desgaste	Manual
Ancho de Zapata Largura da Pastilha	135 mm
Área de Zapata Área da Pastilha	5400 mm ²
Peso	204 kg

CARACTERÍSTICAS OPCIONALES CARACTERÍSTICAS OPCIONAIS

Sensor de estado abierto-cerrado estándar	Sensor padrão de freio aberto-fechado
Sensor de estado abierto-cerrado especial	Sensor especial de freio aberto-fechado
Control y detección de desgaste de zapatas estándar	Controle e deteção de desgaste de pastilhas padrão
Control y detección de desgaste de zapatas especiales	Controle e deteção de desgaste de pastilhas especiais
Pintura especial	Pintura especial
Zapata de freno orgánica con cables flexibles para monitoreo de desgaste	Pastilhas de freios orgânicas com cabos flexíveis para monitoramento do desgaste
Zapata de freno sinterizado*	Pastilha de freio sinterizada*
Zapata sinterizada con cables flexibles para el monitoreo de desgaste*	Pastilha sinterizada com cabos flexíveis para monitoramento de desgaste*
Zapata de freno especial	Pastilha de freio especial
Zapata de freno no metálicas	Pastilha de freio não metálica