



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LITUAN LAMARCK SOARES AGUIAR

**DIMENSIONAMENTO DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA PARA CEREAIS
EM ESPIGAS**

CARAÚBAS

2022

LITUAN LAMARCK SOARES AGUIAR

**DIMENSIONAMENTO DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA PARA CEREAIS
EM ESPIGAS**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em ENGENHARIA MECÂNICA.

Orientador: Jackson de Brito Simões, Prof.
Dr.

CARAÚBAS

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

SA282 SOARES AGUIAR, LITUAN LAMARCK.
d Dimensionamento de um transportador de correia
para cereais em espigas / LITUAN LAMARCK SOARES
AGUIAR. - 2022.
56 f. : il.

Orientador: Jackson de Brito Simões .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Mecânica, 2022.

1. Transportador. 2. Correia. 3. Produção. 4.
Cereais. I. , Jackson de Brito Simões, orient.
II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

LITUAN LAMARCK SOARES AGUIAR

**DIMENSIONAMENTO DE UM TRANSPORTADOR DE CORREIA PARA CEREAIS
EM ESPIGAS**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em ENGENHARIA MECÂNICA.

Defendida em: 14 / 06/ 2022.

BANCA EXAMINADORA

JACKSON DE BRITO
SIMOES [REDACTED]
Assinado de forma digital por JACKSON DE BRITO
SIMOES
Dados: 2022.06.22 07:43:15 -03'00'

Jackson de Brito Simões, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

DIEGO DAVID SILVA
DINIZ: [REDACTED]
Assinado digitalmente por DIEGO DAVID SILVA DINIZ [REDACTED]
DN: CN=DIEGO DAVID SILVA DINIZ [REDACTED], OU=UFERSA -
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, O=ICPEdu, C=BR
Razão: Eu estou aprovando este documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2022.06.21 10:10:24-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 11.2.2

Diego David Silva Diniz, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

DORGIVAL ALBERTINO DA
SILVA JUNIOR: [REDACTED]
Assinado de forma digital por DORGIVAL
ALBERTINO DA SILVA JUNIOR: [REDACTED]
Dados: 2022.06.21 14:38:57 -03'00'

Dorgival Albertino da Silva Junior, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as bênçãos.

Agradeço a meu orientador Jackson de Brito Simões por toda dedicação e empenho na realização deste trabalho.

Agradeço a minha mãe Rita por sempre me apoiar em tudo.

Agradeço a meu amigo Romário Lima de Souza pelo suporte.

Agradeço a Banca Examinadora por participar e avaliar este trabalho que é uma etapa importante da minha vida.

RESUMO

A produção de cereais em espiga no Brasil necessita de constante modernização no seu processo produtivo, assim, faz-se necessária a implementação de máquinas que maximizem os resultados da safra colhida. O transporte é uma etapa importante e pensando em um manuseio e transporte de cereais em espiga foi dimensionado um transportador de correia para esta finalidade. Dentre tantos tipos existentes de transportador, o de tipo correia se destaca por seu baixo custo de manutenção e de operação, embora possua um grande investimento inicial. Este trabalho apresenta as etapas de dimensionamento conforme metodologia apresentado no manual de transportador de correia FAÇO. O estudo proporcionou a obtenção de uma capacidade de carga teórica de 8,2 t/h para transporte de cereais em espiga. Ainda, foi selecionado um motor adequado de modelo WEG W22 Quattro super premium, que atende à demanda de 1,96 Hp para o funcionamento do transportador. O modelo de correia foi dimensionado a partir de uma tensão efetiva sobre a correia de 125-130 Kgf e para o tipo de serviço a que será submetida, no qual é considerado leve ou moderado, assim foi escolhido o modelo de correia PLYLON 140 da GOODYEAR, pois possui alta flexibilidade, resistência a impacto e não precisa de amortecimento. Por fim, mediante ao regime de trabalho intermitente e as características do material a ser transportado foi selecionada a série 1524 AD para os roletes de carga, impacto e retorno. Os resultados obtidos mostraram que é possível dimensionar um transportador de correia industrial para ser usado por pequenos produtores e a importância do dimensionamento para a seleção dos componentes do transportador para que seja evitado o superdimensionamento.

Palavras-chave: Escoamento da Produção; Cereais em Espigas; Transportador de Correia.

ABSTRACT

The production of cereals on the cob in Brazil needs constant modernization in its production process, thus, it is necessary to implement machines that maximize the results of the harvested crop. Transport is an important step and thinking about handling and transporting corn on the cob was designed a belt conveyor for this purpose. Among so many existing types of conveyor, the belt type stands out for its low maintenance and operating costs, although it has a large initial investment. This work presents the sizing steps according to the methodology presented in the FAÇO belt conveyor manual. The study provided the achievement of a theoretical load capacity of 8.2 t/h for transporting cereals on the cob. Furthermore, a suitable motor was selected, model WEG W22 Quattro super premium, which meets the demand of 1,96 Hp for the operation of the conveyor. The belt model was dimensioned based on an effective tension on the belt of 125-130 Kgf and for the type of service to which it will be subjected, in which it is considered light or moderate, so the GOODYEAR PLYLON 140 belt model was chosen, as it has high flexibility, impact resistance and does not need damping. Finally, due to the intermittent work regime and the characteristics of the material to be transported, the 1524 AD series was selected for the load, impact and return rollers. The results obtained showed that it is possible to dimension an industrial belt conveyor to be used by small producers and the importance of dimensioning for the selection of conveyor components in order to avoid oversizing.

Keywords: Production Flow; Cereals on the Cob; Belt conveyor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Transportador por gravidade	15
Figura 2: Transportador vibratório	16
Figura 3: Transportador de caçamba	16
Figura 4: Transportador de caçamba centrífugo.....	17
Figura 5: Transportador de caçamba contínuo	18
Figura 6: Transportador de corrente.....	19
Figura 7: Transportador de esteira	20
Figura 8: Transportador de correia radial	21
Figura 9: Transportador de correia reversível	21
Figura 10: Transportador de correia sobre cabos	22
Figura 11: Transportador de correia tubular	22
Figura 12: Transportador de correia de alta inclinação	23
Figura 13: Alimentador de correia	23
Figura 14: Transportador de correia fixa	24
Figura 15: Transportador de correia móvel	25
Figura 16: Transportador de correia portátil	25
Figura 17: Perfis de transportadores de correia	26
Figura 18: Componentes de um transportador de correia.....	27
Figura 19: Etapas do dimensionamento do transportador de correia.....	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens e desvantagens do transportador de correia	26
Quadro 2: Requisitos para o dimensionamento do transportador de correia	31
Quadro 3: Fator de correção de capacidade	33
Quadro 4: Potência para acionar o transportador vazio a 1 m/s	34
Quadro 5: Potência para deslocamento de 100 t/h em um determinado comprimento	34
Quadro 6: Potência para elevar ou descer 100 t/h de uma determinada altura	34
Quadro 7: Potência necessária para vencer o atrito das guias laterais.....	35
Quadro 8: Potência necessária para vencer o atrito das guias laterais.....	36
Quadro 9: Fator do tipo de serviço (A)	37
Quadro 10: Fator de caracteriza do material (B)	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	Produção de grãos no Brasil	13
3.2	Transportadores industriais de sólidos	14
3.2.1	Transportador por gravidade	14
3.2.2	Transportador vibratório	15
3.2.3	Transportador de caçamba	16
3.2.4	Transportador de corrente	18
3.2.5	Transportador de esteira	19
3.2.6	Transportador de correia	20
4	METODOLOGIA.....	30
4.1	Levantamento Teórico	30
4.2	Determinação de parâmetros de projeto.....	31
4.3	Dimensionamento de transportador de correia.....	32
4.4	Análise dos Resultados.....	32
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	33
5.1	Capacidade de carga do transportador.....	33
5.2	Potências para o funcionamento do transportador de correia	34
5.3	Tensões para o funcionamento do transportador de correia	36
5.4	Seleção da série de rolos para o transportador de correia	37
5.5	Seleção da correia.....	38
6	CONCLUSÕES	39
	REFERÊNCIAS.....	40
	APÊNDICE A – CÁLCULOS DO DIMENSIONAMENTO DO TRANSPORTADOR DE CORREIA.....	42
	ANEXO A – FRAÇÃO DO CATÓLOGO DE MOTORES TRIFÁSICOS INDUSTRIAIS DA WEG.....	54
	ANEXO B – FRAÇÃO DO MANUAL FAÇO COM ESPECIFICAÇÕES DA SÉRIE DE ROLETES 1524 AD.....	55
	ANEXO C – FRAÇÃO DO MANUAL FAÇO COM ESPECIFICAÇÕES DA CORREIA PLYLON DA GOODYEAR.....	56

1 INTRODUÇÃO

A agricultura possui uma grande importância mundial, pois é a partir dela que toda a população consegue sua alimentação e garante sua sobrevivência. As tecnologias empregadas na produção agrícola estão evoluindo a fim de aumentar e agilizar a produção no campo (BEN, 2015). A mão de obra usada no trabalho em campo está cada vez mais escassa, alto custo, e por diversas vezes burocrática.

A disponibilidade de pessoas aptas ao serviço não tem sido uma tarefa fácil, principalmente para o pequeno produtor, que muitas vezes não dispõe de capital para lograr grandes investimentos. Dessa forma, o processo de produção sofre perdas, pois além da produção o manuseio dos insumos produzidos depende de ação humana na maioria das atividades deste setor. Portanto, é tendo em vista essa dependência e objetivando aumentar o aproveitamento do tempo de trabalho que os transportadores industriais foram introduzidos no campo.

Os transportadores industriais são equipamentos que visam facilitar o transporte de materiais a granel, muito utilizados em campo com plantações das mais diversas culturas agrícolas, como por exemplos grãos de cereais dos mais diversos sobretudo os de espiga, e dessa forma, possuem finalidade econômica em suas aplicações (PEREIRA *et al*, 2012). Os transportadores de correia são usados quando há a necessidade de manuseio contínuo de materiais sólidos, possuindo alta capacidade de transporte. Essa característica desse tipo de transportador faz com que tenha grande importância em diversas áreas da indústria (GELAIS, 2016).

Este trabalho visa dimensionar por meio de cálculos e equações disponíveis na literatura os parâmetros necessários para o funcionamento de um transportador de correia para aplicação em campo de produção de cereais em espiga, mediante a necessidade de aceleração no processo escoamento desses produtos, pois a dependência de mão de obra o torna limitado. Outra problemática que justifica esse estudo é a dificuldade de encontrar mão de obra, somada as burocracias com o ministério do trabalho que os atravessadores e produtores não querem assumir.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem por objetivo dimensionar um transportador de correia de acordo com os parâmetros de projeto previamente determinados para aplicação em campo, a fim de auxiliar o manuseio e transporte de cereais em espigas.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar a capacidade carga do transportador de correia;
- Determinar a potência necessária para o funcionamento do transportador;
- Selecionar o motor apropriado que atenda a potência do transportador de correia;
- Determinar as tensões necessárias para o funcionamento do transportador;
- Selecionar a série de rolos adequados para o transportador;
- Selecionar a correia adequada para o transportador.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Produção de grãos no Brasil

A agricultura tem forte presença no Brasil, e tornou-se presente quando a população estava em grande expansão. Há cerca de 10.000 anos, o homem começava a desenvolver suas atividades na agricultura para a sua sobrevivência (MAZOYER, ROUDART, 2010). Com a expansão da agricultura, o trabalho voltado para o consumo familiar surgiu e essa atividade passou a ganhar espaço no âmbito agroindustrial, mas apesar de ter grande importância e representatividade, o trabalho em sua maior parte ocorre no campo, devido a isso, a modernização da agricultura se fez necessária (DAVIS, GOLDEBERG, 1957).

O Brasil possui um grande território com uma vasta variedade de clima que ligados a técnicas de cultivo, máquinas modernas e mão de obra qualificada, proporciona ao país a capacidade de produzir safra de até três culturas diferentes na mesma área com alta produtividade. A cultura do milho, por exemplo, teve uma produção de cerca de 99.984,1 mil toneladas em 2018/2019 (CONAB, 2019). O Brasil passa por dificuldades com relação a seca em regiões do país, porém com o trabalho do produtor rural a produção de grãos mantém-se em escala crescente. Assim o Brasil mantém-se em destaque tanto para o consumo nacional quanto para a exportação. Pode-se destacar a produção de 112.241,1 mil toneladas de milho em 2021/2022 (CONAB, 2022).

O Pequeno produtor é responsável por grande parte de produção agrícola que chega à mesa do brasileiro, porém devido a burocracia e a falta de mão de obra qualificada para o trabalho, enfrenta dificuldades no campo. A inclusão de máquinas auxiliam no processo de produção, com destaque para transportadores que viabilizam a movimentação e manuseio do produto no campo e no processo de produção. Este trabalho trata de um dimensionamento teórico de cálculos para um transportador de correia que atenda a requisitos de projeto pré-determinados para uso em escoamento da produção na agricultura familiar.

3.2 Transportadores industriais de sólidos

Segundo Ochôa (2011), transportador é um tipo de equipamento fabricado para realizar o transporte de materiais sólidos a granel de forma contínua e segura. A importância do uso de transportadores para a indústria é grande, principalmente em casos em que o material a ser transportado possui granulometria grosseira, pois permite altas taxas de eficiência e disponibilidade. A movimentação destes ocorre através de diferentes tipos de transportadores na indústria e em meios de produção em que o manejo destes materiais é parte fundamental do processo desenvolvido. O transporte desses materiais pode representar a maior parte do custo de operação, e devido a fatores como encarecimento de mão de obra e manuseio em pequena e grande escala, esse tipo de máquina torna-se viável, pois possui vantagens como grande variedade na capacidade de transporte dos materiais, grande capacidade de carga e economia no processo (GOMIDE, 1983). Segundo Gomide (1983), os transportadores de sólido são classificados como: transportador por gravidade, transportador vibratório, transportador de caçamba, transportador de corrente, transportador de esteira, transportador de correia. A seguir serão detalhados os tipos de transportadores de sólidos.

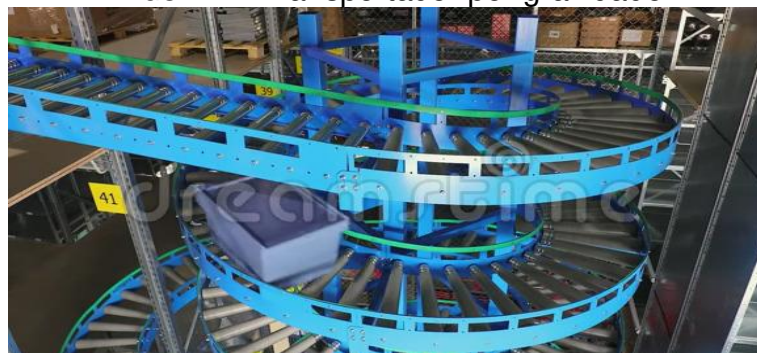
3.2.1 Transportador por gravidade

O transportador por gravidade é o mais simples de todos, pois consiste em qualquer plano que possua inclinação em relação a horizontal com ângulo superior ao ângulo de repouso do material. Assim, pode-se utilizar calhas ou dutos para a operação de transporte e como seu deslocamento, a velocidade deste tipo de transportador varia com a inclinação, podendo utilizar curvas e diferentes inclinações durante seu percurso para controlar a velocidade de escoamento (GOMIDE, 1983).

Outro tipo de transportador por gravidade é o de rolos não motorizados, que consiste em uma série de rolos não movimentados por ação externa e o material a ser transportado sofre impulso manual e operam na horizontal. Possui design simples, preço relativamente menor (quando comparados a outros tipos), facilidade de operação e são utilizados para auxiliar no armazenamento de cargas, mas atua

apenas em uma direção (RAY, 2017). A Figura 1 mostra um tipo de transportador por gravidade.

FIGURA 1: Transportador por gravidade



Fonte: dreamstime¹

3.2.2 Transportador vibratório

O transportador vibratório é composto por um sistema de excitação, uma pista, um elemento elástico e base. O sistema de excitação produz movimento oscilatório o que faz com que a carga entre em movimento. O elemento elástico pode ser constituído por molas de lamina de aço ou mola de plástico. A base tem por finalidade isolar a vibração do transportador da carga a ser transportada. A pista é constituída de acordo com a aplicação do transportador, podendo transportar uma ou mais peças, possuir ou não inclinação em relação a horizontal, sendo mais indicado para transporta material entre dois pontos lineares (MARTINS, 1997).

Este tipo de transportador é utilizado para transporte de sólidos mais densos e que sejam de fácil escoamento, o material é disposto sobre uma calha horizontal ou ligeiramente inclinada que é submetida a vibração através de vibradores eletromagnéticos, o movimento do material acontece de forma descrita como pequenos voos. Os vibradores mecânicos por sua vez são sintonizados na frequência natural de vibração do sistema para que dessa forma possa ocorrer economia de energia, é indicado para deslocamento a pequenas e medias distancias (GOMIDE, 1983). A Figura 2 mostra um tipo de transportador por vibração.

¹ <https://pt.dreamstime.com/transportadores-de-gravidade-espiral-transportador-gravitacional-com-caixa-pl%C3%A1stico-no-armaz%C3%A9m-distribui%C3%A7%C3%A3o-video171624383>

Figura 2: Transportador vibratório



Fonte: vibrotech²

3.2.3 Transportador de caçamba

Este tipo de transportador consiste em caçambas suspensas por cabos de aço e é utilizado para transporte a grandes distâncias, neste tipo de transportador a descarga do material é feita pela inversão da caçamba. Seu tipo mais simples é composto por caçambas diretamente suspensas em roldanas, deslizando através de cabos de aço. Pode ser utilizado operações em que os materiais são submetidos a várias etapas de processamento sem sair da caçamba (GOMIDE, 1983).

Transportadores de caçamba são máquinas de transporte eficiente para movimentar materiais granulares na vertical ou em planos inclinados. Possuem limitações no modo de descarga e posição de descarga, devido a essas limitações é importante que o mesmo possua múltiplos pontos de descarga (XIONG *et al*, 2016). A Figura 3 mostra um tipo de transportador de caçamba.



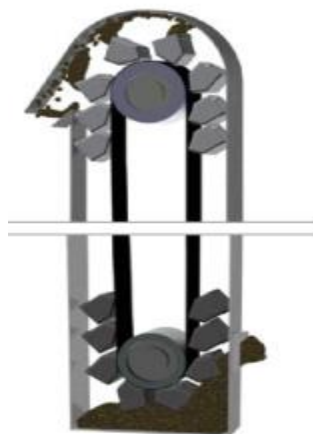
Fonte: JOÉLSON *et al.* (2018)

² <https://vibrotech-eng.com/en/products/vibrating-conveyors/>

A seleção de um transportador de caçambas visa um fluxo de processos mais eficiente. Segundo (MATZKE, 2015), pode-se destacar dois tipos de transportadores de caçamba o tipo centrífugo e o tipo contínuo, descritos a seguir.

Transportador de caçamba centrífugo: Este tipo de transportador pode mover grande quantidade de carga rapidamente, além de ser mais indicado para materiais resistentes e abrasivos, pois gera uma força centrífuga na polia principal que faz com que o material seja jogado para fora da caçamba no ponto de descarga, podendo causar danos aos materiais transportados. A Figura 4 mostra o transportador de caçamba centrífugo.

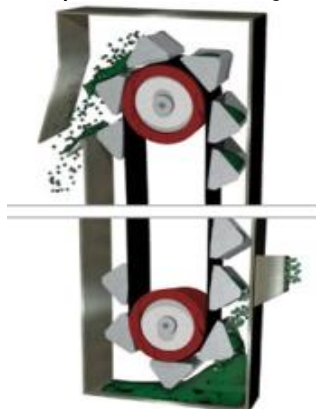
FIGURA 4: Transportador de caçamba centrífugo



Fonte: MATZKE (2015)

Transportador de caçamba contínuo: Este tipo de transportador é indicado para operar em baixas velocidades para eliminar o lançamento do material, dessa forma, tem melhor performance no manuseio suave da carga. As caçambas atuam como parte da calha de descarga, o material cai da caçamba e desliza sobre a caçamba invertida na calha de descarga reduzindo o dano e degradação dos materiais transportados. A Figura 5 mostra o transportador de caçamba contínuo.

FIGURA 5: Transportador de caçamba contínuo



Fonte: MATZKE (2015)

3.2.4 Transportador de corrente

O termo transportador de corrente corresponde a um grupo de transportadores usados para diversas aplicações, caracterizados pela existência de um ou mais elos de corrente ao longo do transportador e movidos por uma ou mais rodas dentadas. A maior vantagem deste tipo de transportador é que as correntes envolvem-se facilmente em rodas dentadas de pequeno diâmetro, além de ter pouco esticamento. Em contrapartida possui alto peso, custo inicial elevado, maior custo de manutenção e baixa velocidade de funcionamento (RAY, 2013).

O transportador de corrente é padronizado por elos que são encaixados entre si, montados com pinos ou cavilhas. Sua montagem é simples e econômica devido a quantidade de elos disponíveis em mercado, estes possuem medidas padronizadas, dessa forma, garantindo que peças de diferentes fabricantes possam ser utilizadas em conjunto desde que sejam de mesmo número, além de ter grande durabilidade e ser de fácil manutenção, podem trabalhar em uma ampla faixa de velocidade, capacidade de carga e temperatura (GOMIDE, 1983).

Dentre os tipos de transportadores de corrente existentes pode-se destacar o transportador de corrente de avental ou panela e o transportador de corrente de braço ou barra transversal. O tipo de avental ou panela consiste em um ou mais fios de corrente sem fim.

A parte de carregamento é composta por uma série de placas moldadas chamadas de avental, quando este possui muitos flanges em todos os lados é chamado de transportador de panela. Estes podem ser usados para transporte de grande carga e são frequentemente usados como alimentadores de outras máquinas industriais como moedoras. O transportador de corrente de braço ou barra transversal consiste em um ou dois fios de corrente sem fim que são conectados, espaçados, removíveis ou fixos a braços transversais. Podem ser usados para carregar materiais unitários como caixa ou bolsas (RAY, 2013). A Figura 6 mostra um tipo de transportador de corrente.

FIGURA 6: Transportador de corrente



Fonte: indiamart³

3.2.5 Transportador de esteira

Este tipo de transportador é uma variante do transportador de correia e é usado para deslocar materiais quentes ou muito abrasivos a curtas distâncias. Sua composição é metálica e possui caçamba ou bandeja fixa em correia ou corrente. Sua versão mais simples é feita de madeira para carregamento de material em fardo.

O acionamento é feito por meio de corrente laterais e rodas dentadas, podendo ser reforçado para transporte pesado a pequena distância e podem ser utilizados como alimentadores para outros carregadores, podendo operar em uma faixa de velocidade que varia entre 5 e 10 m/min. A Figura 7 mostra um tipo de transportador de esteira.

³ <https://www.indiamart.com/proddetail/automated-chain-conveyor-system-20436076388.html>

FIGURA 7: Transportador de esteira



Fonte: dyco⁴

3.2.6 Transportador de correia

É formado por uma correia sem fim que se movimenta entre um tambor livre no ponto de alimentação e outro no acionamento no ponto de descarga, apoiando-se em roletes. Necessita de esticadores para que a tensão na correia seja mantida e a instalação desse transportador inclui regiões de carga e descarga.

O transportador de correia (TC) ou *belt conveyor* (BC) é descrito como um arranjo de componentes mecânicos, elétricos e estruturas metálicas, podendo ser um dispositivo horizontal ou inclinado (ascendente ou descendente), possuindo ou não curvas, além de ser possível uma combinação entre quaisquer destes perfis.

O transportador de correia é utilizado para transporte de materiais a granel através de uma correia com movimento reversível ou não, deslocando-se sobre tambores, roletes ou mesas de deslizamento. Sua trajetória é predeterminada de acordo com os requisitos de projeto, assim como, as regiões de carga e descarga (NBR 6177, 1999).

⁴ <https://www.dyco-inc.com/bottle-conveyor/mat-top-conveyor/>

A NBR 6177 (1999) classifica alguns tipos de transportador de correia da seguinte forma:

1. Transportador de correia radial: Possui função de descarregar material em vários pontos, para tanto possui rodas dianteiras que proporcionam o movimento de rotação. A Figura 8 mostra um tipo de transportador de correia radial.

FIGURA 8: Transportador de correia radial



Fonte: msmconveyor⁵

2. Transportador de correia reversível: Possui capacidade de descarregar material em dois sentidos opostos de acordo com a alteração do movimento e sentido da correia, como é mostrado na Figura 9 a seguir.

FIGURA 9: Transportador de correia reversível



Fonte: beltconveyormachine⁶

⁵ <https://www.msmconveyor.com/?product=radial-conveyor>

⁶ https://www.beltconveyormachine.com/photo/pl30992028-1200mm_reversible_belt_conveyor.jpg

3. Transportador de correia sobre cabos: Os roletes deste tipo de transportador são apoiados em cabos de aço em suas laterais, bastante utilizado em minas de extração. A Figura 10 mostra um tipo de transportador de correia sobre cabos.

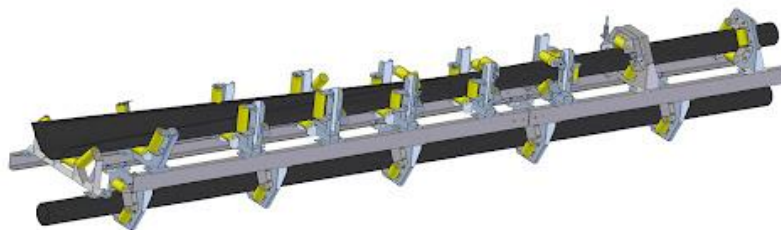
FIGURA 10: Transportador de correia sobre cabos



Fonte: steephillequipment⁷

4. Transportador de correia tubular: Tipo de transportador no qual a correia é conformada na forma tubular por rolos, conforme mostra a Figura 11 a seguir.

FIGURA 11: Transportador de correia tubular



Fonte: kesnercz⁸

⁷ <https://www.steepphillequipment.com/equipment-listings/conveyors/5-5-rope-belt-conveyors-2-available/>

⁸ <http://www.kesnercz.com/en/product/pipe-belt-conveyor-pdt/>

5. Transportador de correia de alta inclinação: É provido de ângulo superior em relação aos transportadores convencionais e utiliza correia especial que permite o carregamento do material. A Figura 12 mostra um tipo de transportador de correia de alta inclinação.

FIGURA 12: Transportador de correia de alta inclinação



Fonte: xinhaimineral⁹

6. Alimentador de correia: Este tipo mostrado na Figura 13, possui pequeno comprimento e trabalha a baixas velocidades, comumente usado para regular a alimentação destes dispositivos.

FIGURA 13: Alimentador de correia



Fonte: indiamart¹⁰

⁹ https://www.xinhaimineral.com/en/product_13_56.html

¹⁰ <https://www.indiamart.com/proddetail/belt-feeder-4483756773.html>

De acordo com Garcia (2016), esse tipo de transportador é formado por uma correia que se move entre duas polias, onde o material é carregado na parte de cima e a parte de baixo retorna vazia após a descarga. Os transportadores de correia podem ser classificados com relação a mobilidade de sua montagem podendo ser fixa, móvel e portátil.

Os transportadores de correia fixa são amplamente utilizados em áreas que sua localização seja fixa como pedreiras e minas, por exemplo. A Figura 14 mostra um modelo de transportador de correia fixa.

FIGURA 14: Transportador de correia fixa



Fonte: conveyors¹¹

Os transportadores de correia móvel são utilizados para operações em que há a necessidade de mover e extrair material ao mesmo tempo, esse tipo é comumente utilizado na mineração. A Figura 15 mostra um modelo de transportador de correia móvel.

¹¹ <http://www-x-conveyors-cn-x-com.img.abc188.com/wp-content/uploads/2019/05/fix-belt-conveyer-3.jpg>

FIGURA 15: Transportador de correia móvel



Fonte: <https://www.indiamart.com>¹²

Os transportadores de correia portátil podem ser movidos conforme a necessidade de operação devido a sua capacidade de movimentação proporcionada por rodas ou outro tipo de guia, sua estrutura é feita de metal. A Figura 16 mostra um transportador de correia portátil.

FIGURA 16: Transportador de correia portátil



Fonte: <http://www.conveyors-cn.com>¹³

¹² <https://www.indiamart.com/proddetail/movable-conveyor-19163965733.html>

¹³ <http://www.conveyors-cn.com/portable-belt-conveyor.html>

O Quadro 1 mostrará vantagens e desvantagens desse tipo de transportador.

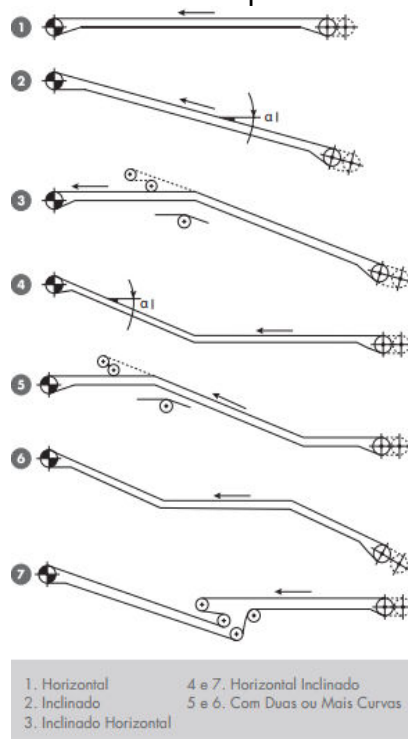
QUADRO 1: Vantagens e desvantagens do transportador de correia

Vantagens	Desvantagens
Baixo custo de operação e manutenção	Grande investimento inicial
Controle elétrico	Dificuldade de adaptação a mudanças e novos requisitos de projeto
Boa eficiência energética	Não é possível fazer importantes mudanças de direção.
Grande capacidade de transporte	
Não são afetados pelo clima	

Fonte: Garcia (2016).

Os transportadores de correia são projetados para atender a requisitos de projeto das mais variadas configurações e capacidades, podendo ser fixos ou moveis, leves ou pesados, curtos ou longos, perfis horizontais curtos ou longos e inclinação ascendente ou descendente. A Figura 17 mostra exemplos de perfis de transportadores de correia.

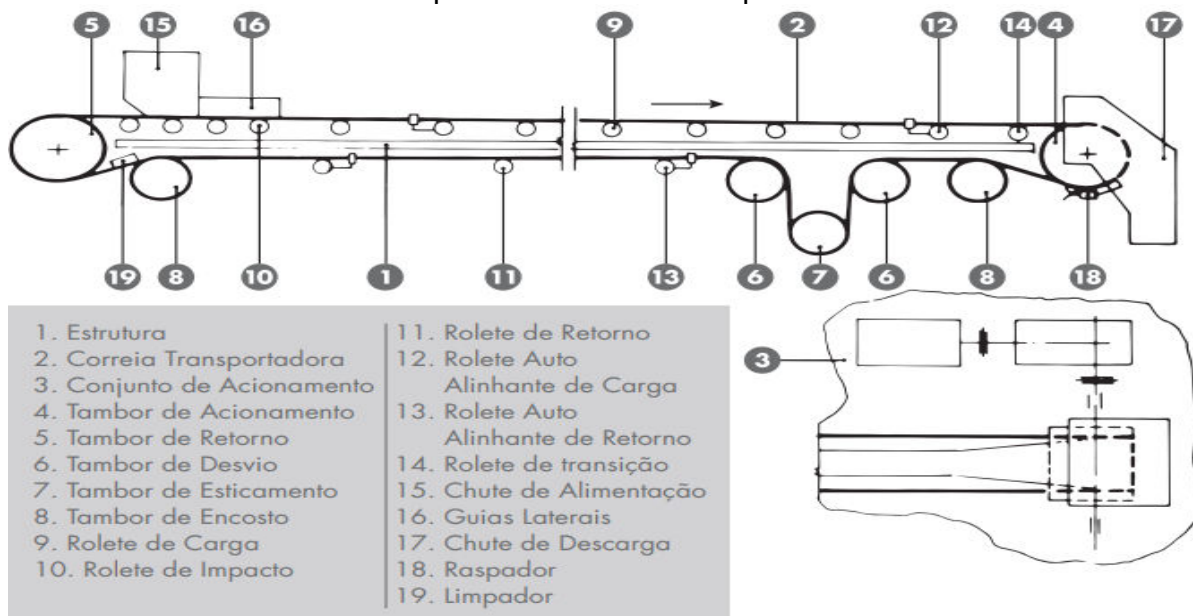
FIGURA 17: Perfis de transportadores de correia



Fonte: Mercúrio (s/d)

Um transportador é constituído de uma série de componentes necessários para garantir o funcionamento e desempenho. A Figura 18 destaca os componentes de um transportador de correia.

FIGURA 18: Componentes de um transportador de correia



Fonte: Mercúrio (s/d)

1. Estrutura: É composta por todos os elementos que dão sustentação ao transportador de correia.

2. Correia Transportadora: É a correia responsável pela movimentação e manuseio dos materiais a serem carregados.

3. Conjunto de Acionamento: É responsável pela movimentação da correia e da carga.

4. Tambor de Acionamento: É responsável pela transmissão de movimentação a correia.

5. Tambor de Retorno: É responsável pela mudança de direção e sentido da correia, pode tencioná-la, este tipo de tambor pode ser motorizado.

6. Tambor de Desvio: É responsável pela mudança de direção da correia.

7. Tambor de Esticamento: É responsável por tensionar a correia para dar bom desempenho e evitar deslizamentos.

8. Tambor de Encosto: É responsável por aumentar o ângulo de abraçamento entre a correia e o tambor afim de melhorar o aproveitamento motriz.

9. Rolete de Carga: É responsável por suportar a correia transportadora e a carga.

10. Rolete de Impacto: É responsável por amortecer o choque causado pelo impacto da carga ao cair sobre a correia.

11. Rolete de Retorno: É responsável por sustentar a correia transportadora em seu retorno.

12. Rolete Auto Alinhante de Carga: É responsável por alinhar a correia transportadora no lado da carga.

13. Rolete Auto Alinhante de Retorno: É responsável por alinhar a correia transportadora no retorno.

14. Rolete de Transição: É responsável por acompanhar gradativamente a mudança de concavidade da correia proporcionando mudança de planos sem desequilíbrio de tensões.

15. Chute de alimentação: É responsável por receber a carga e dirigi-lo adequadamente à correia transportadora para carregá-la equilibradamente e sem transbordamento de carga.

16. Guias Laterais: É responsável por centralizar o material a ser transportado na correia.

17. Chute de Descarga: É responsável por descarregar o material transportado na correia.

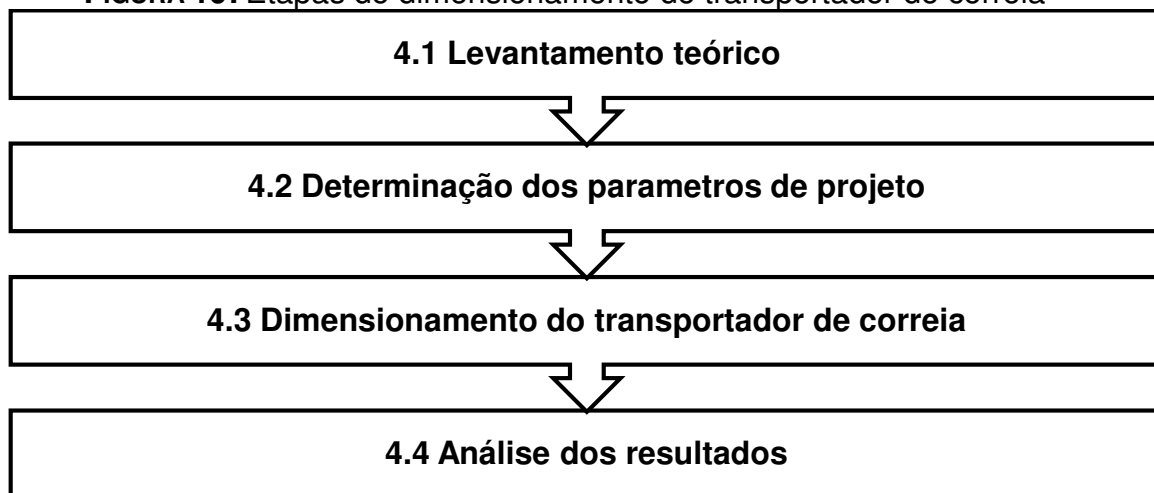
18. Raspador: É responsável por limpar possíveis resíduos deixados pelo material transportado.

19. Limpador: É responsável por limpar material que venha a cair para fora da área da correia durante o transporte ou retorno.

4 METODOLOGIA

O presente trabalho realizou um levantamento teórico para dimensionar um transportador de correia para transporte de cereais em espigas. Para isso, foram seguidas as etapas contidas no fluxograma apresentado na Figura 19.

FIGURA 19: Etapas do dimensionamento do transportador de correia



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1 Levantamento Teórico

O levantamento teórico buscou reunir conhecimento com base nos relatórios anuais da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) sobre o cenário sobre a produção de cereais no Brasil, levando em consideração a importância do pequeno produtor e a dependência de máquinas para modernizar a sua produção, e torná-los competitivos.

Afim de solucionar uma problemática encontrada pela falta de mão de obra e burocracia enfrentada pelos produtores, foi idealizado um dimensionamento de um transportador de correia. Buscando um aprofundamento neste tema foram reunidas informações a respeito de dimensionamento de transportador de correia disponíveis na literatura. Assim, foram realizados levantamento bibliográficos sobre o tema, buscando capital teórico para o dimensionamento proposto a partir dos requisitos de projetos levantados bem como norma que rege os tipos e classificação

4.2 Determinação de parâmetros de projeto

O objeto de estudo deste trabalho é o dimensionamento de um transportador de correia, que tem por objetivo solucionar problemas e facilitar o transporte e manuseio de cereais em espiga em seu meio de produção, isto é, no campo. Existem considerações, detalhes e dimensões levados em consideração que são: relação ao solo onde o transportador será utilizado (este não possui diferenças de nível significativas que possam comprometer o bom funcionamento e desempenho do transportador), a altura do transportador está dentro do limite máximo para alcance de carrocerias para carregamento de carga de acordo com o CONTRAN que é de 4,7 m (Conselho Nacional de Trânsito, 2018), e o comprimento foi definido afim de diminuir contratempos com deslocamento da carga. Além destes, foi idealizada uma demanda máxima de diária de até 50 toneladas de grãos em espigas para abastecer veículos de transporte de carga. Todos os requisitos necessários para o dimensionamento do transportador de correia são mostrados no Quadro 2.

QUADRO 2: Requisitos para o dimensionamento do transportador de correia

Tipo de transportador	Comprimento (m)	Altura (m)	Inclinação¹⁴	Demanda máxima diária (t)	Período de operação h/dia
Correia	10	2,5	14 ^o	50	6

Fonte: Elaborado pelo autor

Cereais em espiga são uma classe de grãos que tem como principal representante o milho, porém compreende cereais como cevada e trigo. Este tipo de material possui peso específico dado pelo manual da FAÇO de 0,9 t/m³, não possui código de identificação no manual da FAÇO, ângulo de repouso ou inclinação máxima, isso acontece devido a apresentarem aspectos físicos diferente (FAÇO, 1996).

¹⁴ Inclinação mínima para o transportador determinada por meio de trigonometria para o transportador de correia.

4.3 Dimensionamento de transportador de correia

A metodologia utilizada para o dimensionamento do transportador seguiu as etapas descritas no Manual de Transportadores de Correia FAÇO (1996), disponível em: www.academia.edu/16529142/MANUAL_DE_TRANSPORTADORES_DE_CORREIA_FAÇO.

4.4 Análise dos Resultados

Os resultados do dimensionamento do transportador de correia proporcionaram informações que possibilitaram a seleção de componentes necessários para o funcionamento do transportador a partir dos dados encontrados em FAÇO (1996), bem como pesquisas adicionais realizadas na internet.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da metodologia empregada (ver apêndice A), permitiram a seleção dos materiais necessários para o dimensionamento do transportador de correia.

5.1 Capacidade de carga do transportador

O transportador possui um ângulo de inclinação determinado de $\lambda = 14^\circ$, ângulo de acomodação de material de $\alpha = 10^\circ$, num plano com inclinação $\beta = 0^\circ$ e com apenas um rolo. O manual FAÇO (1996), estabelece que para uma velocidade de 1 m/s e para uma vazão de $C_{tabela} = 10 \text{ m}^3/\text{h}$, o transportador deve possuir uma largura de correia de no mínimo 16". O fator de correção K, é dado pelo Quadro 3.

QUADRO 3: Fator de correção de capacidade

λ	0°	6°	10°	14°
K	1	0,98	0,95	0,91

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

A capacidade de carga volumétrica é dada pela Equação (2).

$$C = C_{tabela} \cdot V \cdot K = 9,1 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2)$$

A capacidade de carga ou simplesmente capacidade do transportador foi obtida utilizando o peso específico dado pelo manual FAÇO, através da Equação 3.

$$Q = C \cdot \gamma = 8,2 \text{ t/h} \quad (3)$$

A capacidade de carga encontrada proporciona aproximadamente 49,2 toneladas diárias visto que o transportador deve operar em regime intermitente ou até 6 horas por dia, este valor atende à demanda solicitada, pois esta possui um limite máximo de 50 toneladas por dia.

5.2 Potências para o funcionamento do transportador de correia

Segundo Faço (1996), a potência necessária para o funcionamento do transportador de correia (N_e) leva em consideração outras potências necessárias para determinados serviços, são elas: N_v , N_1 , N_h , N_g .

N_v é a potência necessária para que o motor utilizado possa acionar o transportador vazio a 1 m/s, levando em conta o comprimento do transportador e a largura da correia, e é dada pelo Quadro 4.

Quadro 4: Potência para acionar o transportador vazio a 1 m/s

Largura da Correia (pol)	Comprimento do Transportador (m)	Potência N_v (Hp)
16"	10	0,37

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

A potência necessária para deslocar 100 t/h em um determinado comprimento (N_1), é pelo Quadro 5.

Quadro 5: Potência para deslocamento de 100 t/h em um determinado comprimento

Comprimento (m)	Potência (Hp)
10	0,50

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

A potência necessária para elevar ou descer 100 t/h de material de uma determinada altura (N_h), é dada pelo Quadro 6.

Quadro 6: Potência para elevar ou descer 100 t/h de uma determinada altura

Altura (m)	N_h (Hp)
2,5	1

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

A potência necessária para vencer o atrito das guias laterais a 1 m/s (N_g), é dada pelo Quadro 7.

Quadro 7: Potência necessária para vencer o atrito das guias laterais

Comprimento das Guias (m)	N_g (Hp)
10	1,26

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

A potência efetiva (N_e), leva em consideração todas as situações listadas anteriormente e foi obtida pela Equação 4.

$$N_e = V \cdot (N_v + N_g) + \frac{Q}{100} \cdot (N_1 \pm N_h) = 1,75 \text{ Hp} \quad (4)$$

A potência efetiva é necessária para o funcionamento do motor e consequentemente do transportador, porém é preciso levar em consideração perdas na transmissão de potência. Para este transportador serão consideradas eficiência de 0,94 para polias e correia em V e eficiência de 0,95 para redução simples, e não foi considerado o fator de segurança do engenheiro, dessa forma, a potência necessária no motor para o devido funcionamento do transportador de correia é dada pela Equação 5.

$$N_{motor} = \frac{N_e}{\eta_t} = 1,96 \text{ Hp} \quad (5)$$

A potência determinada serve como base para a escolha do motor utilizado para funcionamento do transportador de correia, para este caso foi escolhido um motor WEG W22 Quattro super premium com 2 Hp de potência e rotação de 1185 rpm (ver anexo A).

5.3 Tensões para o funcionamento do transportador de correia

O funcionamento do transportador depende também de tensões envolvidas na correia. A primeira tensão determinada foi a causada por influência direta da carga a ser transportada dada pela Equação 6.

$$W_m = 0,227 \cdot \frac{Q}{V} = 2,27 \text{ Kgf/m} \quad (6)$$

A tensão relacionada ao peso da correia transportadora dada pelo Quadro 8, leva em consideração a sua largura.

Quadro 8: Potência necessária para vencer o atrito das guias laterais

Largura da correia (pol)	W_b (Kgf/m)
16	5,2

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

Segundo FAÇO (1996), o espaçamento entre roletes de carga (a), indicado para correia com 16" de largura é de 1,5 m. A tensão mínima admissível T_0 é a tensão necessária para garantir uma flecha mínima de 1% na correia entre os roletes, dada pela Equação 7.

$$T_0 = 12,50 \cdot (W_m + W_b) \cdot a = 140,08 \text{ Kgf} \quad (7)$$

A força de atrito nos roletes foi determinada pela Equação 8.

$$F_r = 0,015 \cdot L \cdot W_b = 0,78 \text{ Kgf} \quad (8)$$

A tensão efetiva sobre a correia é dada pela Equação 9.

$$T_e = \frac{75 \cdot N_e}{V} = 130,12 \text{ Kgf} \quad (9)$$

O perfil escolhido para o transportador de correia foi o de transportador horizontal em acive com acionamento no tambor de retorno, dessa forma, foi possível determinar as tensões máxima e mínima no tambor de acionamento, e a tensão no tambor de retorno. Tensão máxima no tambor de acionamento é dada pela Equação 10.

$$T_1 = T_e + T_0 = 270,20 \text{ Kgf} \quad (10)$$

A tensão mínima no tambor de acionamento pela Equação 11.

$$T_2 = T_0 = 140,08 \text{ Kgf} \quad (11)$$

A tensão no tambor de retorno é dada pela Equação 12.

$$T_3 = T_e + T_0 + H.W_b + F_r = 283,98 \text{ Kgf} \quad (12)$$

5.4 Seleção da série de rolos para o transportador de correia

A seleção do tipo de rolete que melhor atende a proposta do transportador de correia foi calculado o fator de aplicação. Este fator avalia o regime de trabalho ao qual o transportador de correia será submetido e as características do material a ser transportado. O fator do tipo de serviço (A), é dado pelo Quadro 9.

Quadro 9: Fator do tipo de serviço (A)

Regime de Trabalho (h/dia)	Tipo de Instalação	Peso do Material (t/m ³)	Fator A
Até 6	Operação Intermitente	<1,6	6

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

O fator (B) devido as características do material, é dado pelo Quadro 10.

Quadro 10: Fator de caracteriza do material (B)

Tamanho Máximo de Pedacos (pol)	Peso Especifico do Material (t/m ³)	Fator B
5 3/16	0,9	32,7

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

O Fator de serviço necessário para a escolha do tipo de rolete é dado pela Equação 13.

$$C = B.A = 196,2 \quad (13)$$

Segundo FAÇO (1996), a série de roletes mais indicadas para este transportador de correia é a 1524 AD. Para mais informações sobre os roletes utilizados desta série ver anexo B.

5.5 Seleção da correia

A seleção da correia adequada para o transportador foi feita com base nos critérios descritos no manual de transportador de correia FAÇO. A correia escolhida foi a PLYLON 140 da GOODYEAR para serviços leves ou moderados, pois possui alta flexibilidade, resistência a impacto e não precisa de camada amortecedora. Para mais especificações ver anexo C.

6 CONCLUSÕES

Os objetivos propostos foram alcançados mediante a aplicação da metodologia apresentada no manual de transportador de correia FAÇO (1996). O dimensionamento do transportador de correia partiu de uma série de cálculos realizados por etapas até a seleção dos componentes para o mesmo.

Para que o dimensionamento fosse possível foram atribuídos requisitos de projeto, e a partir destes os cálculos necessários foram executados. Foram obtidos resultados satisfatórios. Para o transportador de correia, objetivando o transporte de cereais em espigas, foi conseguida uma capacidade de carga teórica de 8,2 t/h. Foi determinada a potência necessária para o funcionamento do maquinário de 1,96 Hp, considerando todas as situações descritas no manual FAÇO (1996), foi possível chegar a escolha do motor WEG W22 Quattro super premium, possibilitando economia de energia no processo de transporte.

As condições de trabalho foram escolhidas de modo que fosse possível a seleção de roletes que atendesse ao regime de trabalho no meio de produção de cereais em espigas, a serie escolhida foi a 1524 AD. Por fim foram consideradas as tensões que a correia será submetida, chegando a uma tensão efetiva de 130,125 Kgf. Para suportar as tensões envolvidas e as condições de trabalho foi escolhida a correia PLYLON 140 da GOODYEAR.

Este trabalho mostrou que é possível dimensionar um transportador de correia para uso auxiliar o pequeno produtor, e não somente a indústria. Mostrou a importância de avaliar os fatores que influenciam no dimensionamento e no funcionamento de um transportador. Finalmente, possibilitou a escolha de componentes de forma precisa para evitar que houvesse superdimensionamento destes, consequentemente proporcionando economia a curto, médio e longo prazo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR – 6177. Transportadores contínuos – Transportadores de correia – Terminologia. Rio de Janeiro. 1999.

BEN, Luis Humberto Bahú. **Influência de lâminas de irrigação de densidade de plantas sobre o cultivo do milho “safrinha”**. 2015. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento. 2022.

DAVIS, J.A.; GOLDBERG, R.A. **A Concept of Agribusiness**. Boston: Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1957.

Dr. RAY, Siddhartha, “Introduction to Materials Handling”, New Age International Publishers 2013

FAÇO- FÁBRICA DE AÇO PAULISTA S.A. Manual de transportadores de correias, 4ª edição. 1996.

GARCÍA, Pelayo López. **Design of a belt conveyor for iron ore**. Dissertação (A master's thesis of the second – cyclo master's study programme in MECHANICAL ENGINEERING) – Faculty of Mechanical Engineering – University of Ljubljana, 2016.

GELAIS, Marcelo Alves. **Cálculo dinâmico de transportadores de correia – uma análise comparativa ao cálculo estático corroborada por medições de campo**. 2016. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

GOMIDE, Reynaldo. **Operações Unitárias Volume 1**: operações com sistemas sólidos granulares. São Paulo: [s. n.], 1983. p. 22. Disponível em: https://www.academia.edu/36386827/Reynaldo_Gomide_Operacoes_Unitarias_Vol_1_Operacoes_Com_Sistemas_Solidos_Granulares_pdf. Acesso em: 15 set. 2021.

MARTINS, Roberto de Souza. **Modelagem de transportador vibratório linear com excitação eletromagnética: Aplicação a casos reais**. 1997. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1997.

MATZKE, Tim. **Bucket elevator design: centrifugal Vs. continuous**. Disponível em: <https://www.printfriendly.com/p/g/Dx2yLs>. Acesso em: 24 Fev. 2022
MERCÚRIO. **Manual Técnico de Correias Transportadoras**. São Paulo: Editora Schoba, 3ª Edição. [s/d].

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora UNESP; Brasília: NEAD, 2010.

OCHÔA, A. L. S. **Avaliação do Índice de quebra de grãos em transportadores agrícolas**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Panambi-RS, 2011.

PEREIRA, Giovanni Eduardo *et al.* Desenvolvimento de uma metodologia para cálculo de transportadores de correia convencionais para fins didáticos. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 7., 2012. **Anais....**São Luís: ABCM, 2012. P. 2.

XIONG, Xinhong **et al.** A design process to eliminate bucket-to-bucket interference on chain bucket elevator. **Advances in Mechanical Engineering**. v. 8, p. 1-6, 2016.

APÊNDICE A – CÁLCULOS DO DIMENSIONAMENTO DO TRANSPORTADOR DE CORREIA

O dimensionamento do transportador de correia partiu da determinação dos pré-requisitos de projeto dados pelo Quadro e seguiu as etapas descritas a seguir.

Quadro 1: Requisitos para o dimensionamento do transportador de correia

Tipo de transportador	Comprimento (m)	Altura (m)	Inclinação¹⁵	Demanda máxima diária (t)	Período de operação h/dia
Correia	10	2,5	14º	50	6

Fonte: Elaborado pelo autor

1 – Capacidade de carga do transportador

Os requisitos de projetos que foram determinados anteriormente são essências para os cálculos do dimensionamento do transportador de correia. Foi escolhida uma largura de correia mínima de 16", com isso foi possível determinar a distância do material até a borda da correia, dado pela Equação 1.

$$dp = 0,055.B + 0,9 = 1,78" \quad (1)$$

dp = Distância padrão do material à borda (pol)

B = Largura da correia (pol)

¹⁵ Inclinação mínima para o transportador determinada por meio de trigonometria.

O manual da Faço determina para a velocidade de 1 m/s da correia transportadora, a capacidade volumétrica do transportador de 10 m³/h (como será mostrado mais à frente no Quadro 9) e um fator de correção de capacidade de carga dado pelo Quadro 2, dessa forma, a capacidade volumétrica do transportador dada pela Equação 2 é:

Quadro 2: Fator de correção de capacidade

λ	0º	6º	10º	14º
K	1	0,98	0,95	0,91

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

$$C = C_{\text{tabela}} \cdot V \cdot K = 9.1 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2)$$

C = Capacidade volumétrica (m³/h)

C_{tabela} = Capacidade volumétrica de um transportador a uma velocidade V = 1 m/s (m³/h)

V = Velocidade de um transportador (m/s)

K = Fator de correção de capacidade de um transportador devido à inclinação (λ)

Segundo o manual FAÇO (1996), o peso específico para cereais em espiga é de 0,9 t/m³ com isso foi possível determinar a capacidade volumétrica dada pela Equação 3.

$$Q = C \cdot \gamma = 8,2 \text{ t/h} \quad (3)$$

Q = Capacidade de carga (t/h)

C = Capacidade volumétrica (m³/h)

γ = Peso específico do material (t/m³)

O valor determinado é está dentro do limite máximo diário determinado previamente para a quantidade de grãos em espigas a ser transportado.

2 – Selecionar a série de roletes.

A seleção da série de roletes a ser utilizada depende de dois fatores: regime de trabalho Dado pelo Quadro 3, e característica do material transportado dado pelo Quadro 4.

Quadro 3: Fator do tipo de serviço (A)

Regime de Trabalho (h/dia)	Tipo de Instalação	Peso do Material (t/m ³)	Fator A
Até 6	Operação Intermitente	<1,6	6

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

Quadro 4: Fator de caracteriza do material (B)

Tamanho Máximo de Pedacos (pol)	Peso Especifico do Material (t/m ³)	Fator B
5 3/16	0,9	32,7

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

O fator de aplicação é resultado da relação entre o regime de trabalho e as características do material dado pela Equação 4

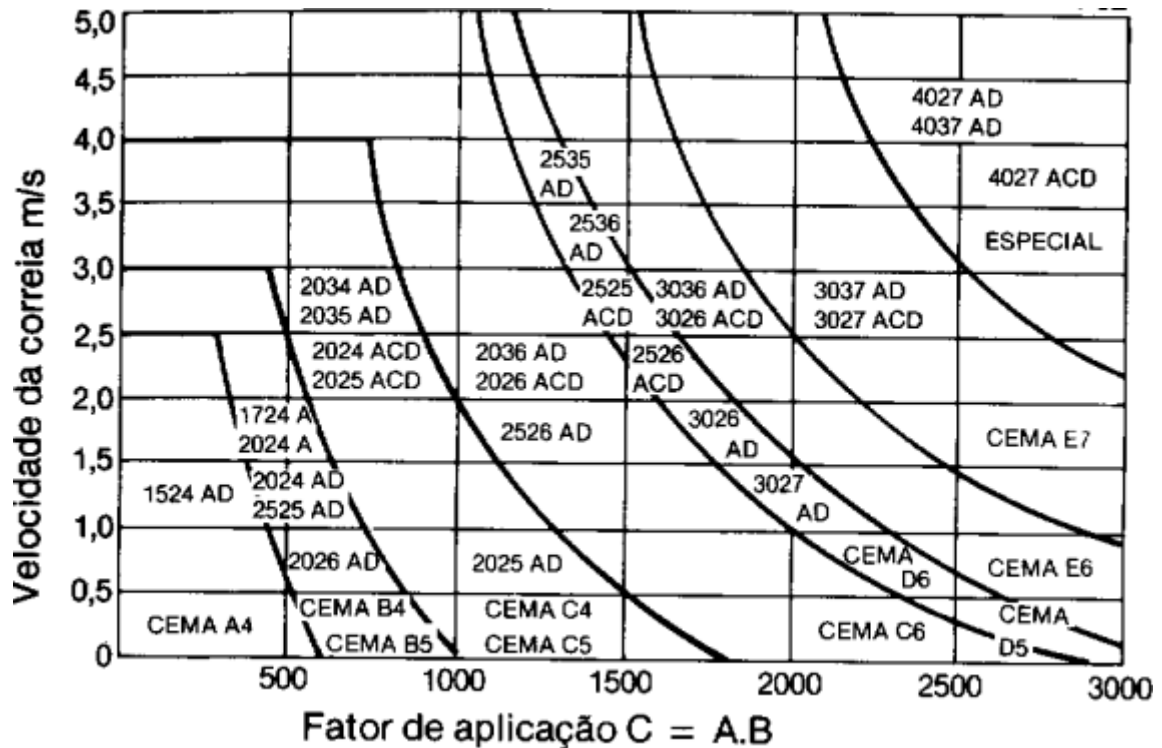
$$C = B.A = 197,4 \quad (4)$$

A = Regime de trabalho (h/dia)

B = Tamanho máximo de pedacos (pol)

Segundo FAÇO (1996) A série de roletes é dada pela Figura 1.

Figura 1: Gráfico para Escolha da Série de Roletes



Fonte: FAÇO (1996)

Por meio da Figura 1 foi possível chegar a escolha da série de roletes de 1524 AD, sendo essa a mais adequada para o transportador de correia. O Quadro 5 mostra especificações de carga da série de rolos escolhida.

Quadro 5: Especificações da Série de Roletes Escolhida

Rolamentos	C_d (máx) (Kgf)	Serie de roletes	Carga máx. no eixo (Kgf) $p/\delta =$ 800 Kgf/cm ²
6202	795	1524 AD	240

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

O espaçamento entre roletes de carga e rolete retorno é dado pelo Quadro 6.

Quadro 6: Espaçamento entre roletes

Largura da correia (B)	Espaçamento A dos roletes de carga	Peso específico do material (t/m ³)	Espaçamento B dos roletes de retorno
16"	1,5 m	0,8	3,0 m
20"	1,5 m	1,6	3,0 m

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

Após selecionada a série de roletes foi preciso fazer a verificação da mesma dada pela Equação 5.

$$F_r = \left[\frac{j}{2} + \frac{1-j}{2} \cdot \text{sen}^2 \beta \right] \cdot w_m \cdot a + \frac{w_b \cdot a}{6} + \frac{w_r}{2} \quad (5)$$

F_r = Força radial nos rolamentos (Kgf)

W_m = Peso do material (kgf/m)

W_b = Peso da correia (kgf/m)

w_r = Peso do rolo (Kgf)

a = Espaçamento entre roletes de carga (m)

β = Ângulo de inclinação dos rolos laterais (graus)

j = Fator indicativo da porcentagem do material sobre o rolo central

O peso do material é dado pela Equação 6.

$$W_m = 0,227 \cdot \frac{Q}{V} = 2,27 \text{ Kgf/m} \quad (6)$$

O peso da correia possui relação com sua largura apresentado no Quadro 7.

Quadro 7: Peso da correia

Largura da correia	16"
Tipo lona	5,2 Kgf/m

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

Foram considerados um mínimo de 6 rolos de carga e 3 rolos de retorno de acordo com o espaçamento indicado anteriormente no Quadro 6, o peso dos rolos também possui relação com a largura da correia e é dado pelo Quadro 8

Quadro 8: Peso dos rolos

Largura da correia	16"
Peso de 1 rolo	4,6 Kgf

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

A capacidade volumétrica está diretamente relacionada com o ângulo de acomodação do material, largura da correia e o ângulo de inclinação dos roletes laterais mostrado no Quadro 9.

Quadro 9: Quadro de capacidade volumétrica dos transportadores

Planos dos rolos laterais β	Ângulo de acomodação dos materiais α	Largura da correia B	Capacidade volumétrica C_{tabela}
0°	10°	16"	10 m ³ /h

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

A porcentagem do material sobre o rolo dado pelo Quadro 10.

Quadro 10: Fator j

β	0°
j	1,00

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

A força radial nos rolamentos foi obtida por meio da Equação 5, $F_r = 23,70$ kgf.

A vida útil teórica de 20.000 horas foi escolhida com base no regime de trabalho intermitente. A partir dessa escolha foi possível determinar o fator de segurança dos rolamentos mostrado no Quadro 11 a seguir.

Quadro 11: Fator de segurança dos rolamentos

rpm	Vida útil h	Sr
1185	20. 000	11,266

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

Com os valores da força radial nos rolamentos e o fator de segurança dos rolamentos, foi possível determinar a carga dinâmica nos rolamentos dada pela Equação 7, e verificar se a serie escolhida é adequada.

$$C_d = F_r \cdot S_r = 267,03 \text{ Kgf} \quad (7)$$

C_d = Carga dinâmica nos de rolos (Kgf)

S_r = Fator de segurança do rolamento

A carga dinâmica máxima suportada pela série de rolos 1524 AD é de 795 Kgf, portanto o resultado de sua seleção mostrou-se satisfatório.

3 – Potência de acionamento.

A partir da potência efetiva e considerações com relação as perdas de transmissão foi possível selecionar o motor o adequado para o transportador de correia. Para determinar a potência efetiva foi preciso determinar outras potencias necessárias para determinados casos a que o transportador possa ser submetido. As potências necessárias para cada hipótese são mostradas no Quadro 12.

Quadro 12: Potências necessária para o funcionamento do transportador de correia

Potência necessária para acionar o transportador vazio a 1 m/s	N_v	0,37 Hp
Potência para deslocar 100 t/h de material em um comprimento L, na horizontal	N_1	0,50 Hp
Potência para elevar ou descer 100 t/h de material de uma altura H	N_h	1 Hp
Potência para vencer o atrito das guias laterais a 1 m/s	N_g	1,26 Hp

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

Por meio da Equação 8, foi possível determinar a potência efetiva.

$$N_e = V \cdot (N_v + N_g) + \frac{Q}{100} \cdot (N_1 + N_h) = 1,75 \text{ Hp} \quad (8)$$

N_e = Potência total efetiva (HP)

N_v = Potência para acionar o transportador vazio a velocidade de 1,0 m/s (HP)

N_1 = Potência para deslocar 100 t/h de material de uma distância L na horizontal (HP)

N_h = Potência para elevar ou descer 100 t/h de material de uma altura H (HP)

N_g = Potência para vencer o atrito das guias à velocidade de 1,0 m/s

Para obter a potência necessária no motor foram ponderadas as perdas de transmissão mostradas no Quadro 13.

Quadro 13: Relação transmissão e eficiência

Transmissão	Eficiência n
Correias em V e polias	0,94
Redução simples	0,95

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996)

A Potência que o motor deve possuir foi determinada pela Equação 9.

$$N_{\text{motor}} = \frac{N_e}{\eta_t} = 1,94 \text{ Hp} \quad (9)$$

$$\eta_t = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n$$

O motor selecionado foi o WEG W22 Quattro super premium com potência de 2 Hp e 1185 rpm.

4 – Tensões para o funcionamento do transportador de correia

O transportador de correia é submetido a diversas tensões, a primeira a ser estimada foi a tensão efetiva sobre correia dada pela Equação 10.

$$T_e = \frac{75 \cdot N_e}{v} = 130,12 \text{ Kgf} \quad (10)$$

T_e = Tensão efetiva na correia (kgf)

N_e = Potência efetiva (HP)

v = Velocidade da correia (m/s)

A tensão causada devido ao peso do material é uma relação entre a capacidade de carga e a velocidade do transportador como mostra a Equação 11.

$$W_m = 0,227 \cdot \frac{Q}{V} = 2,27 \text{ Kgf/m} \quad (11)$$

W_m = Peso do material (kgf/m)

Q = Capacidade do transportador (t/h)

V = Velocidade da correia (m/s)

Para uma flecha mínima de 1% na correia entre os roletes foi determinada a tensão necessária por meio da Equação 12.

$$T_0 = 12,50 \cdot (W_m + W_b) \cdot a = 2,271 \text{ Kgf/m} \quad (12)$$

T_0 = Tensão mínima admissível na correia (kgf)

a = Espaçamento entre roletes de carga (m)

W_b = Peso da correia (kgf/m)

W_m = Peso do material (kgf/m)

Os roletes também estão sobre tensão, essa foi determinada pela Equação 13.

$$F_r = 0,015 \cdot L \cdot W_b = 0,78 \text{ Kgf} \quad (13)$$

F_r = Força de atrito nos roletes de retorno (kgf)

L = Comprimento do transportador (m)

W_b = Peso da correia (kgf/m)

O transportador de correia foi dimensionado para estar em acrive com acionamento no tambor de retorno. A tensão máxima no tambor de acionamento é dada pela Equação 14.

$$T_1 = T_e + T_0 = 270,20 \text{Kgf} \quad (14)$$

T_1 = Tensão máxima no tambor de acionamento (kgf)

De acordo com FAÇO (1996), a tensão mínima no tambor de acionamento é igual a tensão para garantir a flecha na correia, conforme mostrada na Equação 15.

$$T_2 = T_0 = 140,08 \text{ Kgf} \quad (15)$$

T_2 = Tensão mínima no tambor de acionamento (kgf)

Foi considerado um fator de abraçamento da correia no tambor de acionamento de 0,84 para determinar a tensão no tambor de retorno mostrada na Equação 16.

$$T_3 = (1 + k). T_e + H. W_b. F_r = 283,98 \text{ Kgf} \quad (16)$$

K= Fator de abraçamento

T_3 = Tensão no tambor de retorno (kgf)

H = Altura do transportador (m)

5 – Seleção da correia.

A seleção da correia adequada para o transportador foi feita com base nos critérios descritos no manual de transportador de correia FAÇO. A correia escolhida foi a PLYLON 140 da GOODYEAR para serviços leves ou moderados, pois possui alta flexibilidade, resistência a impacto e não precisa de camada amortecedora. Para determinar o diâmetro mínimo dos tambores foi preciso relacionar as 2 lonas da correia, sua largura de 16" (40,64 cm), e a tensão unitária de 32 Kgf/cm, como mostrado na Equação 17.

$$T_{ad} = T_u \cdot B \cdot n_1 = 2.600,96 \text{ Kgf} \quad (17)$$

T_{ad} = Tensão admissível na correia (Kgf)

T_u = Tensão unitária admissível (Kgf)

n_1 = Numero de lonas da correia

Para seleção de diâmetro mínimo para o tambor de acionamento foi usada a tensão máxima para determinar a relação mostrada na Equação 18.

$$\% \frac{T}{T_{ad}} = 10,38\% \quad (18)$$

Esta relação significa que durante o processo a correia chega a 10,38% da sua tensão admissível, e de acordo com o Anexo C o diâmetro mínimo para o tambor de acionamento será de 25 cm, diâmetros menores a este podem ocasionar deslocamento de lonas. Para o tambor de retorno foi determinada uma relação de 10,91%, por consequência o diâmetro mínimo também será de 25 cm.

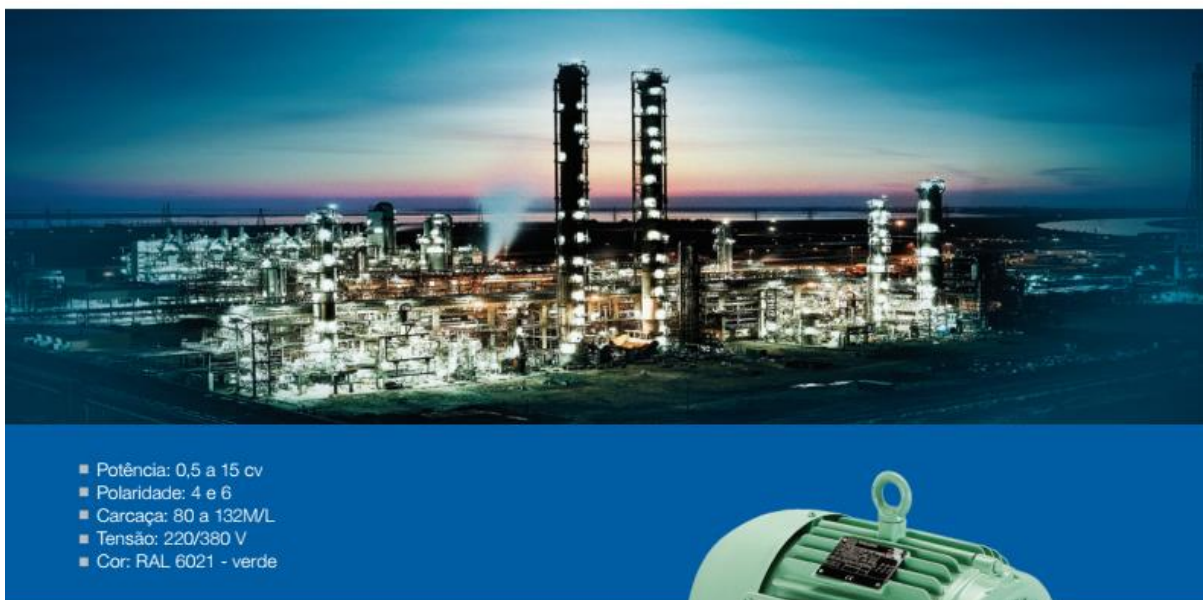
ANEXO A – FRAÇÃO DO CATÓLOGO DE MOTORES TRIFÁSICOS INDUSTRIAIS DA WEG.



W22 Quattro

Motor híbrido composto por rotor de gaiola em alumínio, o que permite a partida direta da rede, e ímãs permanentes, que garantem **operação síncrona com elevado rendimento em regime contínuo**. Esta combinação garante um excelente desempenho, ideal para usuários que consideram economia de energia uma prioridade.

O W22 Quattro possui rendimento Super Premium, que reduz significativamente o consumo de energia da rede.



- Potência: 0,5 a 15 cv
- Polaridade: 4 e 6
- Carcaça: 80 a 132M/L
- Tensão: 220/380 V
- Cor: RAL 6021 - verde

Aplicações

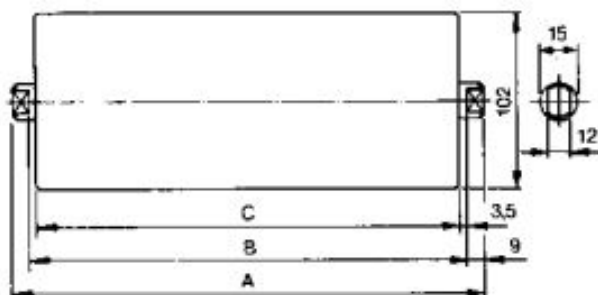
Compressores, elevadores, bombas centrífugas, ventiladores, máquinas operatrizes, esteiras transportadoras, veículos elétricos, máquinas para equipamentos têxteis e outras aplicações que demandem alto rendimento e operação síncrona.



Atributos e Benefícios	
Rendimento Super Premium	Supera os níveis de rendimento da versão IR3 Premium (rendimentos IE4, conforme norma europeia IEC 60034-31)
Sistema de isolamento WISE®	Apto à operação com inversor de frequência
Temperatura dos mancais reduzida	Maior vida útil e redução de intervenções para manutenção
Mesma relação potência x carcaça que os motores de indução	Total intercambiabilidade com motores de indução
Operação síncrona	Como a velocidade não varia com a carga, permite a operação sincronizada em acionamentos multimotores e maior precisão no controle

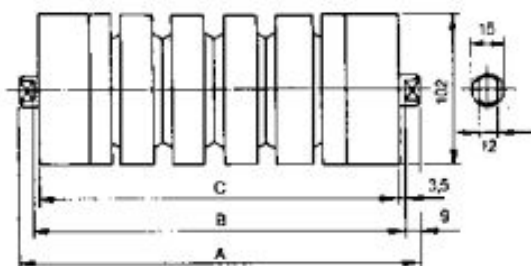
**ANEXO B – FRAÇÃO DO MANUAL FAÇO COM ESPECIFICAÇÕES DA SERIE DE
ROLETES 1524 AD**

ROLO DE CARGA 1524-AD



Largura da correia	Dimensões (mm)			Peso (kgf)
	A	B	C	
16"	275	257	250	2,0
20"	217	199	192	1,7
24"	252	234	227	2,0
30"	305	287	280	2,3
36"	358	340	333	2,7

ROLO DE IMPACTO 1524-AD



Largura da correia	Dimensões (mm)			Peso (kgf)
	A	B	C	
16"	275	257	250	4,8
20"	217	199	192	4,5
24"	252	234	227	4,6
30"	305	287	280	5,1
36"	358	340	333	5,7

ROLO DE RETORNO 1524-AD



Largura da correia	Dimensões (mm)			Peso (kgf)
	A	B	C	
16"	533	507	500	4,4
20"	662	636	629	4,8
24"	763	737	730	5,4
30"	916	890	883	6,5
36"	1068	1042	1035	7,5

**ANEXO C – FRAÇÃO DO MANUAL FAÇO COM ESPECIFICAÇÕES DA CORREIA
PLYLON DA GOODYEAR**

Tipo		100	140	220	330	440	540	720	900	1080	
Nº de Lonas		2	2	2	3	4	3	4	5	6	
Capacidade de Tensão (kgf/cm largura)	Emenda vulcanizada	21	32	48	72	96	107	143	179	214	
	Emenda c/ grampos	21	32	42	64	84	107	129	129	129	
Largura mínima (ângulo dos rolos 35°)		12"	14"	18"	24"	30"	30"	36"	42"	48"	
Largura máxima (ângulo dos rolos 35°)		24"	30"	42"	60"	72"	72"	84"	84"	84"	
Revestimento		Stacker, B, W, 6740-A. ORS Chemigum									
Diâmetro mínimo dos tambores (mm)	% T/Tad	100-80	400	400	450	500	600	600	750	915	1050
		80-60	350	350	400	450	500	500	600	750	915
		60-40	300	300	350	400	450	450	500	600	750
		40-0	250	250	300	350	400	400	450	500	600