

TRANSPORTADORES MECÂNICOS: UM ESTUDO SOBRE A RELEVÂNCIA E APLICAÇÕES NO SETOR INDUSTRIAL.

MECHANICAL CONVEYORS: A STUDY ON THEIR RELEVANCE AND APPLICATIONS IN THE INDUSTRIAL SECTOR.

¹BARONE, Ranilson Morelim; ¹da CRUZ, Pedro Henrique Santiago; ¹de OLIVEIRA, Laura Maria; ¹GONÇALVES, Gustavo José Corrêa; ¹MUNHOZ, Marcelo Rodrigo; ¹RIBEIRO, Fernando Sabino Fontequê.

¹Departamento de Ciências Exatas e Engenharia – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos-Unifio/FEMM

RESUMO

A cadeia industrial tem apresentado uma crescente evolução desde a primeira revolução industrial, com o desenvolvimento das máquinas a vapor, até os dias atuais, com a implementação de ferramentas e técnicas voltadas para a indústria 4.0. Dentre o setor industrial, a indústria de beneficiamento alimentício apresenta-se em papel fundamental, uma vez que o custo do alimento está diretamente ligado a qualidade de vida da população. Dentro desse setor, é nítido que parte dos produtos de origem vegetal tem diferentes características físicas dentro do processo de beneficiamento, como por exemplo os grãos, óleos, misturas, dentre outros. Essas características físicas são importantes no que tange o transporte dentro do ambiente fabril, realizados por equipamentos chamados de transportadores, como elevadores de caneca, transportadores helicoidais, esteiras transportadoras, dentre outros. Isto posto, o presente trabalho tem como objetivo aprestar a importância da aplicação de máquinas transportadoras aplicáveis a produtos a granel, conceituando os diferentes tipos de equipamentos encontrados no mercado.

Palavras-chave: Produtos a Granel; Transportadores; Produção.

ABSTRACT

The industrial chain has shown increasing evolution since the first industrial revolution, with the development of steam machines, to the present day, with the implementation of tools and techniques aimed at industry 4.0. Among the industrial sector, the food processing industry plays a fundamental role, since the cost of food is directly linked to the population's quality of life. Within this sector, it is clear that some products of plant origin have different physical characteristics within the processing process, such as grains, oils, mixtures, among others. These physical characteristics are important when it comes to transportation within the manufacturing environment, carried out by equipment called conveyors, such as bucket elevators, screw conveyors, conveyor belts, among others. That said, the present work aims to highlight the importance of applying conveyor machines applicable to bulk products, considering the different types of equipment found on the market.

Keywords: Bulk Products. Transporters. Production.

INTRODUÇÃO

A produção de grãos a nível nacional tem experimentado um crescimento contínuo, evidenciando um notável aumento em comparação com anos anteriores. Para o ciclo 2022/23, as projeções indicam uma colheita estimada em 312,5 milhões de toneladas, denotando um incremento substancial de 40,1 milhões de toneladas em relação à temporada anterior de 2021/22, o que equivale a um impressionante aumento de 15% (CONAB,

2023). Destacando-se como os principais produtos agrícolas, conforme ilustrado na Figura 1, encontramos o milho e a soja, os quais testemunharam a produção de 133,7 milhões de toneladas de soja e 105,2 milhões de toneladas de milho. Estes dois grãos assumem uma posição de destaque, representando aproximadamente 88% da produção total de grãos no cenário nacional. Vale ressaltar que, mesmo diante dessa supremacia, permanecem na liderança à frente de cultivos cruciais para a subsistência de grande parte da população brasileira, tais como o arroz e o feijão. No que concerne ao arroz, registra-se uma produção estimada de cerca de 10,9 milhões de toneladas, desempenhando um papel fundamental como alimento básico em muitos lares. Por sua vez, o feijão, responsável por 3 milhões de toneladas, também se configura como uma cultura essencial na dieta alimentar da população.

Figura 1: Produtos a granel sólidos.



Fonte: disponível em: <https://sigconsaida.mg.gov.br/wp-content/uploads/arquivos/emendas/2020/Emendas%202020%20Seapa.pdf>. Acesso em 01/06/2023.

O beneficiamento destes grãos, em muitas vezes destina-se a produção de ração animal. Em respeito a esta parcela da indústria, o mercado fechou o ano de 2022 com um crescimento produtivo de 1,3%. Segundo dados publicados pelo Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (Sindirações), o percentual corresponde a uma produção de aproximadamente 82 milhões de toneladas, de janeiro a dezembro. O volume de produção de ração no Brasil reforça que o setor de nutrição animal tem caminhado, a passos largos, de coadjuvante, para protagonista na economia do Brasil.

(PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2023). A Figura 2 representa variados tipos de ração animal encontrados no mercado.

Figura 2: Variadas rações animais.



Fonte: disponível em: <https://www.portaldoagronegocio.com.br/agroindustria/nutricao-animal/noticias/producao-de-racao-animal-no-brasil-cresce-e-caminha-para-ser-um-mercado-protagonista-na-economia-nacional>. Acesso em 01/06/2023.

Todos os produtos mencionados são classificados como produtos a granel, que são tradicionalmente definidos como "cargas transportadas nos porões dos navios mercantes sem a necessidade de embalagem, acondicionamento especial, marca de identificação ou contagem de unidades" (FERREIRA, 1999, p.1005). O transporte de produtos a granel em instalações industriais tem sido otimizado visando a redução dos custos operacionais. Quando os transportadores são adequadamente selecionados para uma aplicação específica, busca-se minimizar o dano mecânico aos produtos, contribuindo assim para a manutenção de sua qualidade. Portanto, o transporte de grãos ou sementes pode ser definido como "a transferência de uma massa de grãos de um ponto a outro em qualquer direção ou sentido, com o menor dano mecânico possível" (MILMAN, 2002, p.73).

O conhecimento das características dos materiais a granel permite a correta seleção do transportador mecânico e sua especificação. Além disso, possibilita a tomada de decisões relacionadas ao armazenamento do material, à segurança e à proteção ambiental. Esses materiais podem ser agrupados em

várias categorias, incluindo pós, minérios, farinhas, cereais e areias (SACRAMENTO, 2004).

Cada uma dessas categorias apresenta uma série de características, que podem ser classificadas como primárias e secundárias. As características primárias incluem granulometria, peso específico, capacidade de escoamento ou fluidez e abrasividade. Por outro lado, as características secundárias abrangem propriedades como higroscopia (absorção de umidade), toxidez, corrosividade, capacidade de gerar poeira explosiva (risco de combustão na presença de faíscas), friabilidade, temperatura elevada, leveza excessiva que permite o arraste pelo vento, capacidade de compactação, desagregação e aderência ou viscosidade (SACRAMENTO, 2004).

Os equipamentos de manuseio de materiais a granel desempenham um papel crucial nas indústrias alimentícias. No entanto, muitos desses equipamentos podem causar danos físicos aos produtos devido a impactos inadequados. Além disso, a seleção inadequada ou o uso incorreto de equipamentos para determinadas aplicações são questões que precisam ser consideradas (SILVA, 2008).

Diante disso, o presente trabalho visa identificar os principais tipos de transportadores destinados a materiais a granel encontrados na indústria, identificando características de construção e de funcionamento destes equipamentos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foram realizadas buscas em meios digitais e físicos visando elucidar quais os principais tipos de transportadores aplicados a materiais a granel.

A etapa inicial determinou a revisão da literatura e a definição sobre o conceito de materiais a granel e sua importância no cenário econômico. Partindo-se deste princípio, verificou-se no aprofundamento do tema quais os principais tipos de materiais a granel compõem o PIB nacional, sendo verificado que a produção de grãos apresenta grande influência neste cenário.

A segunda etapa, a ser apresentada na seção de resultados, identificou os principais tipos de transportadores e suas características, sendo eles:

- Transportadores helicoidais;

- Elevadores de caçamba/caneca;
- Transportador de correia;
- Transportador de corrente;
- Transportador pneumático;
- Transportador de arrasto tubular.

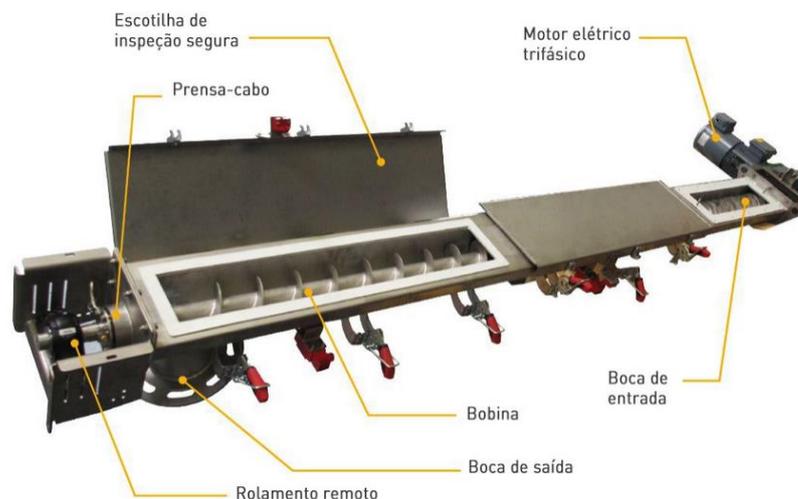
Diante disso, foram aprofundados os temas e realizadas as definições e apontamentos sobre cada tipo de transportadores citados.

RESULTADOS

A movimentação de produtos durante o processo de armazenagem pode ser dividida em três grupos distintos: transportadores verticais, transportadores horizontais e transportadores por deslizamento. Dentro dessas categorias, destacam-se os transportadores helicoidais, também conhecidos como roscas sem fim, elevadores de caçamba e transportadores de correia, cada um projetado com características específicas para atender a diversas aplicações (SILVA, 2008).

O transportador helicoidal é especialmente empregado para o transporte de materiais granulares e farelos. Seu funcionamento mecânico é simples, consistindo em um helicóide fixado a um tubo ou eixo, localizado dentro de uma calha. A Figura 3 ilustra os componentes de um transportador helicoidal em uma vista explodida. O processo de transporte ocorre quando o material é introduzido em uma bica de alimentação, e então é deslocado no sentido de rotação do helicóide, impulsionando o material para frente. Além disso, esse equipamento também pode ser utilizado para a homogeneização de diferentes materiais durante o transporte (SILVA, 2008).

Figura 3: Transportador helicoidal



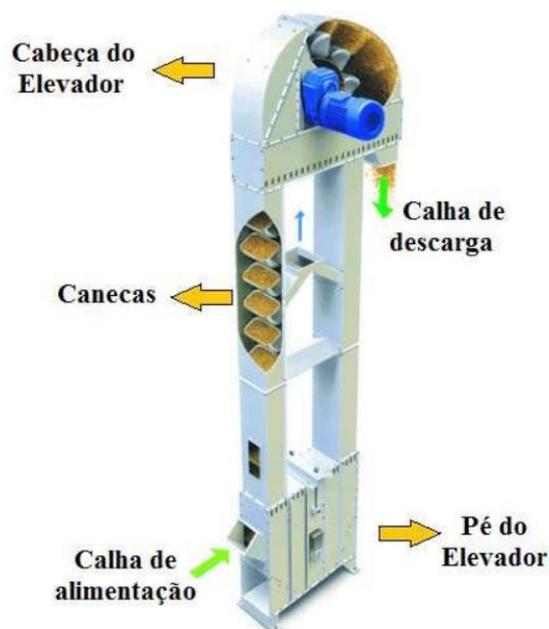
Fonte: Disponível em: <https://www.palamaticprocess.com.br/maquinas-industriais/rosca-transportadora-em-calha>. Acesso em 11/09/2023.

Os helicoides são fabricados a partir de chapas de aço que passam pelo processo de perfilagem, permitindo variações no passo, tanto para a esquerda quanto para a direita. A folga entre o helicóide e a calha da tubulação deve ser mantida em cerca de 5 a 10 mm, a fim de evitar danos mecânicos aos produtos. Sua movimentação é realizada por motores elétricos diretamente conectados ao eixo do helicóide, mas também podem ser usados motoredutores ou motores elétricos acoplados por correias e polias. Além disso, o tipo de helicóide varia de acordo com a aplicação específica, sendo classificado em quatro grupos: helicóide padrão para transporte convencional, helicóide para transporte inclinado, helicóide com dentes ou recortados e helicóide de fitas (MILMAN, 2002).

Outro equipamento que se destaca no transporte de produtos a granel são os elevadores de caçamba, conhecidos como elevadores de canecas. Esses equipamentos são projetados para elevar materiais a diferentes alturas, operando de forma vertical ou com ligeiras inclinações, conforme representado na Figura 4. A estrutura de um elevador de caçamba compreende uma cabeça motriz e uma cabeça movida, também denominadas cabeça, pé ou base, módulos e as próprias caçambas. Os cabeçotes possuem polias nas quais são montadas correias ou correntes, nas quais as caçambas são adequadamente espaçadas para o transporte do material. A estrutura do elevador é composta

por chapas de aço com perfil retangular ou circular, e em seu interior, estão presentes correias ou correntes que suportam o material. Esses elevadores consistem em vários módulos com extremidades flangeadas para facilitar a montagem, incluindo um módulo aberto para facilitar a manutenção, bem como módulos com aberturas estrategicamente distribuídas no caso de acidentes de explosão no interior do equipamento (SILVA, 2008).

Figura 4: Elevador de caçamba.

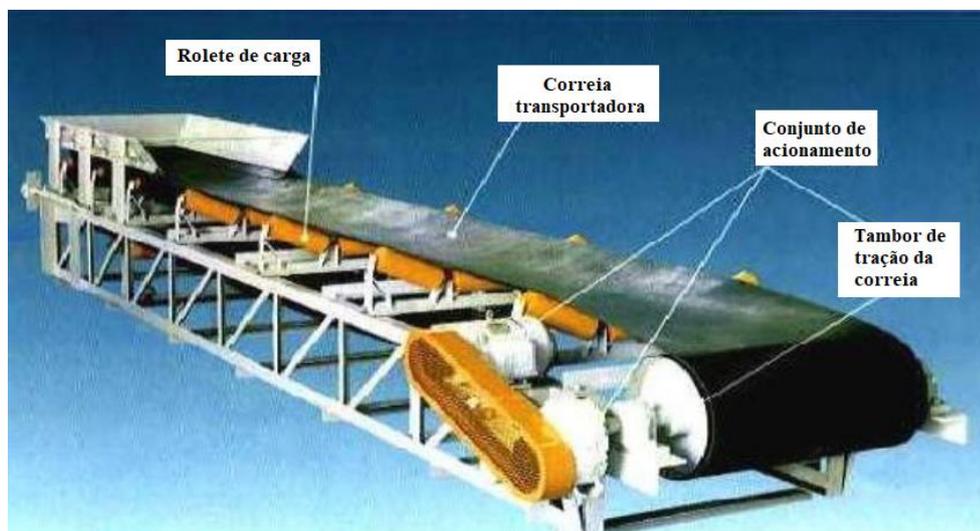


Fonte: disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Fritzen/publication/336550184/figure/fig1/AS:814076577984518@1571102389935/Figura-2-Partes-de-um-elevador-de-canecas.jpg>. Acesso em 11/09/2023.

Em uma perspectiva mecânica distinta, os transportadores de correia representam equipamentos de excepcional eficiência, onde a ocorrência de danos por atrito ou impacto se restringe ao período de carga e descarga. Este equipamento compõe-se de elementos essenciais, a saber: uma polia motora, uma polia guia equipada com um mecanismo tensionador, roletes ou plataformas deslizantes, chassi e um sistema de carga e descarga. Vale destacar como características primordiais a flexibilidade, resistência à tensão e resistência à corrosão. Os transportadores de correia são capacitados para conduzir produtos ao longo de uma esteira, formando uma espécie de tapete transportador. Desde aplicações de simplicidade até transporte de produtos

pesados, esses equipamentos operam com eficácia em altas velocidades e em trajetos extensos. Contudo, é importante mencionar que sua aplicação em produtos agrícolas encontra limitação em inclinações superiores a 15 graus (SACRAMENTO, 2004). A Figura 5 ilustra um transportador de correia instalado em um ambiente industrial.

Figura 5: Transportador de correia.

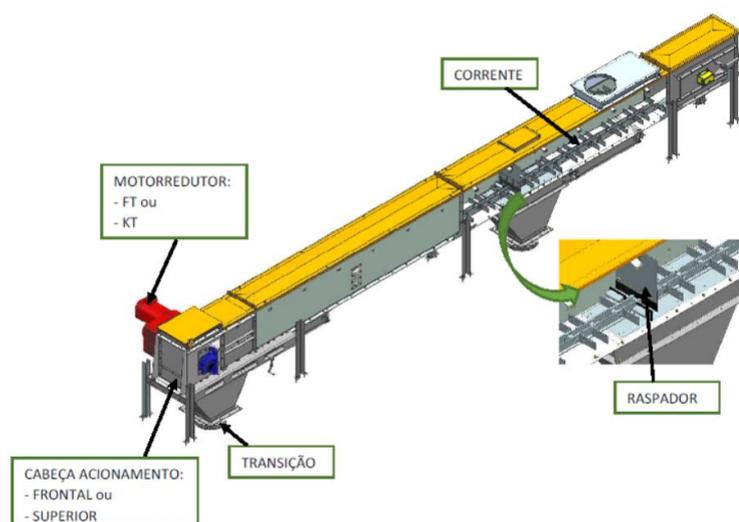


Fonte: disponível em: http://www.transportedegraneis.ufba.br/apostila/cap5_tc.pdf. Acesso em 11/09/2023.

Os transportadores de corrente, também conhecidos como transportadores redler, constituem uma categoria de equipamentos robustos e altamente eficientes no transporte de produtos a granel. Esses sistemas são compostos por uma corrente de arrasto que movimenta uma série de placas ou paletes, sendo amplamente utilizados em indústrias que manuseiam materiais pesados, abrasivos ou de difícil manuseio. A transmissão de força é assegurada por meio de pinhões e engrenagens, garantindo um transporte confiável e de baixa manutenção. Além disso, a configuração dos transportadores de corrente permite a manipulação de materiais a granel em ângulos de inclinação superiores aos possíveis com transportadores de correia, tornando-os ideais para aplicações que envolvem elevações acentuadas. Esses sistemas também são conhecidos por sua capacidade de movimentar produtos a altas temperaturas, tornando-os adequados para indústrias que lidam com materiais aquecidos (SILVA, 2008).

No entanto, é importante ressaltar que os transportadores de corrente podem gerar níveis significativos de ruído durante a operação, o que requer atenção às medidas de mitigação de ruído em ambientes industriais. Além disso, a manutenção preventiva é fundamental para garantir o desempenho confiável desses equipamentos ao longo do tempo (SILVA, 2008). A Figura 6 apresenta um exemplo de um transportador de corrente em funcionamento.

Figura 6: Transportador de corrente.



Fonte: disponível em: <https://www.fabricadoprojeto.com.br/2013/03/serie-transportadores-redler-ou-transportador-de-corrente/>. Acesso em 11/09/2023.

O transporte pneumático, de notável relevância na indústria desde o início do século XX, apresenta características intrínsecas que o tornam um método de transporte versátil e altamente eficiente. Essas características notáveis incluem baixos custos de manutenção e operação, a capacidade de lidar com uma ampla variedade de produtos, a flexibilidade na concepção de sistemas que permitem o transporte tanto na vertical quanto na horizontal, bem como a disponibilidade de diversos sistemas de alimentação de sólidos (SACRAMENTO, 2004).

A utilização do ar comprimido como meio de transporte oferece vantagens substanciais em relação aos métodos de movimentação mecânica, como elevadores, transportadores de corrente, transportadores helicoidais, entre outros. Essas vantagens decorrem do fato de que o material é transportado por meio de tubulações, nas quais o ar age como um fluido que

permite o escoamento do produto até seu destino final, proporcionando maior segurança ao material transportado, minimizando a possibilidade de danos (SACRAMENTO, 2004). A Figura 7 representa um exemplo típico de um sistema de transporte pneumático, destacando sua complexidade e eficiência na manipulação de materiais a granel.

Figura 7: Transportador pneumático



Fonte: Disponível em: <https://www.mzfluid.com.br/transporte-pneumatico-po>.
Acesso em 11/09/2023.

Um projeto adequado deverá prever o tipo de tubulação a ser utilizada, de acordo com o grau de abrasividade e corrosão possivelmente gerados pela composição dos materiais. O levantamento criterioso destas características poderá exigir do projeto a utilização de materiais resistentes como aço inox ou até mesmo PVC, sendo que os raios de curvatura deverão ser largos com a possibilidade de "chapas de desgaste" que propiciem sua substituição. O correto estudo das quantidades e pesos dos materiais, bem como velocidades e pressões nos dutos são indispensáveis para o sucesso do funcionamento (SACRAMENTO, 2004).

Os transportadores de arrasto tubular, como ilustrado na Figura 8, constituem equipamentos de acionamento mecânico que operam arrastando material ao longo do interior de um tubo. Seu princípio de funcionamento envolve um cabo de aço com discos (taliscas) espaçados ao longo de seu comprimento, cujas extremidades estão conectadas a rodas dentadas

(engrenagens) acionadas por um motor redutor, tudo isso contido dentro de um tubo fechado (AER, 2021).

Atualmente, os transportadores tubulares desfrutam de várias vantagens em comparação com os transportadores de correia, transportadores de corrente e elevadores de caçamba, com destaque para sua capacidade de realizar curvas e mudanças de direção de maneira eficiente (KATTERFELD e WILLIAMS, 2008). Essa versatilidade torna esses transportadores altamente valiosos em aplicações industriais que exigem a manipulação de materiais a granel em trajetos complexos e com múltiplas direções.

Figura 8: Diferentes direções de trabalho do transportador de arrasto tubular.



Fonte: Disponível em: <https://www.ampla.ind.br/app/midia/produtos/3781.png>. Acesso em: 11/09/2023.

Além de sua versatilidade na manipulação de materiais a granel, os transportadores de arrasto tubular oferecem outras vantagens significativas. Primeiramente, eles podem ser empregados em sistemas de transporte hermeticamente fechados, o que os torna ideais para lidar com materiais em ambientes que requerem isolamento contra poeira, gases e pressão. Essa capacidade contribui para a manutenção de ambientes de trabalho mais limpos e seguros (KATTERFELD e WILLIAMS, 2008).

Outra característica notável é a sua aptidão para operar em condições adversas, incluindo ambientes com temperaturas elevadas, chegando a aproximadamente 200°C, bem como o transporte de materiais a granel com

alto teor de abrasividade. Adicionalmente, os transportadores tubulares consomem menos energia em comparação com as roscas transportadoras, o que se traduz em maior eficiência econômica e redução do impacto ambiental decorrente do menor consumo de energia. Esses sistemas também se destacam pelo baixo nível de ruído durante a operação, possibilitando ambientes de trabalho mais silenciosos e confortáveis. Sua flexibilidade no layout da linha de transporte, ampla gama de aplicações e outras características fazem dos transportadores tubulares uma escolha atraente em diversas indústrias (KATTERFELD e WILLIAMS, 2008).

CONCLUSÕES

Diante do apresentado, foi possível identificar a estreita relação entre a produção de grãos e os equipamentos necessários para seu escoamento e beneficiamento.

Como principais tipos de máquinas destinadas ao transporte destes materiais a granel, foi possível identificar que se encontram no mercado transportadores helicoidais, elevadores de caçamba/caneca, transportador de correia, transportador de corrente, transportador pneumático, transportador de arrasto tubular.

O estudo aprofundado de transportadores é essencial na engenharia mecânica, pois é o alicerce que sustenta a eficiência e a produtividade de sistemas de transporte de materiais, garantindo um fluxo contínuo e seguro na indústria.

REFERÊNCIAS

AER. **Transportador de Arraste Tubular**, 2021, Ourinhos. Ourinhos: AER Company Projetos Especiais, 2021.

CONAB. **Produção de grãos está estimada em 312,5 milhões de toneladas na safra 2022/23**. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4971-producao-de-graos-esta-estimada-em-312-5-milhoes-de-toneladas-na-safra-2022-23>>. Acesso em 01/06/2023.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa 3.ed.** Editora: Nova Fronteira; Rio de Janeiro-RJ 1999.

KATTERFELD, André; WILLIAMS, Kenneth. Functional Analysis of Tube Chain Conveyors. Part 1: General Desing and Calculation Principles. **Bulk Solids & Powder – Science & Technology**. v.3, Janeiro, 2008.

KEPLER. **Correia Transportadora (CT)**. Disponível em: < <https://www.kepler.com.br/produtos/correia-transportadora/correia-transportadora-ct>>. Acesso em 01/06/2023.

MILMAN, Mario J. **Equipamentos para pré-processamento de grãos**. UFPel. 2002.

Partes de um elevador de canecas. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Fritzen/publication/336550184/figure/fig1/AS:814076577984518@1571102389935/Figura-2-Partes-de-um-elevador-de-canecas.jpg>>. Acesso em 11/09/2023.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **Produção de ração animal no Brasil cresce e caminha para ser um mercado protagonista na economia nacional**. Disponível em: < <https://www.portaldoagronegocio.com.br/agroindustria/nutricao-animal/noticias/producao-de-racao-animal-no-brasil-cresce-e-caminha-para-ser-um-mercado-protagonista-na-economia-nacional>>. Acesso em 01/06/2023.

SACRAMENTO, Roberto César Fernandes. **Transporte Contínuos para Graneis Sólidos - Cap. 5 Transportadores de Correia**. Editora: UFBA; Salvador-BA 2004

SIGCONSAIDA. **Sistema estadual de agricultura e abastecimento**. Disponível em: < <https://sigconsaida.mg.gov.br/wp-content/uploads/arquivos/emendas/2020/Emendas%202020%20Seapa.pdf> >. Acesso em 01/06/2023.

SILVA, Juarez de Souza. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas – Cap.12 Manuseio de grãos**. Editora: Aprenda Fácil; Viçosa-MG 2008; **Transportador de arrasto tubular**. Disponível em: <https://www.ampla.ind.br/app/midia/produtos/3781.png>. Acesso em: 11/09/2023.

Transportador helicoidal. Disponível em: < <https://www.palamaticprocess.com.br/maquinas-industriais/rosca-transportadora-em-calha>>. Acesso em 11/09/2023

Transportador pneumático de pó. Disponível em: <<https://www.mzfluid.com.br/transporte-pneumatico-po>>. Acesso em 11/09/2023