Unisanta Science and Technology, **2019, 3, July**
Published Online 2019 Vol.8 N°1 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

Estudo de Caso da Melhoria de um Sistema de Elevação de Carga pelo uso de Correia Tubular

Bruno Gonçalez Ribeiro[1], Bruno Luiz Sperandeo[1], Gerson da Silva Almeida[1], José Samuel Silva Freitas[1], Lucas Vilaronga Ramos[1], Marcel Teixeira Vicente[1], Matheus Antônio de Oliveira Ferreira[1], Ricardo de Oliveira Almeida[1], Stephanie Pedroza Rodrigues[1], Valmir Demarchi[1,3], Wilson Roberto Nassar[1] e Willy Ank de Morais[1,2]

UNISANTA [1] – Universidade Santa Cecília – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - PPGEMec
Rua Oswaldo Cruz, 266 - Santos-SP, Brasil - CEP: 11045-100

WILLY ANK SOLUÇÕES [2] – Departamento Técnico
Rua Onze de Junho, 316 A.102 - São Vicente-SP, Brasil- CEP: 11320-160

MERCEDES-BENZ DO BRASIL LTDA [3] – Engenharia Mecânica Motores Médios - TP/PBE (D/AM)
São Bernardo do Campo, SP, Brasil.

E-mail*:* willyank@unisanta.br
Received may, 2018

Resumo: O presente trabalho abrange o estudo de um sistema de transporte de matéria prima para a produção de superfosfato granulado, composto por uma sequência de três transportadores de correia convencional e um elevador de canecas. Os componentes destes equipamentos são retratados separadamente, em seguida explica-se o funcionamento do conjunto. São expostos os problemas no desempenho do equipamento e as causas identificadas. Por este motivo, analisa-se a viabilidade econômica da substituição do equipamento atual por um transportador de correia tubular, sistema mais avançado que também é detalhado através da descrição de seus componentes e funcionamento. A análise inicia-se com o dimensionamento dos dois tipos de equipamento de acordo com a planta disponível. Então se compara o cenário atual com o proposto, considerando o desperdício de produto, tempo e custo de paradas para manutenção e custo de implantação do novo equipamento.

Palavras chave: Transportador de Correia; Transportador de Correia Tubular.

Case study of the improvement of a Loading Elevation System by the use of Pipe Conveyor

Abstract: The present work covers the study of a raw material transport system for the production of granular superphosphate, consisting in a sequence of three conventional belt conveyors and a cups elevator. The components of this equipment are portrayed apart and then the operation of the assembly is explained. Problems are presented in the performance of the equipment and the identified causes. For this reason, the economic viability of replacing the current equipment for a pipe conveyor, a more advanced system that is also detailed through the description of its components and operation. The analysis begins with the sizing of the two types of equipment according to the available plant. Then, the actual set is compared with the proposed one, considering the product waste, time and cost of maintenance stops, and the cost of implementing the new equipment.

Keywords: Belt Conveyor; Pipe Conveyor

1. Introdução

Conforme Yamaki [1], os elevadores de carga surgiram da necessidade em se realizar o transporte vertical de materiais, tendo sua gama de aplicações variando da indústria ao comércio, sendo a sua especificação definida por sua finalidade. O elevador de carga precisa demonstrar grande resistência, além disso, é preciso que ele seja capaz de desenvolver esta atividade

Copyright © 2019 ISESC.

sem apresentar riscos às pessoas que trabalham no local. No Brasil, tais equipamentos seguem as normas NBR NM 267 [2] e NBR 14712 [3] sendo divididos em tipos, de acordo com sua capacidade de carga:

1. Elevador de Canecos - Para elevação de materiais a granel, uma das formas mais eficientes a ser utilizada é o elevador de canecas. Em função do material a ser transportado, este tem seu tipo variado, possibilitando inclinações de até 70º e, em casos especiais, essa inclinação chega a ser horizontal. Esse transportador pode ser contínuo ou centrífugo e suas canecas podem ser fixas em correias ou em correntes. Também podem possuir uma ou duas colunas. A principal diferenciação entre os elevadores de canecas se dá pela velocidade e inclinação de trabalho.
2. Transportador de Correia - De acordo com o guia da Procel Indústria [4], transportadores de correia são elementos utilizados com certa frequência em um ambiente industrial. Eles são responsáveis por transferir força e movimento entre determinados pontos de interesse, com o objetivo de realizar o transporte de produtos ou matérias-primas entre esses mesmos pontos. As correias transportadoras, também conhecidas como esteiras ou tapetes (devido à sua forma), são acionadas de maneira mecânica, gerando um processo constante e intermitente. Devido a isso, a implementação desses sistemas traz diversos benefícios, como a padronização da produção, possibilitando o aumento de sua velocidade e, consequentemente, uma redução de custos.

Conforme a NBR 6177 [5], existem oito modelos básicos de transportadores de correia:

1. Transportador de correia portátil: com dimensões reduzidas e de fácil locomoção, na maioria das vezes montado sobre rodas;
2. Transportador de correia móvel: alimenta vários pontos, montado sobre rodas e dotado de movimento de translação;
3. Transportador de correia radial: alimenta vários pontos e empilha o material transportado, é dotado de movimento de rotação com a parte dianteira montada sobre rodas e traseira pivotada;
4. Transportador de correia reversível: transportador com a capacidade de inverter o sentido da rotação;
5. Transportador de correia de dupla via: tem a capacidade de transportar material pelo lado de carregamento e retorno, simultaneamente ou individualmente;
6. Transportador de correia sobre cabos: transportador desprovido de estrutura rígida, composto de roletes em catenária fixados em cabos de aço, usualmente utilizado dentro de minas de extração onde o terreno é irregular e o transportador precisa ser constantemente aumentado;
7. Transportador de correia tubular: transportador no qual a correia é conformada até o formato de um tubo fechado por meio de roletes, transição que acontece na parte de carregamento e descarregamento;
8. Transportador de correia de alta inclinação: transportador provido de elementos especiais que permitem o transporte de material em altas inclinações, muito superiores aos transportadores convencionais.

Transportadores de correia convencional, conforme ilustrado na Figura 1, possuem correia abaulada apresentam o dobro da capacidade das correias planas, devido ao seu formato mais prático e podem funcionar muito bem em velocidades elevadas. As correias convencionais são comumente utilizadas para o transporte de cargas a granel, devido a sua alta capacidade de carga, facilidade em carregar, descarregar e também por sua fácil manutenção. São suportadas por uma estrutura normalmente confeccionada de treliças, através de dois rolos com eixos e mancais, na qual uma correia sem fim é colocada para fazer o papel de transportar o material desejado.

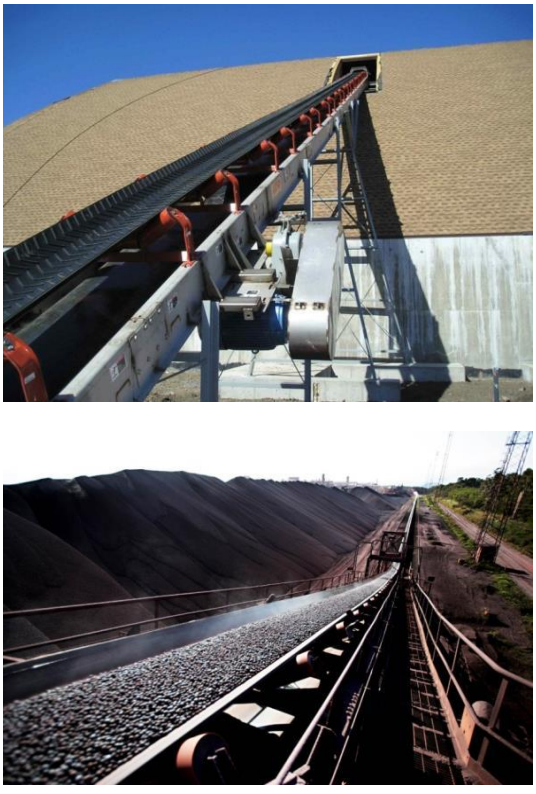


Figura 1. Exemplos de transportadores de correia convencional em operação [6].

Copyright © 2019 ISESC

Apesar de ser uma correia de grande versatilidade, em termos de aplicação, é altamente recomendado que não seja utilizada para o transporte de materiais com elevada umidade ou alta aderência, pois estes tipos de materiais podem causar incrustações ou mesmo danificar o funcionamento da esteira [7]. Mesmo sendo utilizadas há vários anos na indústria, as correias de seção abaulada ainda continuam sendo muito requisitadas nos dias atuais, embora outros tipos de correias tenham surgido com o passar dos anos, cada uma com seus respectivos pontos fortes e fracos.

O transportador de correia tubular (*Pipe Conveyor*) surgiu para suprir certas necessidades apresentadas pelo método convencional, como, por exemplo, o fato de não haver a possibilidade de realização de curvas com correias tradicionais. Neste caso, muitas vezes torna-se necessário a utilização de dois ou mais sistemas de correias transportadoras, de forma que um transportador transfere a carga para o seguinte, a fim de se completar o trajeto esperado. Além disso, como outra questão importante, para se realizar o transporte de certos tipos de materiais corretamente, torna-se necessário um sistema de fechamento para proteger o produto no sistema convencional.

Desta questão surgiu o sistema tubular, que transporta os produtos numa esteira que se molda em formato circular, com o auxílio de conjuntos de roletes em um padrão hexagonal, conforme ilustrado na Figura 2. Por possibilitar a realização de curvas, sua aplicabilidade se torna um diferencial, evitando tantos pontos de transferência (locais onde diversos problemas de transporte ocorrem), além de inibirem a contaminação do produto e também do ambiente externo.

Os transportadores de correia tubular são abertos apenas no início e no final do transporte, nas regiões de carga e descarga, conforme representado na Figura 3, o que limita os problemas decorrentes de locais de transferência. Fora estas duas regiões, o comprimento do sistema é inteiramente fechado em formato circular, desta forma, o contato com o produto ocorre internamente e previne incrustação nos roletes, que costuma ser causada por transbordamento de produto nas correias de formato convencional.

Conforme apresentado pela Fig. 3, os roletes de carga são responsáveis por dar suporte à correia no recebimento do material a ser transportado. Na zona de transição (Fig. 3) os roletes presentes devem estar mais próximos entre si, para favorecer a obtenção do formato hexagonal.

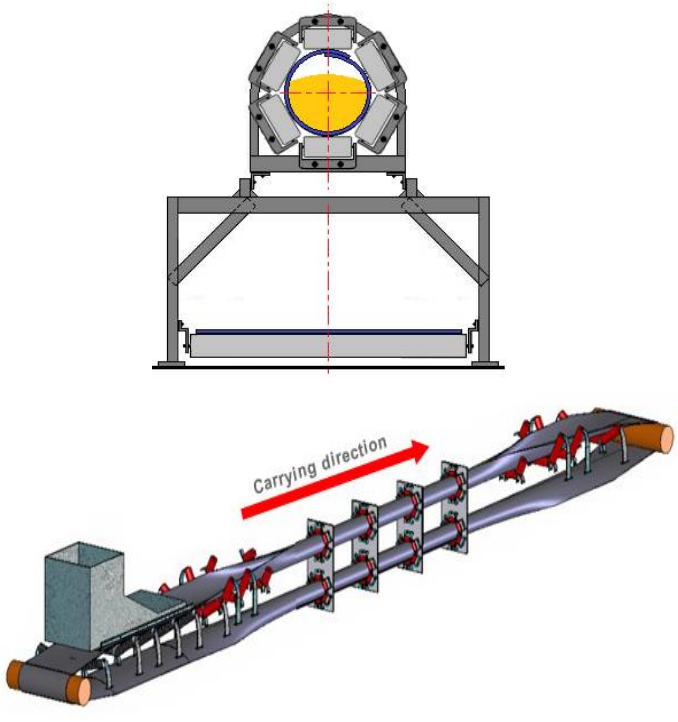


Figura 2. Roletes no padrão hexagonal formando a correia tubular (Pipe Conveyor) [8].

Copyright © 2019 ISESC

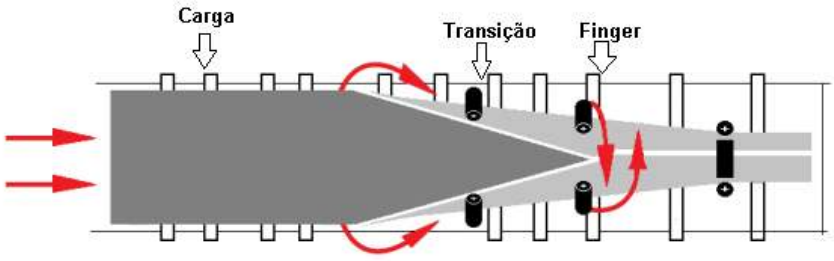


Figura 3. Início da transição para correia tubular (Pipe Conveyor) [8].

A partir daí os roletes denominados *finger*, exemplificado na Figura 4.a, criam uma sobreposição das laterais da correia, o chamado *overlap* mostrado na Figura 4.b, para a formação da correia tubular (*pipe conveyor*).

Foi em 1940 a patente do primeiro sistema transportador de material do tipo tubular, por meio de Johns S. H. que utilizou uma correia de borracha em forma de tubo móvel, podendo ser aberta e fechada para cargas e descargas [9].

Na década seguinte, construções similares foram registradas na Alemanha. Entretanto, o sistema que é conhecido e aplicado nos dias atuais foi desenvolvido pela empresa japonesa denominada *Japan Pipe Conveyor* (JPC), que, em 1967, criou o sistema conhecido como *Pipe Conveyor*. A *priori*, não se obteve grandes resultados, em função da falta de rigidez necessária para que possibilitasse a forma estável de um tubo. Além disso, as correias criadas sofriam com problemas de alinhamentos e de torção.

Apenas em 1979 é que se obteve o êxito em um sistema tubular composto por seis rolos. No Brasil, o interesse pelo novo sistema surgiu no decorrer dos anos 1980 e se desenvolveu na década seguinte. Apesar de prover diversos benefícios, essa tecnologia apresenta complicação por possuir estrutura de maior complexidade em relação a outros tipos de transportadores.

A utilização dos transportadores tubulares nos sistemas nacionais obteve sucesso nos trajetos retos, mas os problemas iniciaram quando houve a necessidade de se fazer curvas horizontais. No Brasil, esta questão foi resolvida pela empresa alemã *KOCH Transporttechnik*, que era a principal fabricante mundial de correias tubulares, que proporcionou a instalação de dois equipamentos: um em Jacareí, na Fibria (antiga Votorantim), que alimenta initerruptamente um digestor com cavacos de madeira e outro em São Luís (MA), na empresa Vale, utilizada para transporte de cobre [9].



(a) (b)

Figura 4. (a) Roletes *finger*. (b) Sobreposição ou *overlap* das laterais da correia.

Copyright © 2019 ISESC

De acordo com Morgado [10], como qualquer sistema, a correia tubular não é imune a falhas. Problemas devido ao dimensionamento inadequado ou má comunicação entre os fabricantes do equipamento e o da correia são empecilhos para o funcionamento adequado do transportador. Situações como a baixa rigidez à flexão transversal ou alta esbelteza da correia ocasionam a não formação do tubo e a perda da reação em alguns rolos e isto propicia um colapso. A situação oposta, de rigidez em demasia e baixa esbelteza também pode impedir o funcionamento, pois ocorre o aumento das tensões e desta forma a correia não consegue se fechar, o que causa um esforço acima do recomendado no acionador do transportador e diminui a vida útil do equipamento. Estes exemplos reafirmam a importância dos procedimentos técnicos adequados na elaboração de um projeto.

Este trabalho avaliou a possibilidade de empregar um sistema de correia tubular, através de um estudo de caso para substituir um sistema de transporte atuando na produção de superfosfato granulado. Este sistema é composto por três transportadores de correia convencional em série e um elevador de canecos, conforme apresentado na Figura 5.

As três correias transportadoras, em ordem no sistema de transporte, tem seus dados mostrados na tabela 1 e foram denominadas como; CT1, CT2 e CT3. Há uma justificativa econômica importante, pois conforme apresentado pelo gráfico de Pareto da Figura 6, que descreve os equipamentos com maiores tempos de parada no ano de 2018 dentro da planta na qual encontra-se o sistema em análise (Fig. 5). De um total de 733,92 horas paradas por conta da manutenção, o atual sistema de transporte, foi responsável por 17% deste tempo, particularmente devido aos elevadores de canecos E2 e E1 e pelas correias transportadoras (CT1 e CT3). Usando novamente um gráfico de Pareto é possível determinar que dentre as quatro correias que mais param a planta, três fazem parte do sistema de transporte em estudo.

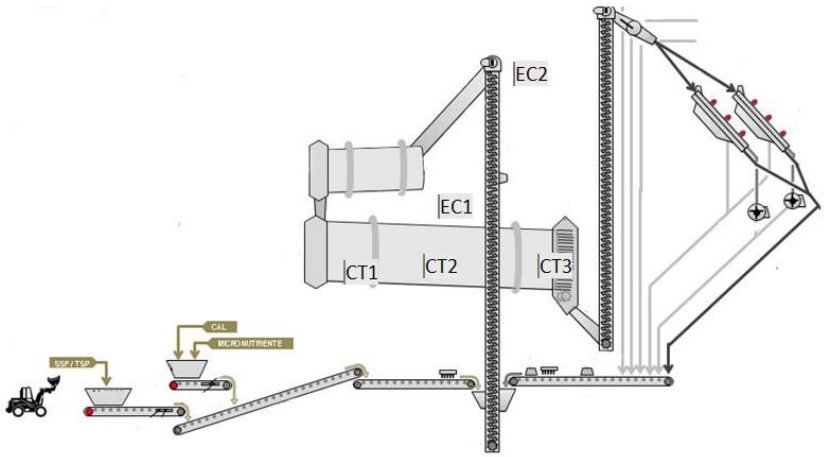


Figura 5. Fluxograma do processo avaliado para substituição por um sistema de correia tubular (*Pipe Conveyor*).

Tabela 1. Dados das correias do processo avaliado.

CORREIA	**CT1**	**CT2**	**CT3**
Material	Superfosfato	Superfosfato	Superfosfato
y = Peso Específico (kg/m³)	850	850	850
Ângulo de Repouso	45°	45°	45°
Ângulo de Acomodação	30°	30°	30°
B = Largura da Correia (pol.)	20	20	20
Ângulo de Inclinação (λ)	20°	-	-
Velocidade (m/s)	1	1	1
Comprimento da Correia (m)	55	43	68
Distância Centro a Centro (m)	25,8	20	35

Copyright © 2019 ISESC

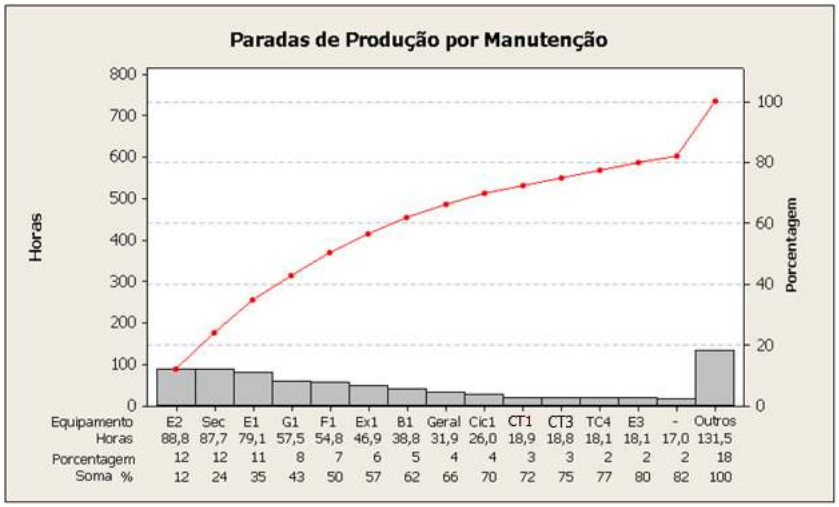


Figura 6. Paradas de produção para manutenção na planta industrial avaliada para implantação de uma correia transportadora tubular (*Pipe Conveyor*).

2 Desenvolvimento

Fundamentalmente, só é possível comparar dois sistemas de transporte, se ambos estiverem ao mesmo patamar. Não é adequado a comparação de um sistema desgastado, modificado e provavelmente alterado do projeto original, com um sistema totalmente novo. Devido a isto, para efeitos de comparação, foram calculados os parâmetros relevantes ao estudo, provenientes do sistema de transporte disposto atualmente, considerando a partir de um projeto novo para que ocorra uma comparação adequada. Neste caso, os resultados de tensão e potência requerida, dos dois sistemas, estão dispostos aqui:

- Transportador de Correia Convencional:
- Tensão efetiva: 4,67 kN;
- Potência requerida: 6 kW.
- Transportador de Correia Tubular:
- Tensão efetiva: 5,07 kN;
- Potência requerida: 10,36 kW.

Para os cálculos da correia transportadora convencional, foi utilizado o manual de transportadores de correia da FAÇO [11], conhecido da literatura da área [12, 13] apesar de empregar equações estabelecidas no sistema inglês. A Tabela 1 apresenta os dados do transportador convencional utilizado atualmente, assim como os do material transportado.

Para estas correias (CT1, CT2 e CT3); foram calculados os seguintes parâmetros [11, 12, 13], alguns dos quais apresentados na Tabela 2:

- Distância do material à borda da correia, d_p (mm);
- Capacidade volumétrica do transportador, C (m^3/h);
- Capacidade de carga, Q (kg/s);
- Peso das correias, W_b (N/m);
- Peso do material nas correias transportadoras, W_m (N/m);
- Espaçamento dos roletes de carga, a (m);
- Tensão, T_0 (N);
- Flecha, f (m);
- Potência efetiva no acionamento, N_e (kW);
- Potência para acionar o transportador, N_v (kW);
- Potência para vencer o atrito das guias laterais, N_g (kW);
- Potência para deslocar 100 t/h de material, N1 (HP);
- Tensão efetiva na correia, T_e (N);
- Especificação do motor, N_{motor} (kW).

Para atender aos requisitos do projeto de um sistema de correia tubular (*Pipe Conveyor*), a ser empregado em um ambiente relativamente pequeno, fez-se necessário utilizar os menores raios de curvatura, e consequentemente os menores diâmetros de tubo.

De acordo com Loeffler [14], o menor diâmetro de tubo para uma correia tubular é de 6 polegadas (152,4 mm), cuja velocidade máxima recomendada é de 400 pés/min (2,032 m/s).

Copyright © 2019 ISESC

Com base neste valor do diâmetro e com as demais informações disponíveis, torna-se possível calcular os parâmetros necessários para um sistema equivalente de transportador de correia tubular [10, 14], conforme listados abaixo e também ilustrados na Tabela 2:

- Sobreposição (ou *Overlap*), B (mm);
- Velocidade de carregamento, V (m/s);
- Capacidade de carga, Q (kg/s);
- Raio de curvatura do transportador tubular do tipo "Nylon", R_h (m);
- Seção de transição, igual à 25× diâmetro do tubo, S_T (m);
- Espaçamento máximo entre roletes, L_d (m);
- Espaçamento entre roletes próximos às curvas, 300d (mm);
- Normalização de roletes, dimensões e peso (mm e kgf);
- Fator de atrito dos roletes para envio e retorno, K_{Xenv} e K_{Xret} (N/m);
- Peso da correia, W_b (N/m);
- Peso do material na correia transportadoras, W_m (N/m);
- Fator de atrito devido à vedação e lubrificação, A_i;
- Seleção do arranjo de retorno;
- Tensão efetiva no sistema, T_e (N);
- Potência requerida, P_r (kW);
- Especificação do motor e Inversor de frequência;
- Tipo de sistema de esticador;
- Tipo de tambor de acionamento e retorno;

Para efeito de consultas em catálogos foi necessária a normalização da largura da correia, para a qual se utilizou o próximo maior valor normalizado com base no perímetro (para um diâmetro de 6 polegadas ou 152,4 mm) somada da sobreposição, que pode compreender entre 1/3 e 1/2 do diâmetro do tubo.

Considerando a sobreposição (50,8 mm) equivalente a 1/3 do diâmetro, cujo perímetro vale 152,4 mm. Com isso, obtêm-se uma largura final de 529,58 mm, que equivale a 20,9 polegadas e que corresponde a uma largura de catálogo nominal de 24 polegadas.

Para o dimensionamento do motor, inicialmente deve-se conhecer a rotação necessária no tambor de acionamento (calculada como: ω = 12,29 rad/s), assim como a potência requerida (P_r = 10,36 kW) e adotando-se um fator de serviço adequado de 92% leva a uma potência de 11,26 kW ou 15 HP. Logo, o motor selecionado será o WEG identificação *W22 IR3 Premium* de 15 HP.

A partir da especificação do motor, encontra-se a corrente nominal, possibilitando o dimensionamento de um inversor de frequência, equipamento que possibilita o acionamento de um motor elétrico enquanto se varia a frequência e tensão que é fornecida ao motor, com o objetivo de controlar a sua velocidade e potência consumida.

Segundo o compilado técnico da WEG [16], a partir de uma corrente nominal de 18,8 A e para um regime de trabalho normal (ND), é indicada a utilização do inversor CFW110024T4SZ.

Tabela 2. Alguns dos parâmetros do sistema de correias atualmente empregados e do novo sistema de correias tubulares

	CT1	CT2	CT3		C. Tub.
d_p (mm)		50,8		**B (mm)**	50,8
C (m3/h)	0,03	0,02	0,03	**V (m/s)**	1,93
Q (kg/s)	22,43	18,17	22,43	**Q (kg/s)**	22,43
W_b (N/m)		63,739		**R_h (m)**	45
W_m (N/m)	219,37	177,70	219,37	**S_T (m)**	3,81
a (m)		1,5		**L_d (m)**	1,22
T_0 (N)	1770,88	1510,13	1770,88	**300d**	0,85
f (m)	0,4496	0,4499	0,4496	**Dimensões (mm)**	258 x 236 x 230
N_e (kW)	1,27	2,54	0,94	**$K_{X\ env}$ (N/m)**	32,54
N_v (kW)	0,66	0,55	0,48	**$K_{X\ ret}$ (N/m)**	32,4
N_g (kW)	0,00	0,00	0,00	**W_b (N/m)**	75,51
N_1 (HP)	0,77	0,62	0,55	**W_m (N/m)**	113,56
T_e (N)	1257,7	2508,05	912,02	**A_i**	6,2
N_{motor} (kW)	1,61	3,22	1,17	**T_e (N)**	5104

Copyright © 2019 ISESC

Os métodos de tensionamento para correias tubulares são basicamente os mesmos dos historicamente utilizados para os transportadores convencionais, sendo que os principais modelos são: parafuso tensor e esticador automático de gravidade (vertical ou horizontal). Entretanto, o mercado evoluiu de modo a utilizar o sistema denominado *Take up Winch*, que se trata de um esticador por intermédio de guinchos.

Este tipo de esticador, ilustrado na Figura 7, é o mais indicado para este sistema tubular, pois fornece um tensionamento adequado mesmo nas limitações na questão do espaço do sistema avaliado. Salienta-se que a falta de um tensionamento correto pode vir a causar o giro no tubo, ocasionando o colapso da mesma.

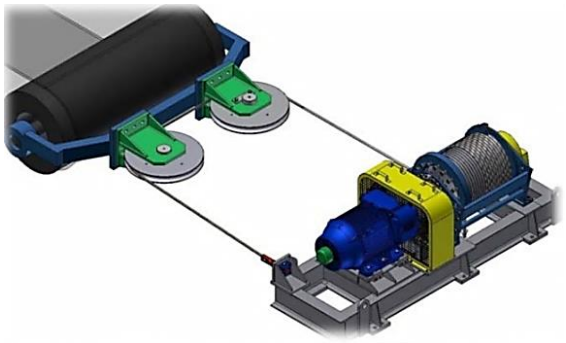


Figura 7. Esticador de correia do tipo *Take up winch* [15].

Os tambores são elementos fundamentais para a construção de um sistema transportador. De acordo com a NBR 6172 [17], por meio da largura da correia (nominal de 24 pol. ou 609,6 mm) e da potência de acionamento (15 kW), pode-se obter a especificação dos tambores:

- Tambor de acionamento:
  APRD-0650-0315-070-110-130-070;
- Tambor de retorno:
  RPLD-0650-0315-070-110-130-070.

2.1 Análise da Viabilidade Técnica e Econômica

Ao utilizar uma correia em que o material que não é enclausurado, ocorre emissão de particulado no ar, ocasionando perdas, além de deixar o ambiente empoeirado, prejudicando o ambiente de trabalho dos funcionários e sendo prejudicial à saúde. O excesso de emissão de particulado pode causar problemas, de acordo com o órgão de fiscalização ambiental, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), podendo receber advertências e em alguns casos até multa. Isso é evitado ao seu usar um processo de transferência por correia tubular.

Considerando que para o sistema de transporte atual se faz necessária a utilização de três correias transportadores para o deslocamento do material até o elevador, mesmo que as correias transportadoras convencionais tenham um custo de implantação inferior à tubular, este sistema perde um pouco da viabilidade. Avalia-se que o custo do novo sistema tubular representaria uma faixa de grandeza de 2,5 vezes maior que os gastos na implantação em relação ao sistema convencional.

Embora a manutenção no transportador de correia tubular seja mais especifica e custosa, o método de transporte do atual sistema e a disposição do mesmo, gera despesas em uma ordem de grandeza muito maior do que as correias tubulares gerariam devido à liberação de particulados.

O menor espaçamento entre os roletes por toda a extensão da correia transportadora tubular, confere ao sistema tubular um número de roletes muito maior em comparação ao do sistema de correias convencionais atualmente presente e consequentemente maior será a probabilidade de que seja necessário realizar a manutenção. Porém, esta analise não pode ser feita apenas levando em consideração o maior número de componentes, justamente pelo trabalho em série de três transportadores de correia convencionais. Considerando que, além das correias, há os sistemas para interligação das mesmas para continuação do processo e os problemas de confiabilidade relacionados ao sistema (vide Fig. 6 e sua discussão), os custos de manutenção seriam menores com as correias transportadoras tubulares.

As paradas de serviço nos elevadores de canecos, que são exclusivas do sistema atual de transportes, serão reduzidas significativamente, devido às mudanças de *layout*. As paradas frequentes e manutenção especializada para o elevador geram custos altos que serão diminuídos de maneira significativa com a introdução do sistema tubular.

Apesar disso, haverá um custo adicional para treinar os funcionários em relação ao funcionamento e conhecimento do novo sistema, um custo pontual necessário pela complexidade e impacto das mudanças.
Conforme cálculos para o transportador de correia convencional, considerando um sistema novo, desconsiderando as perdas em decorrência do uso do equipamento ao longo do tempo, após a definição das potências dos motores, obteve-se o valor de consumo efetivo de energia de 10 HP (7,46 kW), referente à somatória das potências de motor necessárias para o funcionamento da CT1, CT2 e CT3. Para a implantação

Copyright © 2019 ISESC

do novo sistema de transporte, o motor selecionado possui uma potência nominal de 15 HP (11,19 kW).

Considerando os custos de energia elétrica, conclui-se que o gasto para funcionar o sistema da correia transportadora tubular é 1,5 vezes maior que a correia convencional, por ano.

Após todas estas análises discutidas, torna-se necessário mensurar cada item e seus respectivos pesos. Em seguida da definição do grau de relevância de cada tópico analisado e considerando os diferentes níveis de relevância em relação aos custos e os custos previstos a serem investidos ao momento da implantação do novo sistema conclui-se que a implantação do sistema tubular, haverá melhorias em relação aos gastos em três tópicos analisado: paradas de serviço no elevador, ambiente de trabalho e manutenção.

O gráfico da Figura 8 apresenta a projeção econômica dos custos ao substituir o sistema avaliado (Fig. 5) pelo sistema de correias transportadoras tubulares.

3 Conclusão

Com a implantação do sistema tubular, há um impacto direto no ambiente de trabalho. A segurança e saúde dos funcionários estariam mais garantidas, multas por questões ambientais seriam provavelmente anuladas, a perda de material durante a transição seria reduzida ao mínimo e, também haveria melhoria no fator saúde, o qual atualmente tem potencial de causar afastamentos para o tratamento de funcionários. Tem-se que os custos serão menores, relativo aos itens acima descritos, após a implantação do novo sistema. Fica como principal sugestão para futuros trabalhos, o cálculo e dimensionamento da estrutura do transportador de correia tubular, uma vez que o principal objetivo do trabalho foi a análise de viabilidade técnica da implantação do mesmo

Referências

[1] YAMAKI, D. Reforma de um elevador de canecas de uma unidade de granulação de fertilizantes. 2014. 48 f. Monografia (Especialização em tratamento de minérios). Universidade de Goiás - UFG, Catalão.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR NM 267:2002. Elevadores hidráulicos de passageiros - Requisitos de segurança para construção e instalação. Rio de Janeiro: ABNT, Confirmada em 11.11.2011.

[3] _____. ABNT NBR 14712:2013. Elevadores elétricos e hidráulicos — Elevadores de carga, monta-cargas e elevadores de maca — Requisitos de segurança para construção e instalação. Rio de Janeiro: ABNT, Confirmada em 06.10.2017.

[4] PROCEL INDÚSTRIA. Correias transportadoras: Guia básico. 2009. [Acesso em 17 nov. 2018]; disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/uploads/arquivos/correiasetransportadoras.pdf

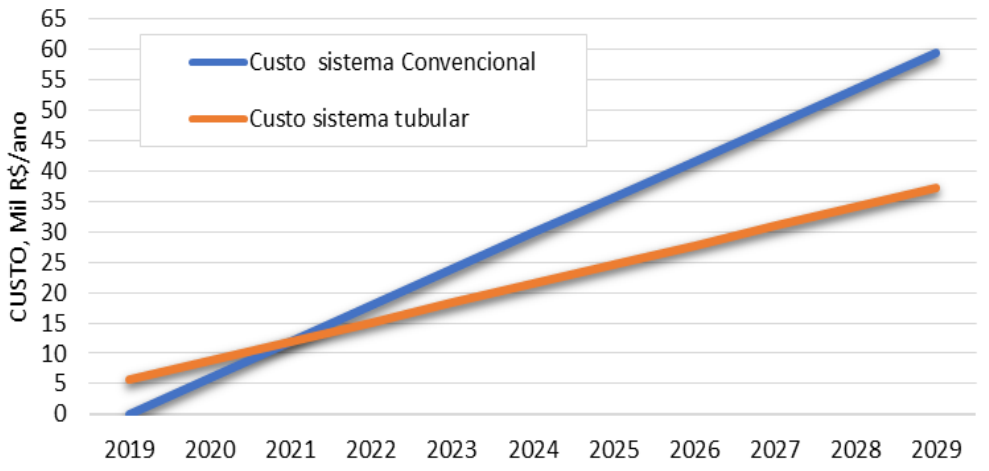


Figura 8. Projeção dos custos operacionais ao longo de 10 anos (ano base 2019).

Copyright © 2019 ISESC

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6177:2016. Transportadores contínuos - Transportadores de correia - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

[6] PERFIL - CORREIAS E VEDAÇÕES. Correias Transportadoras. [Acesso em 10 out. 2018]; disponível em: http://perfilcorreiasevedacoes.com.br/ver-fotos.php?id=1#.

[7] BRITO, J. T. M. V. V. de. Sistemas de Centragem de Correias Planas em Actividades de Transporte. 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências Tecnológicas, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014.

[8] CTB - CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BORRACHA. Correias transportadoras: Sua constituição. [Acesso em 10 out. 2018]; Disponível em: https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/correias-transportadoras/correias-transportadoras-sua-constituicao/.

[9] MORGADO, L. Transportador de correia tubular: História (pipe conveyor). 2017. [Acesso em 10 out. 2018]; disponível em https://www.linkedin.com/pulse/transportador-de-correia-tubular-hist%C3%B3ria-pipe-conveyor-luis-morgado.

[10] _____. Correia tubular - Pipe Conveyor. 2017. [Acesso em 10 out. 2018]; disponível em https://www.linkedin.com/pulse/pipe-conveyor-quais-falhas-mais-comuns-parte-2-luis-morgado.

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

[12] CARNIZELLO, D. C. Transportador de Correia: Componentes e cálculos básicos para seu dimensionamento. 2011. 64 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

[13] CAMPOS, A. L. Dimensionamento de um Transportador Contínuo para o Transporte de Minério e Bauxita Considerando Aspectos Estáticos e Dinâmicos. 2013. 78 f. Monografia (Graduação em Engenharia Automotiva) Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

[14] LOEFFLER, F. J. P. Tube Conveyors: A Modern Method of Coal and Ash Transportation. 1995. [Acesso em 15 out. 2018]; disponível em https://www.experts.com/Articles/Pipe-Tube-Conveyors-A-Modern-Method-Of-Coal-And-Ash-Transportation-By-Frank-J-Loeffler-Jr-PE.

[15] BREVINI. Take up winches: Brochure. [Acesso em 4 mai. 2019]; disponível em http://www.brevinipowertransmission.com/wp-content/uploads/2016/10/Take-up-brochure_web.pdf.

[16] WEG. CFW11: Inversor de Frequência. [Acesso em 26 abr. 2019]; disponível em https://www.transmitechredutores.com.br/admin/docs_upload/CatalagoInversorCfw11.pdf.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6172:2014. Transportadores contínuos - Transportadores de correias - Tambores - Dimensões. Rio de Janeiro: ABNT, Confirmada em 30.11.2018.

Copyright © 2019 ISESC