



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ESTÁGIO PROFISSIONAL

**A escolha do motor eléctrico adequado para o accionamento
mecânico do compressor frigorífico**

Autor:

TIVANE, Marcos Arnaldo

Supervisores:

MSc. João José Sitóe, Eng.º (UEM)

Juma Cassimo Muchauqueque (PPM)

Maputo, Julho de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ESTÁGIO PROFISSIONAL

A escolha do motor eléctrico adequado para o accionamento mecânico do compressor frigorífico

Autor:

TIVANE, Marcos Arnaldo

Supervisores:

MSc. João José Sitóe, Eng.º (UEM)

Juma Cassimo Muchauqueque (PPM)

Maputo, Julho de 2022

Dedicatória

Este trabalho é dedicado em especial aos meus pais Arnaldo Jaime Six-Pense Tivane e Ana João Ngomane, ao tio Marcos Jaime Tivane, irmãos Jaime Arnaldo Tivane e Osório Arnaldo Tivane e aos amigos que durante o período da minha formação acadêmica, no curso de licenciatura em Engenharia Mecânica incentivaram-me nos momentos bons e maus, moral e financeiramente.

Agradecimentos

O meu maior obrigado vai a Deus todo poderoso por me ter dado força e disposição para participar ao estágio, que por fim culminou com a elaboração do presente relatório, a equipe administrativa e técnica do Porto de Pescas de Maputo, que me deu a oportunidade de estágio e desta forma poder culminar com o meu curso de licenciatura em Engenharia Mecânica, aos meus pais que incansavelmente nunca deixam de me motivar em todos sentidos até alcançar este feito.

Agradecer ao meu supervisor MSc. João José Sitóe, Eng.º por me guiar na elaboração deste relatório e ao corpo docente do departamento de Engenharia Mecânica por ter transmitido conhecimento suficiênte para a elaboração deste trabalho.

Agradecer aos meus amigos e familiares, que me incentivaram moral e financeiramente para realização do estágio.

Resumo

O presente trabalho tem por objectivo desenvolver um projecto que visa fazer um cálculo de verificação dos parâmetros básicos de uma transmissão por correia trapezoidal usada para o accionamento mecânico de um compressor na fábrica de gelo do Porto de pescas de Maputo.

Concebe-se este projecto devido as constantes avarias que tem se registado naquele local principalmente por parte dos motores eléctricos que accionam a transmissão por correia trapezoidal.

Faz-se deste estudo analítico de verificação com vista a apurar os verdadeiros motivos causadores das avarias dos equipamentos acima referidos, e como proposta de solução faz-se a escolha dum outro motor eléctrico com especificações relativamente semelhantes ao do motor existente naquele local (fábrica de gelo do porto de pescas de Maputo).

Dado a natureza do problema, optou-se pela recolha de dados e informações úteis na elaboração do projecto supra citado, consulta de manuais e catálogos referentes a escolha de motores eléctricos e a transmissão por correias trapezoidais, entre outras informações adicionais referentes ao presente trabalho, para a elaboração do mesmo foram usadas ferramentas indispensáveis como *Microsoft word, autodesk inventor 2017, autodesk autocad mechanical 2018*, entre outros.

O trabalho é composto por duas partes nomeadamente, a parte escrita que é o relatório propriamente dito e a parte gráfica que dá informação do projecto na forma do desenho e esta encontra-se nos anexos.

Palavras chave: estudo analítico; motor eléctrico, transmissão por correia trapezoidal.

Abstract

The present work aims to develop a project that aims to perform a calculation of verification of the basic parameters of a V-belt transmission used for the mechanical drive of a compressor in the ice factory of the fishing port of Maputo.

This project was conceived due to the constant breakdowns that have been registered in that place, mainly on the part of the electric motors that drive the transmission by V-belt.

This analytical verification study is carried out with a view to ascertaining the real reasons for the malfunctions of the aforementioned equipment, and as a solution proposal, another electric motor is chosen with specifications relatively similar to the one existing at that location (factory of ice from the Maputo fishing port).

Given the nature of the problem, it was decided to collect data and useful information in the elaboration of the aforementioned project, consult manuals and catalogs referring to the choice of electric motors and transmission by V-belts, among other additional information regarding the present work, In order to prepare it, indispensable tools such as *Microsoft Word*, *Autodesk Inventor 2017*, *Autodesk Autocad Mechanical 2018*, among others, were used.

The work is composed of two parts, namely, the written part, which is the report itself, and the graphic part, which gives information about the project in the form of the drawing, which can be found in the annexes.

Keywords: analytical study; electric motor, V-belt transmission.

Sumário

Dedicatória.....	i
Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract.....	iv
Sumário.....	v
Índice de tabela.....	vii
Índice de figuras	viii
Índice de fotografias	viii
Lista de símbolos	ix
Simbologia romana.....	ix
Simbologia grega.....	x
1. Introdução.....	1
1.1. Apresentação da empresa.....	2
1.1.1. Porto de Pescas De Maputo	2
1.1.2. Localização	2
1.1.3. Estrutura organizacional e funcional do porto de pescas	3
1.2. Descrição do problema	4
1.2.1. Apresentação do problema	4
1.2.2. Apresentação da solução do problema	5
1.3. Importância do tema	5
1.4. Metodologia usada.....	6
1.5. Objectivos	6
1.5.1. Objectivo geral	6
1.5.2. Objectivos específicos	6
1.6. Organização do trabalho	6
2. Fundamentos teóricos	7
2.1. Generalidades.....	7
2.2. Constituição das correias	11
2.3. Principais características das correias	11
2.4. Geometria e conceitos gerais	12

2.5.	Formas construtivas de correias trapezoidais	14
2.6.	Polias para correias trapezoidais.....	16
3.	Cálculo de verificação da transmissão por correia	18
3.1.	Dados de partida	18
3.2.	Sequência de cálculo da transmissão por correia trapezoidal.....	19
3.2.1.	Cálculo da relação de transmissão	19
3.2.2.	Cálculo do comprimento da correia.....	19
3.2.3.	Cálculo do diâmetro da polia movida.....	19
3.2.4.	Cálculo da relação de transmissão corrigida	19
3.2.5.	Cálculo da frequência de rotação do veio de saída.....	20
3.2.6.	Cálculo da velocidade da correia.....	20
3.2.7.	Cálculo da frequência de passagem.....	20
3.2.8.	Cálculo do ângulo de abraçamento da correia.....	21
3.2.9.	Cálculo da distância entre eixos corrigida	21
3.2.10.	Cálculo da potência transmitida por cada correia	21
3.2.11.	Cálculo da potência do veio de entrada	22
3.2.12.	Cálculo da potência do veio de saída	22
3.2.13.	Cálculo da força de tenção inicial em cada correia.....	23
3.2.14.	Cálculo da força sobre os veios	24
3.2.15.	Cálculo da longevidade da correia.....	24
3.2.16.	Cálculo considerando a secção B.....	24
3.2.17.	Cálculo da força sobre os veios	25
3.2.18.	Resultados obtidos	25
3.3.	Características do motor eléctrico escolhido	26
3.3.1.	Cálculo da velocidade e da frequência de passagem da correia.....	27
4.	Cotação para aquisição, transporte, instalação, teste e rebobinagem do motor eléctrico.....	28
4.1.	Preço de venda, transporte, instalação e teste do motor eléctrico.....	28
4.2.	Preço de rebobinagem do motor eléctrico	29
5.	Actividades realizadas	30
5.1.	Modo de operar um compressor frigorífico na fábrica de gelo	30
6.	Conclusões e recomendações	37

6.1. Conclusões	37
6.2. Recomendações	38
6.2.1. Limpeza	38
6.2.2. Lubrificação.....	38
6.2.3. Intervalos de lubrificação	39
Bibliografia.....	40
Anexos	41
Anexo 1: Tabela A2 dos parâmetros das correias trapezoidais	41
Anexo 2: Gráfico da potência em função da frequência de rotações	42
Anexo 3: Gráfico da frequência de rotações em função da potência transmitida	43
Anexo 4: Gráfico do coeficiente da relação de transmissão em função da relação de transmissão	43
Anexo 5: Cotação para bobinagem do motor eléctrico de 45 kW	44
Anexo 6: Cotação para transporte, montagem, instalação e teste do motor eléctrico.....	45

Índice de tabela

Tabela 1: Comparação entre os principais tipos de transmissão por correia.....	10
Tabela 2: Dados de partida	18
Tabela 3: Coeficientes de correção.....	22
Tabela 4: Resultados obtidos do cálculo de verificação	25
Tabela 5: Características do motor eléctrico	26
Tabela 6: Preço do motor eléctrico.....	28
Tabela 7: Valor do IVA	28
Tabela 8: Custo total.....	29
Tabela 9: Preço de rebobinagem do motor	29

Índice de figuras

Figura 1: Correia plana junto a polia.....	7
Figura 2: Correia trapezoidal multi V junto a polia	8
Figura 3: Correia trapezoidal junto a polia.....	8
Figura 4: Correia redonda junto as polias.....	9
Figura 5: Correia dentada ou sincronizadora junto a polia.....	9
Figura 6: Geometria básica de uma transmissão por correias	13
Figura 7: Forças actuantes na correia (polia motora)	14
Figura 8: Perfis de correias trapezoidais	15
Figura 9: Elementos básicos de uma correia trapezoidal	16
Figura 10: Perfil de uma polia trapezoidal multi “V”	17
Figura 11: Efeito de cunha na correia trapezoidal.....	18

Índice de fotografias

Fotografia 1: Porto de pescas de Maputo	2
Fotografia 2: Estator do motor eléctrico	4
Fotografia 3: Rotor do motor eléctrico e tampas do mesmo.	5
Fotografia 4: Bomba de água	31
Fotografia 5: Bomba de água montada	32
Fotografia 6: Bomba de água desmontada	32
Fotografia 7: Válvula de expansão.....	34
Fotografia 8: Válvula de expansão montada	34
Fotografia 9: Desmontagem do motor eléctrico.....	35
Fotografia 10: Rotor do motor eléctrico.....	35

Lista de símbolos

Simbologia romana

a – distância interaxial

A – secção transversal da correia

b – largura da polia

C_{α} – coeficiente do ângulo de abraçamento da polia menor

C_i – coeficiente de relação de transmissão

C_l – coeficiente de comprimento da correia

C_r – coeficiente de regime de carregamento

d_1 – diâmetro da polia motriz

d_2 – diâmetro da polia mandada

F_t – força tangencial

F_0 – força de tensão inicial em cada correia

F_v – força centrífuga

F_r – força sobre os veios

i – relação de transmissão

K_1 – coeficiente de regime de carga

K_2 – coeficiente que considera as condições climáticas

l – comprimento da correia

n_1 – frequência de rotação de entrada

n_2 – frequência de rotação de saída

n_{sme} – frequência síncrona do motor elétrico

P_n – Potência nominal

P_c – Potência transmitida por cada correia

P_0 – potência respectiva por cada correia

P – Potência do veio de entrada

P_{sai} – potência do veio de saída

T – longevidade da correia

$T_{méd}$ – período de exploração médio da correia

U – frequência de passagem da correia

v – velocidade tangencial da correia

z – quantidade de correias trapezoidais

Simbologia grega

α – ângulo de abraçamento da correia

β – ângulo entre os ramais da correia

ρ – densidade do material da correia

μ – rendimento da correia trapezoidal

1. Introdução

A Engenharia Mecânica é um ramo que combina os princípios da física, matemática e da ciência dos materiais para projectar, analisar, fabricar e manter os sistemas mecânicos.

O presente relatório é concebido no âmbito do estágio profissional realizado no Porto de Pescas de Maputo, que teve a duração de três meses e este por sua vez decorreu entre Agosto a Novembro de 2021.

O estágio profissional faz parte das disciplinas curricular dos cursos de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, é uma das formas de culminação do curso e visa integrar os estudantes finalistas na carreira profissional, de modo a conciliarem de forma prática os conhecimentos adquiridos durante o processo de formação académica.

O presente trabalho é elaborado na expectativa de trazer de forma pormenorizada, o estudo analítico de verificação dos parâmetros de uma transmissão por correia trapezoidal responsável pelo accionamento mecânico de um compressor frigorífico da fábrica de gelo, em especial verificar a veracidade da potência síncrona ou nominal do motor eléctrico, em uso para o efeito.

1.1. Apresentação da empresa

1.1.1. Porto de Pescas De Maputo

O Porto em causa possui uma capacidade instalada para o manuseamento de mercadorias de 10000 toneladas por ano, é uma instituição pública que tem como objectivo, a prestação de serviços portuários de apoios às empresas pesqueiras, directamente ou concessionado, abrangindo actividades como: conservação, processamento e armazenamento do pescado, fornecimento de gelo, água e energia eléctrica às embarcações, coordenação e fiscalização de operações portuárias, nomeadamente a atracação e estadia de embarcações entre outras.

Existe no local um entreposto frigorífico e uma fábrica de gelo, onde no entreposto há 5 câmaras frigoríficas.



Fotografia 1: Porto de pescas de Maputo

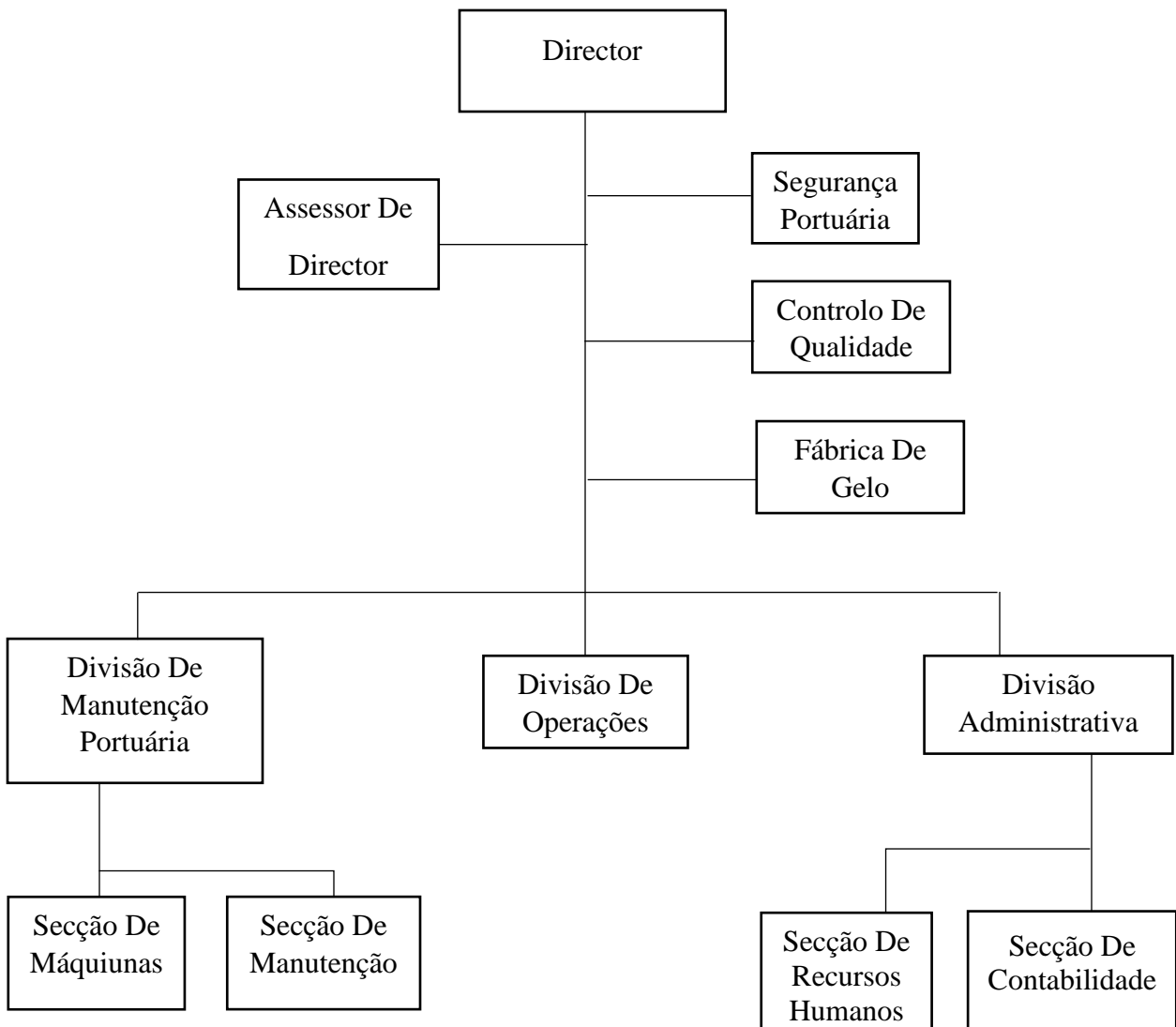
1.1.2. Localização

O Porto de Pescas de Maputo localiza-se na baixa da cidade do mesmo nome, concretamente junto a praça 25 de Junho.

1.1.3. Estrutura organizacional e funcional do porto de pescas

O organograma de uma empresa é basicamente uma maneira de organizar e documentar a estrutura organizacional da mesma. Essa organização é utilizada para estabelecer as hierarquias necessárias para a empresa funcionar da melhor maneira.

Abaixo está apresentado o organograma do porto de pescas de Maputo, nele é possível observar a distribuição hierárquica da cadeia de comando que parte da directoria até as diferentes secções que compõem a empresa.



Esquema 1. Organograma do porto do porto de pescas de Maputo

1.2. Descrição do problema

1.2.1. Apresentação do problema

No porto de pescas, concretamente na fábrica de gelo existem dois compressores abertos que comprimem vapor e o transformam em vapor superaquecido, estes (compressores) por sua vez são acionados por um motor eléctrico cada, estes motores eléctricos passam por avarias constantes, o que culmina em enumeras paralizações não programadas e conseqüentemente o agravamento ou altos custos para a sua reparação.

Estas paralizações não programadas causadas pelas avarias constantes dos motores eléctricos, tem levado os pescadores (clientes) a requisitar o fornecimento de gelo a empresas externas para abastecer as suas embarcações, o que coloca em causa a credibilidade de fornecimento e abastecimento de gelo suficiente aos pescadores por parte da fábrica de gelo.



Fotografia 2: Estator do motor eléctrico



Fotografia 3: Rotor do motor eléctrico e tampas do mesmo.

1.2.2. Apresentação da solução do problema

Para a solução deste problema, fazer-se há um cálculo de verificação com vista a apurar a veracidade dos demais parâmetros que compõem uma transmissão por correia trapezoidal, e principalmente verificar se de facto o motor eléctrico instalado é ou não adequado para o acionamento mecânico daquele compressor.

Ao se verificar que os parâmetros daquela transmissão são verdadeiros e estão devidamente aplicados, há que se escolher um novo motor eléctrico com a mesma potência nominal e a mesma frequência de rotação síncrona, pois pode se dar o facto do tempo de vida útil daquele equipamento ter se esgotado e conseqüentemente tem-se registado avarias constantes.

1.3. Importância do tema

A implementação deste projecto na empresa em causa poderá:

- Reduzir os custos de reparação daquele equipamento;

- Reduzir o risco de acidentes dos operários naquele local;
- Aumentar a produtividade do gelo;
- Restaurar a credibilidade de fornecimento de gelo.

1.4. Metodologia usada

Para a elaboração deste trabalho recorreu-se ao:

- Estudo do problema;
- Recolha de informação na empresa em questão;
- Entrou-se em contacto com algumas empresas nacionais moçambicanas por meio do correio eletrónico para pedir cotação referente a aquisição de um novo motor eléctrico e para a rebobinagem dos motores em uso na empresa em causa.
- Pesquisa bibliográfica;
- Pesquisas na internet.

1.5. Objectivos

1.5.1. Objectivo geral

- Escolher o motor eléctrico adequado para o accionamento mecânico do compressor frigorífico.

1.5.2. Objectivos específicos

- Fazer o estudo analítico de verificação e de conformidade da transmissão por correia trapezoidal.
- Apresentar proposta de orçamento para aquisição, transporte, instalação e teste de um novo motor eléctrico.

1.6. Organização do trabalho

O trabalho encontra-se organizado em duas partes, nomeadamente: a parte textual e a parte gráfica. Na parte textual é onde consta o estudo analítico do cálculo de verificação e de conformidade da transmissão por correia trapezoidal para accionamento mecânico do compressor frigorífico, os orçamentos para a aquisição, transporte, instalação, teste e rebobinagem do motor eléctrico, e consta da parte gráfica o desenho da transmissão por correia trapezoidal com o motor eléctrico montado e o respectivo esquema cinemático.

2. Fundamentos teóricos

2.1. Generalidades

Existem basicamente quatro tipos de transmissões por correias, a saber:

- Transmissão por correia plana;
- Transmissão por correia trapezoidal (“V”);
- Transmissão por correias redondas;
- Transmissão por correias dentadas.

As correias são utilizadas para transmitir potência entre veios paralelos e, embora não tão frequente, podem também ser usadas para casos de veios não complanares, situados a grandes distâncias.

De entre os diversos tipos de correias, as mais comuns são as planas, as trapezoidais (ou em “V”) e as dentadas (ou síncronas). Existem ainda as correias redondas. As figuras 1 a 5 ilustram estes tipos de correias para transmissão de movimento. As correias trapezoidais são, sem dúvida, as mais frequentes.

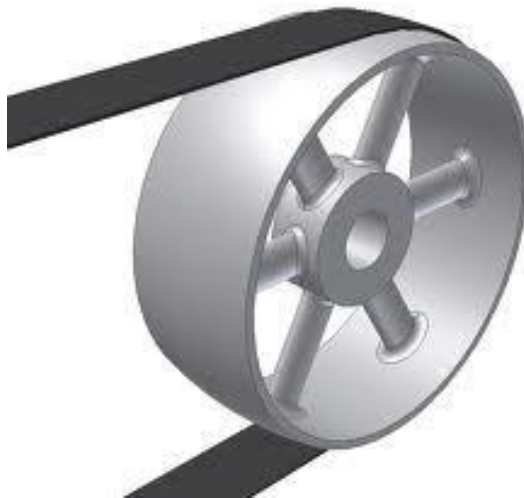


Figura 1: Correia plana junto a polia

(Fonte: DOURADO; FLORES; GOMES e MARQUES, 2017, pág. 3)



Figura 2: Correia trapezoidal multi V junto a polia

(Fonte: DOURADO; FLORES; GOMES e MARQUES, 2017, pág. 3)



Figura 3: Correia trapezoidal junto a polia

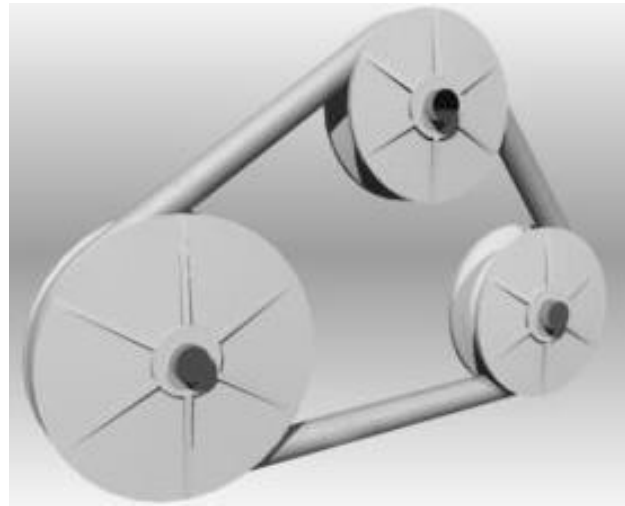


Figura 4: Correia redonda junto as polias

(Fonte: DOURADO; FLORES; GOMES e MARQUES, 2017, pág. 3)

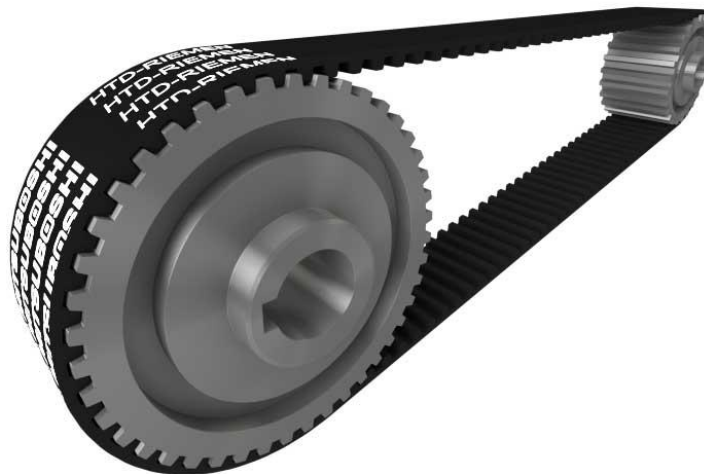


Figura 5: Correia dentada ou sincronizadora junto a polia

Os tipos mais empregados atualmente são as correias trapezoidais e as sincronizadoras (dentadas), no que se refere à transmissão de potência. Correias planas, atualmente, encontram

aplicação em transportadores contínuos (correias transportadoras), entretanto, o estudo deste tipo de equipamento está fora do escopo deste trabalho.

De uma maneira geral a escolha do tipo de correia a ser usada numa transmissão depende de fatores tais como: relação de transmissão, velocidade da correia, potência a ser transmitida, distância entre eixos, entre outros. A tabela seguinte apresenta um resumo comparativo entre os principais tipos de transmissão por correia.

Tabela 1: Comparação entre os principais tipos de transmissão por correia

	Correias planas	Correias Trapezoidais	Correias Dentadas
Rel. de transmissão (max. recom.)	1:16	1:12	1:11
Velocidade (m/min)	4000	1500	4900
Carga nos mancais	alta	baixa	muito baixa
Vida	Depende de fatores como: velocidade de operação, torque transmitido e comprimento da correia. Em geral a vida é de menos de 15.000 horas		
Distância entre eixos	Praticamente livre, podendo ser fixada previamente como um requisito do projeto da transmissão. O desgaste e o pré-tensionamento da correia podem exigir que um mecanismo para regulagem da distância entre eixos seja necessário.		
Resistência a choques	Boa		Razoável
Tolerância a desalinhamentos entre as polias	Mínima	Podem compensar alguns desvios	Mínima
Precisão na relação de transmissão	A relação de transmissão pode variar, em geral, de 1 a 5% devido a escorregamento e “creep”. O correto tensionamento da correia reduz esta variação		A relação de transmissão é constante
Vibração e ruído	Geralmente livre de vibrações.	Mínimos	Vibrações geradas pela a ação dos dentes das polias.
Rendimento	Até 98% com carga constante. O rendimento cai se a carga for variável.		
Lubrificação	Não há necessidade de lubrificação		

Ambiente de operação	Praticamente qualquer condição ambiental. Entretanto, partículas sólidas, cavacos, óleos não devem entrar em contato com polias e correias. Temperatura de operação na faixa de: -15°C a 110°C	
Manutenção	Retensionamento	Inspeção da correia
Custo inicial	Baixo	Moderado

Notar que alguns dados da tabela acima são puramente qualitativos. Os valores apresentados na mesma tabela são apenas indicativos da ordem de grandeza ou, como no caso da relação de transmissão, são valores máximos recomendados. Entretanto, há possibilidade destes valores serem excedidos. Os mesmos não devem ser vistos como limites que não possam ser ultrapassados.

No caso das correias planas e trapezoidais o mecanismo de transmissão é o atrito da correia com as polias. Já nas correias dentadas o engrenamento dos dentes da correia com os da polia é o responsável pela transmissão. É este o fato responsável pela principal diferença entre os tipos de correia vistos. Por não empregar o atrito, a correia dentada permite que a relação de transmissão seja constante, o que não ocorre com as correias planas e trapezoidais.

2.2. Constituição das correias

- As primeiras correias planas industriais eram constituídas quase exclusivamente em couro (couro-tanino e couro-cromo). Atualmente, as correias planas podem ser reforçadas interiormente com materiais sintéticos (ex. *nylon*) e com superfícies de elevada aderência (superfície em borracha rígida).
- As correias trapezoidais são constituídas por uma alma em borracha flexível com boa aderência e resistência ao desgaste. No interior estas correias podem incluir algodão, fibras sintéticas e cabos de aço.
- As correias dentadas incluem um núcleo metálico no interior (armação) constituído por cabos de aço. O revestimento é feito por *vulonlan*, *superploliamida* ou *neoprene*.

2.3. Principais características das correias

De seguida apresentam-se algumas das principais características dos sistemas de transmissão por correias (planas, trapezoidais e dentadas):

- Devido à força centrífuga, as correias têm um limite superior para a velocidade periférica (25 m/s);

- As correias podem ser utilizadas em aplicações que requeiram grandes distâncias entre eixos;
- As correias trapezoidais e dentadas funcionam entre veios paralelos e, em geral, na horizontal;
- As correias planas admitem veios não complanares com ou sem inversão do sentido de rotação;
- As correias apresentam uma resistência superior às condições ambientais (humidade e poeira) quando comparadas com as correntes e engrenagens;
- As correias não necessitam em geral de sistemas de proteção contra as condições ambientais;
- As correias são em geral económicas, mas têm vida mais curta do que as correntes/engrenagens;
- As correias requerem o ajustamento do entre-eixo e da pré-tensão;
- As correias dentadas são mais compactas, não requerem pré-tensão, mas implicam maior custo;
- As correias planas e trapezoidais não asseguram uma relação de transmissão constante devido ao escorregamento que ocorre entre as superfícies da polia e da correia;
- As correias têm um funcionamento relativamente silencioso e apresentam boa capacidade de absorção de choques;
- As correias são utilizadas na indústria têxtil, indústria de automóvel, máquinas-ferramenta, bombas, compressores, ventiladores, equipamento doméstico, etc.

2.4. Geometria e conceitos gerais

A figura abaixo apresenta um arranjo típico de transmissão por correias. Há uma polia motora de diâmetro d_{mot} , montada num eixo que gira a uma rotação n_{mot} , acionado por um torque M_{mot} . Por sua vez a polia movida possui diâmetro D_{mov} , é montada num eixo que gira a uma rotação n_{mov} , recebendo um torque M_{mov} . As duas polias estão separadas por uma distância A , denominada distância entre centros ou entre eixos ou ainda interaxial. Outra grandeza de fundamental importância é o ângulo de abraçamento α . Este é o ângulo formado pela correia ao passar na polia motora (ver detalhe na figura abaixo).

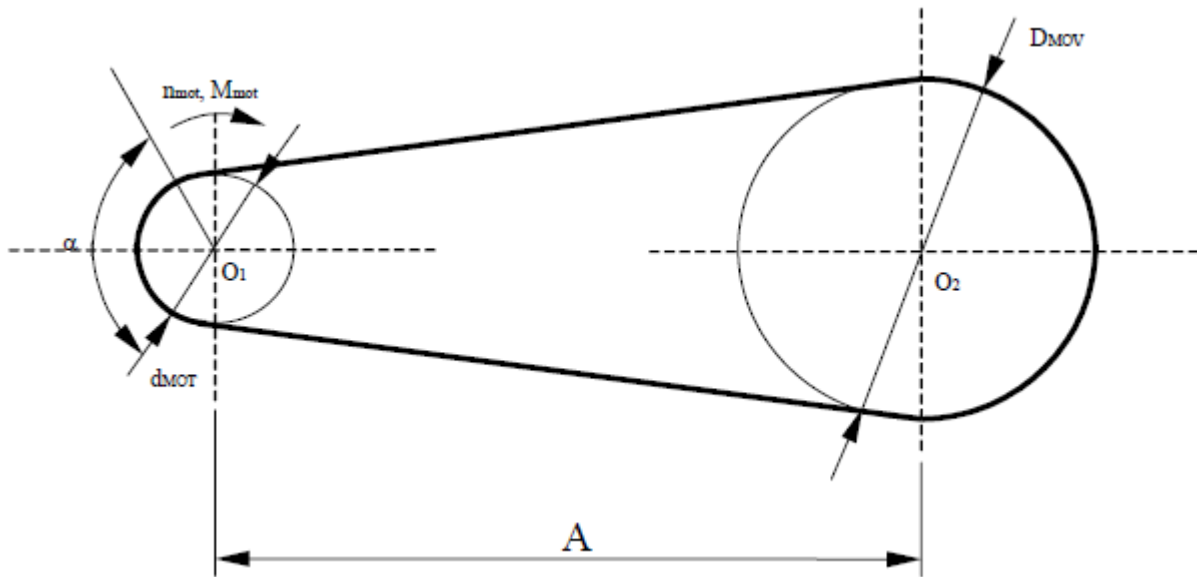


Figura 6: Geometria básica de uma transmissão por correias

Das grandezas apresentadas acima é possível obter as seguintes expressões para a relação de transmissão, i .

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_{mot}}{n_{mov}} = \frac{D_{mov}}{d_{mot}} = \frac{M_{mov}}{M_{mot}} \quad (1)$$

As expressões acima foram obtidas impondo-se as condições de velocidade da correia constante, de potência transmitida constante e que a correia não é extensível.

Ainda na figura 6 pode-se deduzir o comprimento da correia, L , como sendo dado pela expressão abaixo.

$$l \approx 2 \times a + 0,5 \times \pi \times (d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \times a} \quad (2)$$

A seguir é mostrado o esquema de uma polia motora e as forças que nela actuam, nomeadamente: os esforços na correia; o momento torsor; o número de rotações por minuto e o ângulo de abraçamento da correia na polia.

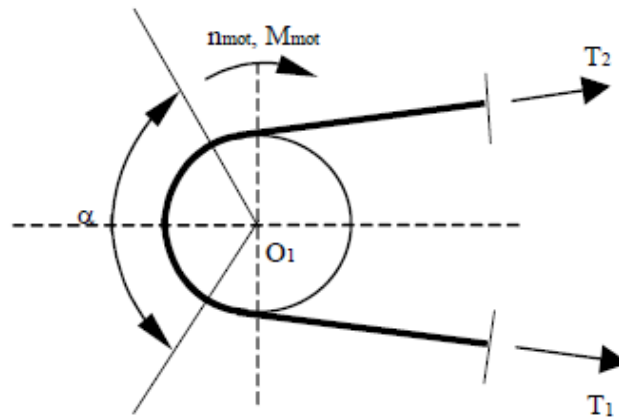


Figura 7: Forças actuantes na correia (polia motora)

Dado que o esquema mostra a polia motora e os esforços aplicados na mesma. Há o torque de acionamento, M_{mot} , e as forças T_1 e T_2 . Da estática deduz-se que:

$$M_{mot} = (T_1 - T_2) \times \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \times a} \quad (3)$$

A soma de T_1 e T_2 é transmitida ao eixo onde está montada a polia, sendo muito importante no dimensionamento do mesmo. Quando a correia não está em movimento há a ação de uma força de intensidade T_0 , em cada ramo da correia. Esta força corresponde a tensão de montagem da correia na polia e existe para garantir o atrito entre as duas. Esta força precisa ser alta para maximizar o atrito, consistindo assim numa desvantagem na aplicação de correias (planas e trapezoidais) uma vez que esta carga é transmitida ao eixo onde está montada a polia.

Para que a expressão 3 possa ser usada é necessário conhecer as componentes, T_1 e T_2 . Euler foi quem inicialmente estudou o problema do enrolamento de um cabo sobre um tambor. Este problema é similar ao da correia sobre uma polia, considerando apenas que ao invés de voltas num tambor, como seria no caso do cabo, a correia monta na polia segundo o ângulo de abraçamento, α .

2.5. Formas construtivas de correias trapezoidais

Por serem largamente empregadas as correias trapezoidais sofreram intenso processo de padronização. São padronizadas as dimensões da seção transversal da correia bem como o

comprimento da mesma. Assim, cabe ao projetista selecionar qual das correias disponíveis no mercado é a mais adequada para uma determinada transmissão.

As secções das correias trapezoidais clássicas são denominadas pelas letras A, B, C, D, E. Por seu lado, as correias trapezoidais estreitas são designadas por 3V, 5V, 8V, tal como se representa na figura 8.

As correias trapezoidais apresentam menor escorregamento do que as correias planas devido ao efeito de cunha.

Com correias trapezoidais consegue-se até 3 vezes mais capacidade de carga do que com correias planas.

As correias trapezoidais requerem menores pré-tensionamentos e, por isso, implicam menores cargas nos apoios.

Com correias trapezoidais resultam soluções mais compactas. As correias trapezoidais estreitas apresentam maior capacidade de carga e são mais compactas.

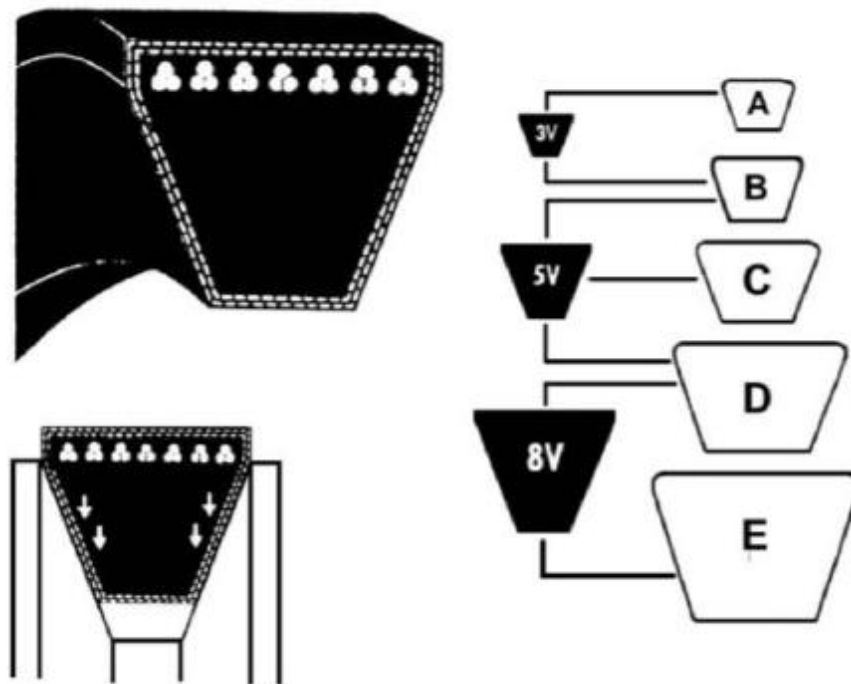


Figura 8: Perfis de correias trapezoidais

Uma correia trapezoidal típica (figura 8) apresenta os seguintes componentes:

1. Cordonéis: Estes cordonéis são fios que podem ser de algodão, de fibra sintética (*Nylon* ou *Rayon*, na maioria das situações) ou mesmo fios de aço (em situações onde a potência transmitida é elevada). Basicamente são os cordonéis que resistem aos esforços de tração atuantes na correia.
2. Elemento de compressão: Parte de correia feita em borracha sintética e sujeita a compressão quando a correia está enrolada sobre as polias.
3. Envelope: Lona impregnada de borracha que envolve a correia no sentido de protegê-la da ação de agentes como óleos e partículas sólidas. Atua também minimizando o desgaste da correia.
4. Elemento isolante: Faz a ligação dos cordonéis com o restante da correia. Evita movimentos relativos entre os componentes.

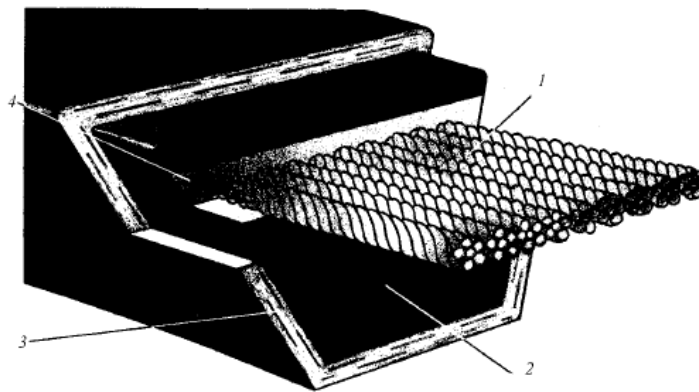


Figura 9: Elementos básicos de uma correia trapezoidal

A configuração apresentada acima sofre variações conforme o tipo e aplicação da correia. Diferentes fabricantes também usam configurações modificadas e materiais distintos.

Uma variação na construção das correias trapezoidais é a fabricação do elemento de compressão descontínuo ao longo do comprimento da correia (figura 9). A vantagem desta construção reside na possibilidade de fletir a correia em raios de curvatura menores do que os permitidos com a construção contínua. Raios de curvatura menores se traduzem em polias de menor diâmetro fazendo com que a transmissão seja mais compacta.

2.6. Polias para correias trapezoidais

A principal característica das polias para correias trapezoidais é a presença dos canais onde se encaixam as correias. A dimensão destes canais é determinada pela seção transversal da correia

que é usada. A figura 10 contém as dimensões dos canais das polias em função das dimensões da correia.

Em termos de material empregado existem polias de madeira, de materiais poliméricos ou de metais como os aços, ferro fundido e alumínio.

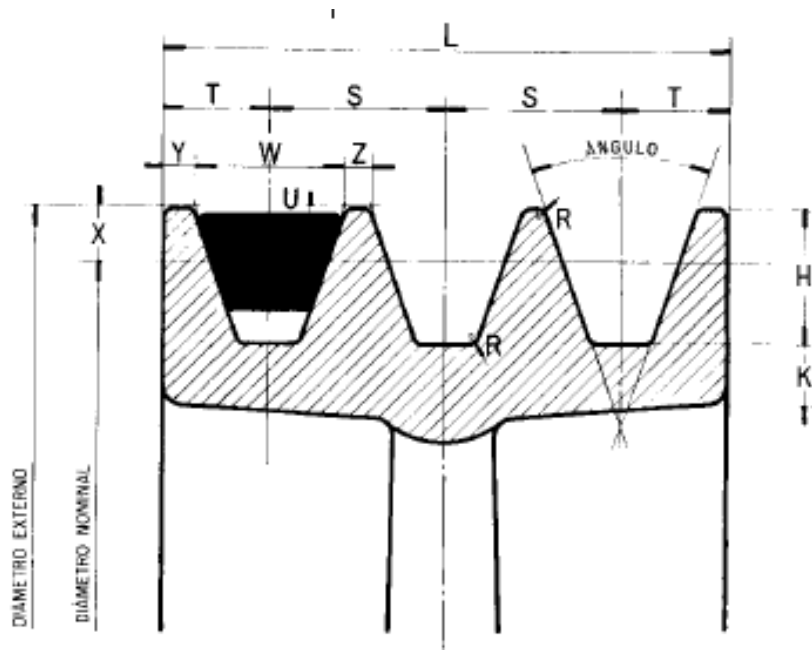


Figura 10: Perfil de uma polia trapezoidal multi "V"

Correias trapezoidais (correias "V") são as mais empregadas em transmissões de potência. Caso não haja exigência de precisão na relação de transmissão, as correias trapezoidais são escolhidas preferencialmente pois apresentam maior capacidade de transmissão, se comparadas com as correias planas e um menor custo, se comparadas com as correias sincronizadoras, correntes e engrenagens.

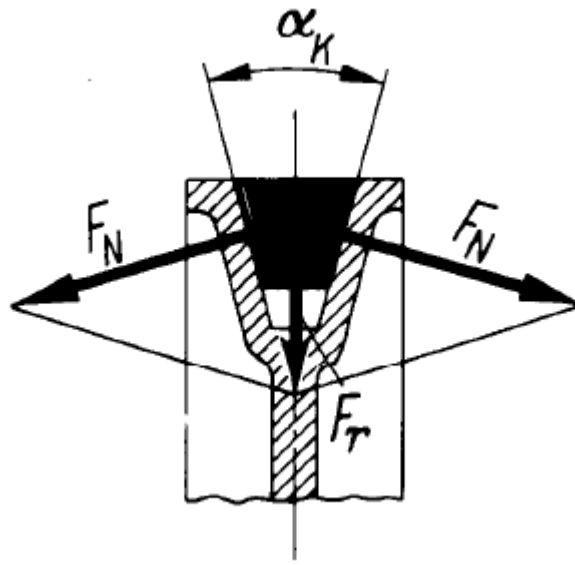


Figura 11: Efeito de cunha na correia trapezoidal

A maior capacidade de carga vem do fato das correias trapezoidais fazerem uso do efeito de cunha ao montarem nas polias. Diferentemente das correias planas, o contato entre a correia trapezoidal e polia é feito pela superfície lateral do canal existente na polia, conforme a figura 11. Para uma mesma força, F_r , transmitida para o eixo, pode-se perceber pelo desenho que, a força normal de contato da correia com a polia será bem maior no caso da correia trapezoidal do que na plana. Da geometria, conhecido o ângulo de abertura do canal, pode-se determinar a intensidade da força de contato F_N .

3. Cálculo de verificação da transmissão por correia

3.1. Dados de partida

A tabela abaixo contém dados colhidos na transmissão por correia trapezoidal que faz o acionamento mecânico dos compressores frigoríficos da fábrica de gelo que se encontram no Porto de Pescas de Maputo.

Tabela 2: Dados de partida

d_1 (mm)	d_2 (mm)	b (mm)	a (mm)	n_1 (rpm)	n_2 (rpm)	η (%)	z	P_n (KW)	n_{sme} (rpm)
355	450	160	1100	1445	1200	96	6	45	1500

3.2. Sequência de cálculo da transmissão por correia trapezoidal

3.2.1. Cálculo da relação de transmissão

A relação de transmissão é dada pela expressão (1) dada anteriormente:

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

$$i = \frac{1445}{1200} = 1.20$$

3.2.2. Cálculo do comprimento da correia

O comprimento da correia trapezoidal da transmissão é dado pela expressão (2) abaixo, que já foi dada no capítulo anterior:

$$l \approx 2 \times a + 0,5 \times \pi \times (d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \times a}$$

$$l \approx 2 \times 1100 + 0,5 \times 3,14 \times (450 + 355) + \frac{(450 - 355)^2}{4 \times 1100}$$

$$l \approx 3611,13 \text{ mm} = 3,61 \text{ m}$$

O valor normalizado mais próximo é de $l = 3550 \text{ mm} = 3,55 \text{ m}$

3.2.3. Cálculo do diâmetro da polia movida

O cálculo do diâmetro da polia movida é dado pela expressão abaixo:

$$d_2 \approx i \times d_1 \tag{4}$$

$$d_2 \approx 1.20 \times 355$$

$$d_2 \approx 426 \text{ mm}$$

Portanto verifica-se que o valor normalizado da polia movida é de: $d_2 = 450 \text{ mm}$

3.2.4. Cálculo da relação de transmissão corrigida

A relação de transmissão é dada pela expressão (4), isolando o i tem-se:

$$i = \frac{d_2}{d_1}$$

$$i = \frac{450}{355}$$

$$i = 1,26$$

3.2.5. Cálculo da frequência de rotação do veio de saída

Uma vez corrigida a relação de transmissão há necessidade de calcular o valor real da frequência de rotação do veio de saída pela expressão (1), e será dado como:

$$n_2 = \frac{n_1}{i}$$

$$n_2 = \frac{1445}{1,26}$$

$$n_2 = 1146,82 \text{ rpm} \approx 1146 \text{ rpm}$$

3.2.6. Cálculo da velocidade da correia

O cálculo da velocidade da correia é dado pela expressão abaixo:

$$v_2 = \frac{\pi \times d_2 \times n_2}{60000} \quad (5)$$

Substituindo os respectivos valores na expressão acima tem-se:

$$v_2 = \frac{3,14 \times 450 \times 1146,82}{60000}$$

$$v_2 = 27,00 \text{ m/s}$$

3.2.7. Cálculo da frequência de passagem

A frequência de passagem da correia é dada pela expressão que a seguir é representada:

$$U = \frac{v_2}{l} \quad (6)$$

$$U = \frac{27,00}{3,55}$$

$$U = 7,61 \text{ s}^{-1}$$

Verifica-se que: $U = 7,61 \text{ Hz} < [U] = 10 \dots 20 \text{ S}^{-1}$, portanto não há necessidade de aumentar a distância entre eixos.

3.2.8. Cálculo do ângulo de abraçamento da correia

O ângulo de abraçamento da correia é dado pela expressão abaixo:

$$\alpha = 180 - 57 \times \frac{d_2 - d_1}{a} \quad (7)$$

$$\alpha = 180 - 57 \times \frac{450 - 355}{1100} = 175^\circ$$

O valor de α é maior que o mínimo admissível $[\alpha] = 120^\circ$ para correias trapezoidais e por isso não é preciso alterar a distancia entre eixos ou usar dispositivos tensor ou desviador.

3.2.9. Cálculo da distância entre eixos corrigida

A distância Interaxial corrigida é calculada pela expressão abaixo:

$$a = \frac{1}{8} \times [2 \times l - \pi \times (d_2 + d_1) + \sqrt{[2 \times l - \pi \times (d_2 + d_1)]^2 - 8 \times (d_2 - d_1)^2}] \quad (8)$$

$$a = \frac{1}{8} \times [2 \times 3550 - \pi \times (450 + 355) + \sqrt{[2 \times 3550 - \pi \times (450 + 355)]^2 - 8 \times (450 - 355)^2}]$$

$$a = 1142,08 \text{ mm}$$

3.2.10. Cálculo da potência transmitida por cada correia

- Segundo o gráfico da frequência de rotações em função da potência transmitida (anexo 3) escolhe-se a secção C, porém é calculada em paralelo a secção B e os resultados desta última secção encontram-se mais adiante.
- Do gráfico da potência em função da frequência de rotações (anexo 2), a potência respectiva por cada correia é $P_0 = 7,90 \text{ kW}$.

Portanto a potência transmitida por cada correia é dada pela expressão abaixo:

$$P_c = \frac{P_0 \times C_\alpha \times C_l \times C_i}{C_r} \quad (9)$$

Tabela 3: Coeficientes de correção

C_α	C_l	C_r	C_i
0,98	1.1	1,1	0,98

$$P_c = \frac{7,9 \times 0,98 \times 1,1 \times 1,07}{1,1}$$

$$P_c = 8,28 \text{ kW}$$

3.2.11. Cálculo da potência do veio de entrada

A potência calculada a ser transmitida pelo motor elétrico é dada pela expressão abaixo:

$$z = \frac{P}{P_c \times C_z} \quad (10)$$

Onde: $C_z = 0,9$ para Z (4 ... 6)

Portanto a potência do veio de entrada será calculada pela expressão abaixo que é obtida isolando o P na expressão (9).

$$P = z \times P_c \times C_z$$

$$P = 6 \times 8,28 \times 0,9$$

$$P = 44,71 \text{ kW}$$

Nota: Comparando o valor da potência do veio de entrada que é a potência transmitida pelo motor elétrico com o da potência nominal ($P_n = 45 \text{ kW}$), este último é um valor tabelado e imediatamente superior ao valor calculado da potência no veio de entrada/ do motor elétrico.

3.2.12. Cálculo da potência do veio de saída

O cálculo da potência do veio de saída é feito considerando um rendimento de 96% da transmissão por coreia trapezoidal e é dado pela expressão abaixo:

$$P_{sai} = \eta \times P \quad (11)$$

$$P_{sai} = 0,96 \times 44,71 \text{ kW}$$

$$P_{sai} = 42,92 \text{ kW}$$

Uma vez conhecido o valor da potência do veio de saída, pode-se calcular o valor da força tangencial e é dado pela expressão abaixo:

$$P_{sai} = F_t \times v_2 \quad (12)$$

Isolando a força tangencial tem-se:

$$F_t = \frac{P_{sai}}{v_2}$$

$$F_t = \frac{42,92}{27,00}$$

$$F_t = 1,59 \text{ kN}$$

3.2.13. Cálculo da força de tensão inicial em cada correia

A força de tensão em cada correia é calculada usando a expressão abaixo:

$$F_0 = \frac{0,85 \times P \times C_r \times C_l}{z \times v \times C_\alpha \times C_i} + F_v \quad (13)$$

Note-se que: $F_v = \rho \times A \times v^2 = 1250 \times 27^2 \times 230 \times 10^{-6} = 209,59 \text{ N}$

Onde: $\rho \approx 1250 \text{ kg/m}^3$

O valor de A é obtido na tabela A2 para secção C.

Substituindo os respectivos valores na expressão (13), tem-se:

$$F_0 = \frac{0,85 \times 44,71 \times 10^3 \times 1,1 \times 1,1}{6 \times 27 \times 0,98 \times 1,07} + 209,59$$

$$F_0 = 481,79 \text{ N}$$

Para transmissões com regulação automática da tensão $F_v = 0$. Para transmissões com regulação periódica F_v é calculado. (Siteo, 2005)

3.2.14. Cálculo da força sobre os veios

A força sobre os veios é dada pela expressão abaixo:

$$F_r = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \times F_1 \times F_2 \times \cos \beta} \approx 2 \times F_0 \times \cos \frac{\beta}{2} \quad (14)$$

$$\text{Onde: } \beta = 180^\circ - \alpha = 180^\circ - 175^\circ = 5^\circ$$

Para $z = 6$ correias multiplica-se a força de cada correia por z , e a expressão (14) é escrita na forma:

$$F_r = 2 \times z \times F_0 \times \cos \frac{\beta}{2} = 2 \times 6 \times 481,79 \times \cos \frac{5}{2} \Rightarrow F_r = 5,78 \text{ N}$$

3.2.15. Cálculo da longevidade da correia

A longevidade da correia é estimada por:

$$T = T_{med} \times K_1 \times K_2 \quad (15)$$

Onde: $K_1 = 1$; dado juntamente com o C_r

$K_2 = 1$; para zonas centrais

A vida útil da correia é calculada para regime de exploração médio (com vibrações moderadas) para o qual se tem $T_{med} = 2000 \text{ horas}$.

$$T = 2000 \times 1 \times 1 = 2000 \text{ horas}$$

3.2.16. Cálculo considerando a secção B

Da tabela A_2 é tirado o valor da secção transversal da correia que é correspondente a $A_B = 138 \text{ mm}^2$ e o valor do $P_o = 7,9 \text{ kW}$ que tirado do gráfico da potência em função da frequência de rotações (anexo 2).

Os cálculos anteriores são análogos e produzem os mesmos valores/resultados, diferindo-se de F_v , portanto tem-se:

$$F_v = \rho \times A \times v^2 = 1250 \times 138 \times 10^{-6} \times 27^2 = 125,75 \text{ N}$$

Portanto a força de tensão inicial em cada correia será dada pela expressão (13) e considerando que o valor da primeira parcela da expressão abaixo é conhecido, pois foi calculado anteriormente, tem-se:

$$F_0 = \frac{0,85 \times P \times C_r \times C_l}{z \times v \times C_\alpha \times C_i} + F_v = 272,25 + 125,75$$

$$F_0 = 398,00N$$

3.2.17. Cálculo da força sobre os veios

A força sobre os veios é calculada usando a expressão (14) incrementando a quantidade de correias (z) na expressão e, portanto, tem-se:

$$F_r \approx 2 \times z \times F_0 \times \cos \frac{\beta}{2} = 2 \times 6 \times 398,00 \times \cos \frac{5}{2}$$

$$F_r \approx 4,77 \text{ kN}$$

Nota: Comparando a força sobre os veios da secção B e C, nota-se que a força que resulta nos veios devido a secção B da correia é relativamente inferior a que resulta devido a secção C, porém as correias de secção B são estreitas, o que pode comprometer a resistência da mesma, portanto para a presente abordagem é escolhido correias de secção C.

Nota-se pela tabela A_2 que ao escolher a secção D por exemplo o valor da secção aumenta, o que faz com que F_v também aumente e consequentemente o F_0 e F_r também aumentem.

3.2.18. Resultados obtidos

Abaixo segue-se a tabela dos resultados obtidos do cálculo de verificação feito nas páginas anteriores, de salientar que esta possui os resultados dos principais parâmetros da transmissão por correia.

Tabela 4: Resultados obtidos do cálculo de verificação

Parâmetros	Unidade	Valor	Parâmetro	Unidade	Valor
Tipo de correia	...	Trapezoidal	Força tangencial; F_t	KN	1,59

Distancia interaxial; a	mm	1142,08	Força centrífuga; F_v	N	209,59
Secção transversal; A	mm ²	230	Força de tensão inicial; F_o	N	481,79
Cumprimento da correia; l	m	3,55	Força sobre os veios; F_r	N	5,78
Diâmetro da polia motriz; d₁	mm	355	Longevidade; T	h	2000
Diâmetro da polia mandada; d₂	mm	450	Velocidade da correia; v	m/s	27
Frequência de passagem; U	Hz	7,61	Ângulo de abeaçamento da polia menor; α	Graus	175

3.3. Características do motor eléctrico escolhido

Trata-se de um motor de indução trifásico, cujo a montagem/ instalação é feito pela base (B3), motor este de 4 polos, cuja a classe de isolamento é 1, pois deve haver aterramento do cabo ou condutor metálico que une a carcaça do motor e a terra de modo a evitar que ao tocar-se o motor sofra-se choque eléctrico, preservando desta forma vidas humanas.

Tabela 5: Características do motor eléctrico

Designação	Valor
Potência	45 kW
Número de polos	4
Velocidade de rotação	1475 rpm

Voltagem	400/690 V
Frequência da corrente	50 Hz
Massa	373 Kg

Dado que há uma diferença na frequência de rotação do motor eléctrico anterior e o recém escolhido, há necessidade de se calcular a relação de transmissão para verificar o comportamento dos restantes parâmetros, portanto a relação de transmissão será dada pela expressão (1).

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1475}{1200} = 1,23$$

Dado que $d_1 = 355 \text{ mm}$ e $d_2 = 450 \text{ mm}$ (são valores normalizados), conforme calculou-se a relação de transmissão corrigida como sendo $i = 1,26$ de seguida é calculado o valor do erro resultante da relação de transmissão anterior e a presente.

$$\Delta = \frac{1,26 - 1,23}{1,26} \times 100\% = 2,38\%$$

Uma vez que o erro entre na relação de transmissão anterior e actual não excede $\pm 4\%$ do valor nominal, não há necessidade de refazer o recálculo dos diâmetros das polias da transmissão, porém há alguns parâmetros que precisam ser recalculados, pois variam com a relação de transmissão e como resultado disso abaixo é calculada a velocidade da correia e a sua frequência de passagem, pois dependem da relação de transmissão.

3.3.1. Cálculo da velocidade e da frequência de passagem da correia

A velocidade da correia considerando a velocidade de rotação do motor eléctrico é calculado pela expressão (5) e, portanto, tem-se:

$$v_1 = \frac{\pi \times d_1 \times n_1}{60000} = \frac{3,14 \times 355 \times 1475}{60000} = 27,40 \text{ m/s}$$

Portanto a frequência de passagem é dada pela expressão (6), onde tem-se:

$$U = \frac{v_2}{l} = \frac{27,40}{3,55} = 7,72 \text{ Hz}$$

Feito a escolha do motor eléctrico, que resultou numa nova frequência de rotação e consequentemente numa nova relação de transmissão, constatou-se que não há necessidade de recalcular os diâmetros das polias e consequentemente os restantes parâmetros não sofrem alteração à exceção da velocidade e da frequência de passagem da correia, portanto este motor eléctrico pode ser instalado sem que haja modificações físicas e geométricas na transmissão por correia instalada na fábrica de gelo do porto de pescas de Maputo.

4. Cotação para aquisição, transporte, instalação, teste e rebobinagem do motor eléctrico

4.1. Preço de venda, transporte, instalação e teste do motor eléctrico

Para os efeitos de cotação e consequente tomada de conhecimento do preço do produto em causa, contactou-se a TECNEL Service, por meio do endereço eletrónico. Esta é uma empresa moçambicana que presta serviços no sector das energias em Moçambicana, situada na avenida das industrias no bairro da Machava em Maputo.

Abaixo encontra-se a tabela resultante da cotação requisitada pelo autor deste trabalho na TECNEL, nesta tabela encontram-se os valores de aquisição, transporte, instalação e teste do motor eléctrico, de salientar que após efectuar o pagamento para a aquisição do mesmo é preciso aguardar um período de duas semanas para que a empresa entregue o produto.

Tabela 6: Preço do motor eléctrico

Descrição	Quantidade	Pr. Unitário
TEW4203033 motor eléctrico 45KW	1	250 651,430 (MZN)
Transporte, instalação e teste	1	14 200,000 (MZN)

Tabela 7: Valor do IVA

Taxa/Iva	Quantidade	Total
IVA (17%)	264 851,43	45 024,74 (MZN)

Tabela 8: Custo total

Sub total	264 851,43 (MZN)
IVA	45 024,74 (MZN)
Total	309 876,17 (MZN)
Total (USA)	4903,10 (USA)

4.2. Preço de rebobinagem do motor eléctrico

O preço de rebobinagem do motor eléctrico, é estimado tendo em conta a cotação emitida pela EnSerMo (Engenharia e Serviços de Moçambique), que oferece uma gama de serviços eléctricos e de rebobinagem de motores eléctricos, bem como reparos eléctricos e manutenção destes.

Abaixo encontra-se a tabela com o preço da rebobinagem de um motor eléctrico com as características descritas no ponto 3.1.

Tabela 9: Preço de rebobinagem do motor

Descrição	Unidade	Quant.	Pr. Unitário	Total (MZN)
Rebobinagem	Cada	1	70620,00 MZN	70620,00
Subtotal				70620,00
Total de IVA (17%)				12005,40
Valor total				82625,40

Nota: Os preços estimados na tabela acima são válidos por 30 dias, partido do dia em que foi emitida a respectiva cotação pois é sabido que o mundo do negócio é dinâmico, com vista a verificar a data de emissão desta cotação vide os anexos para mais detalhes.

5. Actividades realizadas

Durante o estágio (de três meses) decorrido de Agosto a Novembro de 2021 realizou-se várias actividades relativas a manutenção portuária, e estas encontram-se descritas de forma resumida abaixo:

Primeira semana (16-20/08/2021)

No primeiro dia do estágio, fez-se a apresentação das instalações do porto de pescas de Maputo pelo técnico Nelson (electricista) e técnico Metuque (mecânico), de seguida tomou-se conhecimento de como operar o painel do compressor na maquina de gelo.

5.1. Modo de operar um compressor frigorífico na fábrica de gelo

- Verificar se todas as válvulas estão na posição *open* (aberto) de modo a permitir passagem do fluido, porém é preciso manter as válvulas de alta e baixa pressão fechadas.
- É preciso alimentar o circuito eléctrico que compõe o sistema de refrigeração, neste caso refere-se, ligar os extratores da torre de arrefecimento, a bomba que alimenta o tanque de água de congelação, ligar as resistências dos tanques de descongelação, e colocar todos os botões no painel de controle no modo automático.
- Abrir a válvula de alta pressão (o manómetro mostra que a pressão aumenta de forma brusca, porém não deve passar 1MPa), de seguida pressionar o botão *start* no painel de controle com vista a acionar o motor eléctrico e conseqüentemente o acionamento mecânico do compressor frigorífico,
- De seguida é preciso abrir a válvula de baixa pressão de forma regular, de forma a controlar a subida de pressão, durante este processo é preciso controlar a subida de pressão no manómetro (no máximo até 0.4Mpa), pois esta subida não deve ser brusca nem excessiva, aqui a pressão deve ser relativamente baixa.
- Aguardar um tempo mínimo de 5 minutos de forma a verificar se há ou não uma anomalia no funcionamento dos equipamentos.
- Montou-se uma bomba de água no entreposto frigorífico, pois esta havia admitido água no seu interior e conseqüentemente parou de operar.



Fotografia 4: Bomba de água

Segunda semana (23-27/08/2021)

- Registou-se uma anomalia no funcionamento de uma câmara frigorífica, pois um dos extratores do evaporador possuía gelo que impedia as pás de girar, este gelo foi removido e o extrator voltou a operar normalmente.
- Reparou-se o motor eléctrico da máquina 1, cujo a paralização resultou da gripagem do rolamento contido no induzido do motor eléctrico, o sistema voltou a funcionar após esta intervenção.
- Tomou-se conhecimento que ao arrancar a máquina, ao abrir a válvula na sucção do compressor é preciso verificar a pressão no manómetro de sucção, pois esta não deve subir de forma brusca se não o buçim contido no compressor pode “arrebentar”, é preciso controlar a vazão do fluído na sucção (a pressão deve aumentar aos poucos).

Terceira semana (30-03/09/2021)

- Na terceira semana, o sistema da máquina 2 registou uma avaria na bomba de retorno de água para congelação/ descongelação.



Fotografia 6: Bomba de água desmontada



Fotografia 5: Bomba de água montada

- Reparou-se os extratores do condensador da câmara 5, e esta voltou a operar.

Quarta semana (06-10/09/2021)

- Montou-se o motor eléctrico do compressor 1 e montou-se a bomba de retorno para fabricação e descongelação de gelo e o sistema foi restaurado;
- Fez-se substituição das lâmpadas no edifício da administração e na fábrica de gelo;
- Introduziu-se o líquido refrigerante no aparelho de ar condicionado da sala da diretoria do porto.

Quinta semana (13-17/09/2021)

- Fez-se limpeza na fábrica de gelo;
- Acrescentou-se o óleo no compressor da máquina 2.

Sexta semana (20-24/09/2021)

- Limpou-se a torre do evaporador no entreposto.
- Tirou-se a cerca na fábrica de gelo e montou-se novos suportes para uma posterior montagem da cerca;

Sétima semana (27-01/10/2021)

- Efetuou-se a troca de bombas entre a bomba de descongelação e de retorno (para congelação/ descongelação), porque a de retorno entrava em curto circuito devido a humidade no seu local anterior de instalação;
- Limpou-se os chuveiros que fornecem a água para congelação, pois estes encontravam-se entupidos por resíduos de calcário proveniente da água fornecida pela rede de distribuição da mesma;
- Fez-se uma limpeza geral na fábrica de gelo;
- Fez-se massa de cimento e areia para dar continuidade a montagem de suportes metálicos que a posterior será montada a cerca;
- Enterrou-se um cabo de corrente eléctrica que estava a vista;
- Fez-se a limpeza do tanque de água na torre de arrefecimento na fábrica de gelo.

Oitava semana (04-08/10/2021)



Fotografia 7: Válvula de expansão

- Limpou-se o filtro e mudou-se a válvula de expansão na máquina 2.

Nona semana (11-15/10/21)

- Montou-se uma outra válvula de expansão na máquina 2.



Fotografia 8: Válvula de expansão montada

Décima semana (18-22/10/21)

- Uma vez que o motor elétrico da máquina 1 gripou, este por sua vez desmontou-se e levou-se para a reparação.



Fotografia 9: Desmontagem do motor eléctrico



Fotografia 10: Rotor do motor eléctrico

- Introduziu-se o líquido refrigerante no sistema, pois havia insuficiência deste.

Décima primeira semana (25-29/10/2021)

- Montou-se a rede de vedação e soldou-se chapas para vedar o local onde encontra-se o sistema de fornecimento de água e a torre de arrefecimento na fábrica de gelo.

Décima segunda semana (01-05/11/2021)

- Não se realizou actividade alguma na área de manutenção.

Décima terceira semana (08-12/11/2021)

- Fez-se limpeza na fábrica de gelo

Décima quarta semana (15-16/11/2021)

- Substituiu-se a chumaceira do veio triturador da máquina 2
- Fixou-se por meio de soldadura por arco-voltaico o regulador do triturador da máquina 2

6. Conclusões e recomendações

6.1. Conclusões

Do presente trabalho que resulta do estágio realizado no porto de pescas de Maputo, que por sua vez deu origem a elaboração deste projecto, pode-se tirar as seguintes conclusões:

- Feito o estudo analítico do cálculo de verificação da transmissão por coreia trapezoidal, constatou-se que todos os parâmetros básicos encontram-se dentro dos limites recomendados deste tipo de transmissão;
- Escolheu-se um motor eléctrico para acionamento mecânico do compressor frigorífico na fábrica de gelo do porto de pescas, apesar deste ter uma velocidade de rotações relativamente maior, segundo os cálculos verificou-se que não ultrapassa a margem de erro admitido;
- Torna-se mais caro optar pela rebobinagem dum motor eléctrico que tem funcionado a mais de vinte anos, pois existe grande probabilidade deste equipamento ter vencido a sua vida útil, podendo apresentar novas avarias a qualquer momento, o que pode culminar com elevados custos de manutenção e perda de produção devido a paralização não programada.

6.2. Recomendações

6.2.1. Limpeza

Os motores devem ser mantidos limpos, isentos de poeira, detritos e óleos. Para limpá-los, deve-se utilizar escovas ou panos limpos de algodão. Se a poeira não for abrasiva, deve-se utilizar o jato de ar comprimido, soprando a poeira da tampa defletora e eliminando toda acumulação de pó contida nas pás do ventilador e nas aletas de refrigeração.

Recomenda-se uma limpeza na caixa de ligação. Esta deve apresentar os bornes limpos, sem oxidação, em perfeitas condições mecânicas e sem depósitos de pó nos espaços vazios.

6.2.2. Lubrificação

A finalidade de manutenção (lubrificação), neste caso, é prolongar o máximo possível, a vida útil do sistema de mancais. Pois manutenção abrange:

- Observação do estado geral em que se encontram os mancais;
- Lubrificação e limpeza;
- Exame minucioso dos rolamentos.

O controle de temperatura num mancal também faz parte da manutenção de rotina. Sendo o mancal lubrificado com graxas apropriadas, conforme recomendado no catalogo do motor eléctrico, a temperatura de trabalho não deverá ultrapassar ΔT de 60°C num ambiente de 40°C , a temperatura poderá ser controlada permanentemente com termômetros, colocados do lado de fora do mancal, ou com termômetros embutidos.

Os motores WEG são normalmente equipados com rolamentos de esfera ou de rolos, lubrificados com graxa.

Os rolamentos devem ser lubrificados para evitar o contato metálico entre os corpos rolantes e também para proteger os mesmos contra a corrosão e desgaste.

As propriedades dos lubrificantes deterioram-se em virtude de envelhecimento e trabalho mecânico, além disso, todos os lubrificantes sofrem contaminação em serviço, razão pela qual devem ser completados ou trocados periodicamente.

6.2.3. Intervalos de lubrificação

A quantidade de graxa correta é sem dúvida, um aspecto importante para uma boa lubrificação.

A relubrificação deve ser feita conforme os intervalos de relubrificação especificados na placa de identificação.

Para uma lubrificação inicial eficiente, em um rolamento é preciso observar o Manual de instruções do motor ou pela tabela de lubrificação que vem no catálogo do motor eléctrico.

Na ausência destas informações, o rolamento deve ser preenchido com a graxa até a metade de seu espaço vazio (somente espaço vazio entre os corpos girantes).

Na execução destas operações, recomenda-se o máximo de cuidado e limpeza, com o objetivo de evitar qualquer penetração de impurezas que possam causar danos ao rolamento.

Bibliografia

- [1] ALVES, Marcelo. Transmissões por correias.
- [2] FLORES, Paulo; GOMES, José; DOURADO, Nuno e MARQUES, Filipe. T.02 Transmissões por correias, 2017.
- [3] FLORES, Paulo. Sistemas de transmissão de movimento: correias trapezoidais ou em "V". 07/2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Flores-4/publication/307989141/figure/fig14/AS:405388747919368@1473663617998/Correia-plana-Fig-37-Correias-trapezoidais-ou-em-V.png/figure/Correia-plana-Fig-37-Correias-trapezoidais-ou-em-V_fig14_307989141> Acessado em: 07/07/2022.
- [4] FONSECA, Pedro. Guia para a elaboração de relatórios. Departamento de eletrônica, telecomunicações e informática.
- [5] Guia para a elaboração do projecto final do curso, Departamento de Engenharia Mecânica- Universidade Eduardo Mondlane.
- [6] PORTAL do IFSC. O relatório, estrutura e apresentação. Disponível em: <www.ifsc.edu.br/modelo-de-relatório>. Acesso em 07/02/2022.
- [7] SITO E, Rui Vasco. Transmissões por correias. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane- Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Mecânica, 2005.
- [8] Tecnel Service-equipamentos de baixa, média e alta tensão. Disponível em: <www.tecnel.com.mz>. Acesso em 07/04/2022.

Anexos

Anexo 1: Tabela A2 dos parâmetros das correias trapezoidais

Tabela A2

Tipo de correia	Designação da Secção	b_c [mm]	b_0 [mm]	h [mm]	h_c [mm]	A [mm ²]	Comprimento limite de cálculos [mm]	D_{min} [mm]	Torque transmitido [N·m]
Trapezoidais	O	8,5	10	6	2,1	47	400-2500	63	<25
	A	11	13	8	2,8	81	560-4000	90	11-70
	B	14	17	10,5	4,0	138	800-6300	125	40-186
	C	19	22	13,5	4,8	230	1800-10600	200	108-540
	D	27	32	19	6,9	476	3150-15000	315	440-1960
	E	32	38	23,5	8,3	692	4500-18000	500	1080-4415
	F	42	50	30	11,0	1170	6300-18000	800	>2160
Trapezoidais estreitas	YO	8,5	10	8	2,0	56	630-3550	63	-
	YA	11	13	10	2,8	93	800-4500	90	-
	YB	14	17	13	3,5	159	1250-8000	140	-
	YC	19	22	18	4,8	275	2000-8000	224	-

Parâmetros das correias trapezoidais:

b_c - largura de cálculo da correia (na linha neutra)

b_0 - largura máxima da correia

h - altura total da secção transversal

h_c - altura de cálculo, a partir da linha neutra

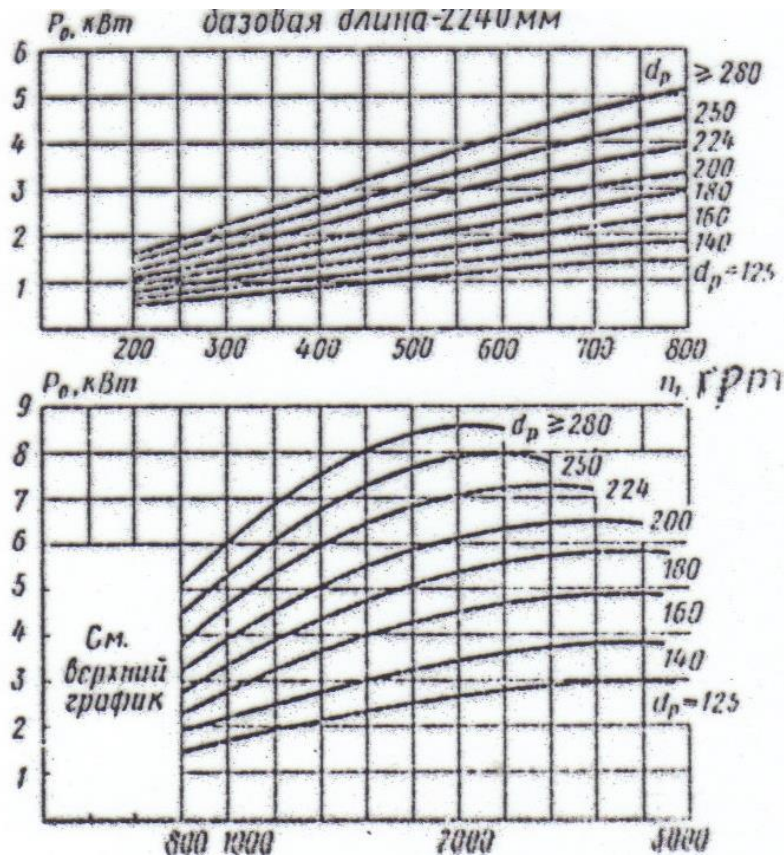
A - área da secção transversal da correia

D_{min} - Diâmetro mínimo recomendado (das polias)

$l_c = 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240, 2500, 2800, 3150, 3550, 4000, 4500, 5000, 6000$

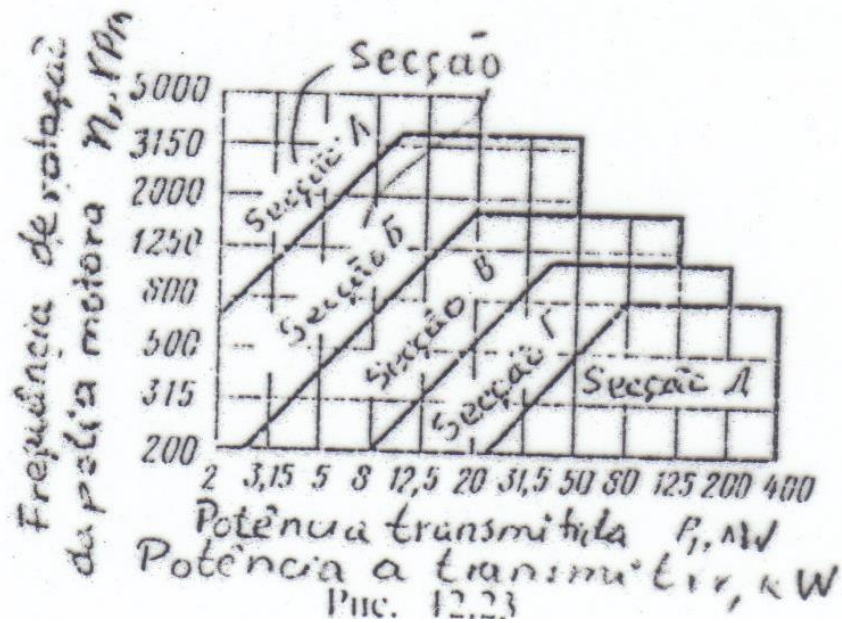
Fonte: Siteo, 2001, pág. 62

Anexo 2: Gráfico da potência em função da frequência de rotações



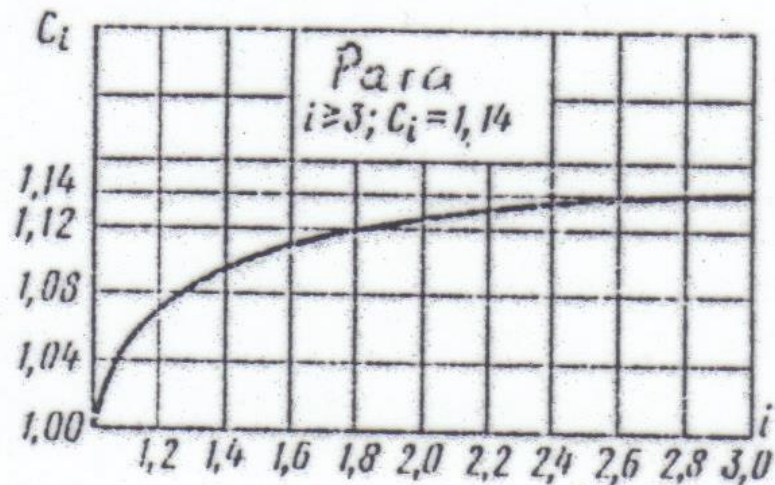
Fonte: Siteo, 2001

Anexo 3: Gráfico da frequência de rotações em função da potência transmitida




Fonte: Sítio, 2001, pág. 47

Anexo 4: Gráfico do coeficiente da relação de transmissão em função da relação de transmissão



Fonte: Sítio, 2001

Anexo 5: Cotação para bobinagem do motor eléctrico de 45 kW

Postal Address P.O.Box 413 Tete Mozambique NUIT: 400469539 Website: www.minopex.co.za	 EnSerMo Engenharia e Serviços de Moçambique Lda Excelência em Serviços de Engenharia		Registration number : 100430894 Rua Jose Mateus N° 27, 2º Andar Unico Bairro Polana Maputo Mozambique	
Telephone Number (Flavia Pinto - 84 562 7085) E-mail Address: flavia.pinto@ensermo.co.mz	(Lee Mangochi - 84 6992002) lee.mangochi@ensermo.co.mz	(Berquelio Marcelino - 84 659 7008) berquelio.marcelino@ensermo.co.mz	(Ras Venter - 84 332 0974) Ras.Venter@ensermo.co.mz	
Cotação				
Client/Cliente	Contract Number /Numero Contracto		Cot. Compra No./Quote no.	
Marcos Tivane			M6224	
Contact Person / A Contactar	Department/Departamento		Date/Data	
Marcos Tivane			2022/04/07	
Designação/Description	Serial Number	Rating	Speed	Pole
Repair Motor	none	45 kW	1475 rpm	4
Description/Designação	Unit	Quant.	Pr. Unitário	Total
AC Motor -22.1 kW to 45 kW, 2 and 4 Poles				
Electrical Rewinding	each	1	MZN 70 620,00	70 620,00
This quote is valid for 30 days from above date of quotation, subject to the following: Subject to our standard terms and conditions. Any products and/or services not expressly detailed herein are to be considered excluded. Repair duration based as per contract schedule. Delivery to your site/stores of operation.			Subtotal	70 620,00
			Total de IVA (17%)	12 005,40
			TOTAL do Documento (MZN)	82 625,40
Prepared by Administration Technical Management	Name	Signature	Date: 2022/04/07	
	Berquélío Marcelino			
	Fanus Herbst			
			Note que a revisão mecânica não está incluída no orçamento, este custo corresponde apenas à rebobinagem do motor, caso sejam solicitados outros serviços será apresentado um novo orçamento em substituição deste.	

Fonte: Engenharia e serviços de Moçambique Lda; Website: WWW.minopex.co.za

Anexo 6: Cotação para transporte, montagem, instalação e teste do motor eléctrico

TECNEL

Pág. 1/1

Web: www.tecnel.co.mz

Original

TECNEL SERVICE, LDA

Contribuinte N.º: 400018707

Av. das Indústrias, Parcela 760

Machava - Maputo

CP.99 Machava

Telef. : 21 751032 - PABX: +258 83/5/6 365 7724

Web: www.tecnel.co.mz

E-Mail: info@tecnel.co.mz

Cliente: Marcos Arnaldo

Cell:

Morada:

Maputo

Proposta N.º 496/2022C

Data:	2022-04-05	V/NUIT:	Moeda:	MT	Desc. Cli.:	0,00	Condição Pagamento:	Pronto Pagamento
Vencimento:	2022-04-12	V/Ref:	Câmbio:	1,00	Requisição:		Local de Entrega:	Entrega Tecnel Service (Machava)

Artigo	Descrição	Qtd.	Un.	Pr. Unitário	Desc.	IVA	Valor
DIV	TEW4203033 MOTOR ELECTRICO 45KW	1,00	UN	250 651,430	0,00	17,00	250 651,43
DIV	TRANSPORTE, INSTALACAO E TEXTE	1,00	UN	14 200,000	0,00	17,00	14 200,00

Documento Processado por Computador / © PRIMAVERA BSS

Data: 2022-04-05

EUR 1 = 70.69 MZN, USD 1 = 64.46 MZN, ZAR 1 = 4.41 MZN

Quadro Resumo de Impostos

Taxa/Valor	Incid./Qtd.	Total	Motivo Isenção
IVA (17,00)	264 851,43	45 024,74	

Mercadoria/Serviços	264 851,43
Commercial Discounts	0,00
Financial Discount	0,00
Advance Payments	0,00
Sub Total:	264 851,43
IVA	45 024,74

A variação destas moedas usadas pelos fabricantes dos materiais objectos desta Proposta, em mais de 2%, reserva-nos o direito de corrigir os nossos preços.

Total (MT) 309 876,17
Total (us\$) 4 903,10

Dercio Amade

Dados Bancários / Bank Details:

Moeda	Banco	Conta	NIB	IBAN	SWIFT
MZN	BCI	625747110001	0008 0000 0625 7471 1018 0	MZ59 0008 0000 0625 7471 1018 0	CGDIMZMA
MZN	BIM	2516084	0001 0000 0000 2516 0845 7	MZ59 0001 0000 0000 2516 0845 7	BIMOMZM
MZN	ABSA	0047104003875	0002 0047 4710 4003 8758 2	MZ59 0002 0047 4710 4003 8758 2	ABMZMZMA
MZN	ÚNICO	00001688606	0043 0000 0000 1688 6062 3	MZ59 0043 0000 0000 1688 6062 3	UNICMZNX



TECNEL SERVICE, LDA

Av. das Indústrias, Parcela 760 - CP.99 Machava - Machava - Maputo

Tel. : 21 751032 - PABX: +258 83/5/6 365 7724

Fonte: TECNEL, web: www.tecnel.co.mz