



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS (CMC)
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA (DE) - CARAÚBAS
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

GUILHERME LOPES DE JORGE

**DIMENSIONAMENTO DE TRANSMISSÃO POR CORREAIS TIPO V: ESTUDO DE
CASO NA SALINOR – SALINAS DO NORDESTE.**

CARAÚBAS - RN

2021

GUILHERME LOPES DE JORGE

**DIMENSIONAMENTO DE TRANSMISSÃO POR CORREIAS TIPO V: ESTUDO DE
CASO NA SALINOR – SALINAS DO NORDESTE.**

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

Orientador: Jackson de Brito Simões, Prof. Dr.

CARAÚBAS - RN

2021

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

J943d Jorge, Guilherme Lopes de.

DIMENSIONAMENTO DE TRANSMISSÃO POR CORREIAS
TIPO V: ESTUDO DE CASO NA SALINOR - SALINAS DO
NORDESTE. / Guilherme Lopes de Jorge. - 2021.
68 f. : il.

Orientador: JACKSON DE BRITO SIMÕES.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Mecânica, 2021.

1. Transmissão por correias. 2.
Dimensionamento de correias em V. 3. Quebra de
correias. 4. Plano de manutenção preventiva. I.
SIMÕES, JACKSON DE BRITO, orient. II. Título.

GUILHERME LOPES DE JORGE

**DIMENSIONAMENTO DE CORREIAS DE TRANSMISSÃO TIPO V: ESTUDO DE
CASO NA SALINOR – SALINAS DO NORDESTE.**

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

Aprovada em: 28/05/2021

BANCA EXAMINADORA

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

Presidente

DORGIVAL ALBERTINO DA
SILVA JUNIOR:05131125456

Assinado de forma digital por DORGIVAL
ALBERTINO DA SILVA JUNIOR:05131125456
Dados: 2021.06.02 19:56:39 -03'00'

Dorgival A. da Silva Junior, Prof. Dr. (UFERSA)

Primeiro Membro

Francisco Fernando Roberto Pereira

Francisco Fernando R. Pereira, Prof. Dr. (UFPE)

Segundo Membro

Aos meus pais, minha irmã, minhas tias, minha namorada, e aos meus amigos, que com muito apoio, não mediram esforços para me incentivar, ajudar a continuar no curso e chegar até aqui.

“Importante não é ver o que ninguém nunca viu,
mas sim, pensar o que ninguém pensou sobre
algo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

RESUMO

As condições hipersalinas dos estuários na região Nordeste do Brasil tornam possível o sucesso da implantação de salinas nessa região. Tanto é que o Rio Grande do Norte é responsável por produzir mais de 90% de todo o sal no Brasil, sendo que 40% dessa produção é oriunda da Salinor, uma empresa salineira lotada nos municípios de Macau e Mossoró. Além das condições climáticas, meteorológicas e geológicas que favorecem o sucesso dessas empresas, a mecanização das indústrias salineiras desde a década de 70 aumentou a produção de sal significativamente. Portanto, levando em consideração a importância dos equipamentos para o sucesso das empresas salineiras, objetivou-se verificar analiticamente o dimensionamento das transmissões de potência por correias tipo “v” de 18 equipamentos utilizados para a produção de sal na Salina Unidos da empresa Salinor – Salinas do Nordeste, na cidade de Macau/RN, e com isso, obter os parâmetros necessários a fim de gerar períodos de manutenção preventiva, almejando a redução das perdas de produção decorrentes das falhas oriundas da quebra de correias. Metodologicamente, trata-se de um estudo de caso, cuja abordagem utilizada foi a quali-quantitativa, na qual foram coletados os dados dos 18 equipamentos, realizado o dimensionamento analítico de acordo com Budynas e Nisbett (2011), analisado os resultados e verificado a necessidade da elaboração de períodos de manutenção preventiva. Como resultado do dimensionamento das correias foi comprovado analiticamente que 17 transmissões dos equipamentos estão subdimensionadas e que 1 está superdimensionada, também verificou-se a viabilidade econômica de alteração das transmissões de potência de 9 equipamentos, relacionando o custo anual de substituições das correias atuais *versus* o custo das correias dimensionadas corretamente e posteriormente foi elaborado períodos de manutenção preventiva, que sugerem a substituição das correias de 1 mês e meio a 1 ano de operação, a depender do equipamento. Embora outros fatores também contribuam para diminuir a vida útil das correias, os resultados provenientes desse trabalho servem para elucidar a necessidade do dimensionamento analítico dos equipamentos que são essenciais para o bom funcionamento de uma empresa, bem como a importância da elaboração de planos de manutenção preventiva.

Palavras-chave: Transmissão por Correias. Dimensionamento de Correias em V. Quebra de Correias. Plano de manutenção preventiva.

ABSTRACT

The hypersaline conditions of the estuaries in the Northeast region of Brazil make the successful establishment of salt works in this region possible. So much so that Rio Grande do Norte is responsible for producing more than 90% of all the salt in Brazil, with 40% of this production coming from Salinor, a salt producing company located in the cities of Macau and Mossoró. Besides the climatic, meteorological and geological conditions that favor the success of these companies, the mechanization of the salt industries since the 1970's has increased the production of salt significantly. Therefore, taking into account the importance of the equipment for the success of the salt industries, the objective of this study was to analyze the dimensioning of the power transmissions by v-belts of 18 equipments used for the salt production in Salina Unidos of Salinor - Salinas do Nordeste, in the city of Macau/RN, and thus, to obtain the necessary parameters in order to generate periods of preventive maintenance, aiming at the reduction of production losses due to failures caused by broken belts. Methodologically, this is a case study, whose approach used was quali-quantitative, in which data from 18 pieces of equipment were collected, the analytical sizing was performed according to Budynas and Nisbett (2011), the results were analyzed, and the need for preventive maintenance periods was verified. As a result of the belt sizing, it was analytically proven that 17 equipment transmissions are undersized and 1 is oversized. The economic feasibility of changing the power transmissions of 9 pieces of equipment was also verified, relating the annual cost of replacing the current belts versus the cost of correctly sized belts. Although other factors also contribute to decreasing the useful life of belts, the results from this work serve to elucidate the need for the analytical sizing of equipment that is essential to the proper functioning of a company, as well as the importance of developing preventive maintenance plans.

Keywords: Belt Transmission. V-Belt Sizing. Belt Breakage. Preventive Maintenance Plan.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Do Problema.....	8
1.2	Justificativa	8
1.3	Objetivos.....	9
1.3.1	Objetivo geral	9
1.3.2	Objetivos Específicos	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	Potencial Salineiro do Nordeste do Brasil	10
2.2	Salinas em Macau/RN	12
2.3	Correias de Transmissão em V.....	13
2.3.1	Dimensionamento analítico de transmissão por correias.....	14
2.4	Principais Causas das Falhas em Correias de Transmissão.....	26
2.5	Planos de Manutenção Preventiva	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	Coleta de dados	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1	Dimensionamento analítico.....	42
4.2	Análise dos resultados	57
4.3	Períodos de Manutenção Preventiva.....	65
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

A Salinor - Salinas do Nordeste é a maior produtora de sal do Brasil, responsável por aproximadamente 40% de todo sal marinho produzido em território nacional. Suas salinas estão localizadas nos municípios de Macau e Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte-RN, região que reúne excelentes condições climáticas e geológicas para esta atividade (SALINOR, 2021).

De acordo com a Salinor, na planta da Salina Unidos localizada na cidade de Macau/RN, a salineira dispõe de diversos equipamentos que utilizam transmissão por polias e correias do tipo “v”, como bombas de captação, que são responsáveis pelo bombeamento da água do mar para os evaporadores; bombas de distribuição, bombeando as águas dos evaporadores para os cristalizadores; moinhos de martelos situados no setor de moagem com capacidade de 80 t/h; moinho de barras alocado na Refinaria 1 com capacidade de 12 t/h e um moinho de martelos localizado na Refinaria 2 com capacidade de 9 t/h (SALINOR, 2021). Tais equipamentos são fundamentais para o funcionamento contínuo da produção de sal marinho, logo, é imprescindível que não ocorram paradas inesperadas, para que assim, não acarretem custos indesejados.

1.1 Do Problema

Sabendo que os equipamentos de bombeamento e moagem serem gargalos da produção de sal marinho na Salinor, é de suma importância que estes tenham um alto índice de confiabilidade, visto que são tanto utilizados nas primeiras etapas (bombeamento da água do mar e distribuição nos tanques de evaporação/cristalização), bem como nas últimas (moagem e beneficiamento).

Por serem equipamentos muito antigos e que constantemente foram apenas refabricados dentro da empresa quando se atingia o fim da sua vida útil, não se tem registros do dimensionamento da transmissão e seleção de correias em v destes equipamentos, o que dificulta o planejamento das manutenções periódicas para a substituição das correias.

Atualmente as manutenções realizadas são corretivas, associadas a alguns momentos de inspeção visual, auditiva e tato, logo, não é possível determinar com exatidão a causa raiz das paradas em consequência das quebras de correias, gerando custos com o equipamento e perdas de produção.

1.2 Justificativa

A fim de determinar especificamente as causas das quebras de correias que ocorrem nos equipamentos de bombeamento e moagem da Salina Unidos na cidade de Macau/RN, se faz

necessário o dimensionamento da transmissão por correias destes equipamentos, para que se possa obter dados como por exemplo o ciclo de vida, e assim poder gerar um período de manutenção preventiva para as correias dos equipamentos em questão. Além de verificar se as correias foram dimensionadas corretamente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Verificar analiticamente o dimensionamento das transmissões de potência por correias tipo “v” nas bombas de captação e distribuição (totalizando 10 bombas), bem como nos moinhos dos setores de moagem e beneficiamento (totalizando 8 moinhos) na Salina Unidos da empresa Salinor – Salinas do Nordeste, na cidade de Macau/RN, e com isso, obter os parâmetros necessários a fim de gerar períodos de manutenção preventiva.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar a análise dimensional de forma analítica das transmissões de potência por correias tipo V;
- Analisar os resultados comparando o custo-benefício;
- Definir períodos de manutenção preventiva.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Potencial Salineiro do Nordeste do Brasil

No semi-árido brasileiro, o período típico de seca dura em média nove meses (JORGE; LOPES; SILVA, 2020, p. 1) o que possibilita a expansão de empresas do ramo salineiro, pois os estuários se tornam hipersalinos devido à baixa taxa de precipitação anual e às temperaturas elevadas da região que geram altas taxas de evapotranspiração fazendo com que ocorra uma maior concentração de sal na água. “Na região estuarina do Rio Apodi-Mossoró, os manguezais há séculos vêm sendo substituídos pelas atividades salineiras” (HENRY-SILVA et al., 2017, p. 63). Santos (2010 apud COSTA et al., 2013, p. 4) comenta que as salinas de Macau, Mossoró, Assú e Areia Branca começaram sua exploração a partir de 1802.

Nesse cenário, recentemente Diniz e Vasconcelos (2017) analisaram alguns dados da dinâmica natural dos condicionantes que influenciam no potencial produtivo das empresas salineiras no RN e no Ceará e chegaram à seguinte conclusão:

Além dos fatores climáticos, muito semelhante em todas as áreas analisadas, os fatores determinantes da produção de sal marinho estão ligados a permeabilidade dos solos, a deposição de sedimentos das frações silte e argila, ao transporte longitudinal de sedimentos na linha de costa, ao assoreamento dos estuários pelas dunas móveis, a declividade das planícies, ao tamanho das áreas inundadas pelas marés e a salinidade natural das águas confinadas (DINIZ; VASCONCELOS, 2017, p. 16).

Os autores relataram após as análises que alguns locais apresentam maior potencial para esse ramo: as planícies flúvio-marinhas dos rios Piranhas-Açu e do Apodi-Mossoró e a planície de maré de Galinhos-Guamaré, pois além dos solos serem menos permeáveis nesses locais, “é menor o transporte longitudinal de sedimentos e o assoreamento dos estuários por parte das dunas móveis; a salinidade natural das águas é mais elevada; e é maior a deposição de sedimentos das frações silte e argila” (DINIZ; VASCONCELOS, 2017, p. 16).

Fato é que, considerando o período de 1960-1990 no Brasil, a produção de sal marinho esteve em constante crescimento. Em 10 anos, por exemplo, do ano de 1960 (produção de 922.914 toneladas de sal) à 1970 (1.826.1172 toneladas) houve praticamente uma duplicação na produção de sal, período este em que houve o desenvolvimento da mecanização das salinas no Nordeste. Tão importante é a importância do Rio Grande do Norte nesse cenário que já em 1990 o estado atingiu o percentual de 87,52% de produção de sal no território nacional (ANDRADE, 2018).

Diniz e Vasconcelos (2019) também enfatizam a relevância da década de 1970 para a produção de sal no Nordeste, pois outros dois fatores ainda contribuíram para esse aumento

além da mecanização da indústria salineira potiguar: a construção e a inauguração do Porto-Ilha em Areia Branca que favoreceu a produção de sal e baixou o frete consideravelmente, e a melhoria no sistema rodoviário brasileiro. É devido a esses fatores também que atualmente o RN produz mais de 90% de sal no Brasil. ‘‘No mercado nacional, a produção salineira potiguar é destinada ao mercado de consumo humano, pecuarista e para as indústrias químicas’’ (MAIA, 2011, p. 15).

A ascensão da economia salineira potiguar causou forte impacto nas salinas de outros estados brasileiros que viram suas produções locais desmanteladas pela entrada do sal potiguar em todas as unidades da federação. Hoje, o sal potiguar é mais barato e de melhor qualidade que o restante do sal produzido no Brasil. Atualmente, além do Rio Grande do Norte, apenas Ceará, Piauí e Rio de Janeiro persistem produzindo sal marinho, sendo que nos dois primeiros estados, as empresas produtoras pertencem a grupos empresariais com sede no Rio Grande do Norte (DINIZ, VASCONCELOS, 2019, p. 12).

Nesse contexto, cabe destacar a cidade de Macau, um município do interior do estado do Rio Grande do Norte que possui excelentes condições climáticas para a produção de sal. No trabalho de Diniz e Vasconcelos (2016) após investigarem os parâmetros meteorológico-climáticos na Costa Semiárida Brasileira que permitem uma maior produção de sal, foi constatado que Macau possui o maior potencial. Tanto é que um registo (Figura 1) de abril de 2012 evidencia o potencial da região, que mesmo em um mês chuvoso (abril) a alta incidência solar predomina:

Figura 1: Tanque cristalizador de sal em Macau-RN



Fonte: DINIZ; VASCONCELOS (2017).

2.2 Salinas em Macau/RN

Macau possui clima semi-árido quente, com baixo índice pluviométrico, estações chuvosas delimitadas, alta temperatura e incidência solar, baixa umidade e solo impermeabilizado, condições que criam um quadro muito favorável para a instalação de indústrias salineiras (CARMO JÚNIOR, 2006; SANTOS, 2008). De tal modo que desde a década de 70 começou a entrar o capital estrangeiro nas salinas da cidade, sendo três empresas que se instalaram: a CIRNE, a SOSAL e a Henrique Lage, de origem holandesa, americana e italiana, respectivamente (SANTOS, 2008).

Atualmente, as duas maiores empresas salineiras da cidade são a Salinas do Nordeste S.A. (SALINOR) – antiga SOSAL - localizada na Ilha de Alagamar e a Henrique Lages, localizada na Ilha de Santana, onde ambas ficam próximas ao rio Piranhas-Açu (MAIA, 2011) a maior bacia hidrográfica do estado (SOARES, 2012).

Nesse cenário, A Salinor – Salinas do Nordeste S.A. merece um destaque especial: é a maior produtora de sal do Brasil com uma produção anual de 2,5 milhões de toneladas. A empresa conta com 775 hectares de área para colheita e produção; possui 3 salinas no estado do RN e um armazém para distribuição em Santos/SP que destina os produtos para consumo humano, para as indústrias e para a pecuária no Brasil e no exterior. O sucesso da empresa está diretamente relacionado com as condições geográficas e climáticas da região em que as salinas se encontram: a alta salinidade das águas, a presença constante de ventos, as altas temperaturas, o baixo índice pluviométrico, as grandes áreas planas no nível do mar e a presença de solos impermeáveis (SALINOR, 2021).

Até chegar ao consumidor, o sal marinho passa por algumas etapas para ser obtido (Figura 2), a começar pela captação da água do mar que é bombeada pelas bombas de captação para dentro do evaporador, onde por gravidade a água se desloca pelos evaporadores e por fim evapora devido à alta incidência solar da região e a presença de ventos. Quando ocorre a saturação em NaCl (cloreto de sódio) que é o sal desejado, a salmoura - água saturada de sal – é bombeada, pelas bombas de distribuição, para os cristalizadores para que ocorra a evaporação da água que ainda resta e ocorra a precipitação do sal. Cristalizado o sal, na quantidade e na qualidade esperada é então realizada a colheita. O sal extraído pela colhedeira é então lavado no lavador de sal para remover as impurezas e reduzir elementos indesejáveis.

Posteriormente o sal é estocado em grandes pilhas pelas empilhadeiras de sal, a céu aberto para reduzir a umidade e o magnésio presente para que possa então ser utilizado em

todos os segmentos da economia. Por fim, o sal segue para o beneficiamento, onde pode tornar-se sal refinado ou moído.

Figura 2: Fluxograma do processo produtivo de sal na Salinor



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Importante ressaltar que a construção do Terminal Salineiro de Areia Branca na década de 70 continua sendo necessária até hoje, visto que o sal a granel da Salinor é escoado por ele. A empresa pode fornecer mais de 2 milhões de toneladas de sal a granel por via marítima que são transferidas da salina para o terminal por 4 embarcações graneleiras modernas (SALINOR, 2021).

Conforme mencionado, o processo de mecanização das indústrias salineiras – passagem de métodos de produção artesanais para métodos de produção por máquinas – foi um fator decisivo para uma alta ampliação na produção de sal, como também ocorre na Salinor, logo, problemas nas máquinas possuem impactos consideráveis na produção e por conseguinte no lucro da empresa. Nesse viés, diversos equipamentos da empresa utilizam transmissão por polias e correias do tipo “v” que podem apresentar falhas, inviabilizando a utilização dos equipamentos e comprometendo a produção de sal, sendo necessário, portanto, o seu dimensionamento.

2.3 Correias de Transmissão em V

A Correia trapezoidal ou “V”, é um elemento flexível, que permite a transmissão de potência entre dois eixos paralelos. Sendo composta por duas polias, a motriz (fixada ao eixo árvore) e outra movida (BUDYNAS; NISBETT, 2011). A Figura 3 apresenta as características de correias em V de acordo com a seção.

Figura 3: Seções e características das correias em V padronizadas

Tabela 17-9

Seções de correias em V padronizadas.



Seção de Correia	Largura <i>a</i> , mm	Espessura <i>b</i> , mm	Diâmetro mínimo de roldana, mm	Intervalo de kW, uma ou mais correias
A	12	8,5	75	0,2-7,5
B	16	11	135	0,7-18,5
C	22	13	230	11-75
D	30	19	325	37-186
E	38	25	540	75 e acima

Fonte: Budynas e Nisbett (2011).

2.3.1 Dimensionamento analítico de transmissão por correias

Segundo Budynas e Nisbett, o tempo de vida em horas para uma correia é dado pela Equação 1:

$$t = \frac{N_p L_p}{3600V} \quad (1)$$

Onde, N_p é o número de voltas, L_p é o comprimento primitivo em metros e V é a velocidade linear em m/s.

De acordo com os autores a velocidade linear é definida pela Equação 2:

$$V = \pi d n \quad (2)$$

Na qual, π é uma constante, d é o diâmetro da polia menor em metros, e n é a rotação da polia em rad/s que pode ser obtida através da Equação 3.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (3)$$

Onde n_1 é a rotação em rpm da polia motora, n_2 a rotação em rpm da polia movida, d_1 é o diâmetro da polia motora em metros e d_2 o diâmetro da polia movida em metros.

Para escolher uma correia a ser utilizada, precisamos encontrar o comprimento mínimo necessário, e para isso utiliza-se a Equação 4:

$$L_{min} = 2C + \pi \frac{D+d}{2} + \frac{(D-d)^2}{4C} \quad (4)$$

Onde, C é a distância entre centros primária, π é uma constante, D é o diâmetro da polia maior e d é o diâmetro da polia menor.

Budynas informa que a partir da Equação 5 obtém-se o comprimento primitivo:

$$L_p = L + L_c \quad (5)$$

Na qual, L é o comprimento das correias padrões, de acordo com a Figura 4, e L_c é o comprimento primitivo de acordo com a Figura 5.

Figura 4: Tabela com os comprimentos padrões de correias de acordo com sua classe**Tabela 17-10**

Circunferências internas das correias padronizadas em V.

Seção	Circunferência, mm
A	650, 775, 825, 875, 950, 1050, 1150, 1200, 1275, 1325, 1375, 1425, 1500, 1550, 1600, 1650, 1700, 1775, 1875, 1950, 2000, 2125, 2250, 2400, 2625, 2800, 3000, 3200
B	875, 950, 1050, 1150, 1200, 1275, 1325, 1375, 1425, 1500, 1550, 1600, 1650, 1700, 1775, 1875, 1950, 2000, 2125, 2250, 2400, 2625, 2800, 3000, 3200, 3275, 3400, 3450, 3950, 4325, 4500, 4875, 5250, 6000, 6750, 7500
C	1275, 1500, 1700, 1875, 2025, 2125, 2250, 2400, 2625, 2800, 3000, 3200, 3400, 3600, 3950, 4050, 4350, 4500, 4875, 5250, 5550, 6000, 6750, 7500, 8250, 9000, 9750, 10 500
D	3000, 3200, 3600, 3950, 4050, 4350, 4500, 4875, 5250, 6000, 6750, 7500, 8250, 9000, 9750, 10 500, 12 000, 13 500, 15 000, 16 500
E	4500, 4875, 5250, 6000, 6750, 7500, 8250, 9000, 9750, 10 500, 12 000, 13 500, 15 000, 16 500

Fonte: Budynas e Nisbett (2011).

Figura 5: Tabela com os comprimentos primitivos de acordo com sua classe**Tabela 17-11**

Dimensões de conversão de comprimento (adicione a quantidade listada à circunferência interna para obter o comprimento primitivo em mm).

Seção da correia	A	B	C	D	E
Quantidade a ser adicionada	32	45	72	82	112

Fonte: Budynas e Nisbett (2011).

Pela Equação 6, temos a nova distância entre centros das correias:

$$C = 0,25 \left\{ \left[L_p - \frac{\pi}{2} (D + d) \right] + \sqrt{\left[L_p - \frac{\pi}{2} (D + d) \right]^2 - 2(D - d)^2} \right\} \quad (6)$$

Onde, L_p é o comprimento primitivo, π é uma constante, D é o diâmetro da polia maior e d é o diâmetro da polia menor (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

O número de voltas N_p é dado pela Equação 7 (BUDYNAS; NISBETT, 2011):

$$N_p = \left[\left(\frac{K}{T_1} \right)^{-b} + \left(\frac{K}{T_2} \right)^{-b} \right]^{-1} \quad (7)$$

Na qual, K e b são obtidos através da Figura 6, já T_1 e T_2 são as trações nas extremidades das correias (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

Figura 6: Constantes K e b de acordo com o tipo de correia**Tabela 17-17**

Parâmetros de durabilidade para algumas seções de correias em V.

Fonte: M. E. Spotts, *Design of Machine Elements*, 6ª ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1985.

Seção de correia	10 ⁸ a 10 ⁹ Picos de força		10 ⁹ a 10 ¹⁰ Picos de força		Diâmetro mínimo de roldana, mm
	K	b	K	b	
A	2999	11,089			75
B	5309	10,926			125
C	9069	11,173			215
D	18726	11,105			325
E	26791	11,100			540
3V	3240	12,464	4726	10,153	66
5V	7360	12,593	10653	10,283	177
8V	16189	12,629	23376	10,319	312

Fonte: Budynas e Nisbett (2011).

Para encontrar as trações nas extremidades da correia T_1 e T_2 , Budynas e Nisbett determina a Equação 8 para a tração 1 e a Equação 9 para a tração 2 (BUDYNAS; NISBETT, 2011):

$$T_1 = F_1 + (F_b)_1 = F_1 + \frac{K_b}{d} \quad (8)$$

$$T_2 = F_1 + (F_b)_2 = F_1 + \frac{K_b}{D} \quad (9)$$

onde, F_1 é a tração máxima nas correias, K_b é dado pela Figura 7, D é o diâmetro da polia maior e d é o diâmetro da polia menor (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

Figura 7: K_b e K_c de acordo com o tipo de correia**Tabela 17-16**

Alguns parâmetros* de correias em V.

Seção da correia	K_b	K_c
A	25	0,561
B	65,0	0,965
C	180	1,716
D	642	3,498
E	1226	5,041
3V	26	0,425
5V	124	1,217
8V	546	3,288

*Dados por cortesia de Gates Rubber Co., Denver, Colo.

Fonte: Budynas e Nisbett (2011).

Já para a tração máxima F_1 , temos a Equação 10 (BUDYNAS; NISBETT, 2011):

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1} \quad (10)$$

onde F_c é a força centrífuga, ΔF é a potência transmitida e $\exp(f\phi)$ é a resistência ao deslizamento (atrito), sendo f o coeficiente de atrito efetivo, que de acordo com o autor, para correias v é igual a 0,5123 (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

Pode-se obter a força centrífuga pela Equação 11 (BUDYNAS; NISBETT, 2011):

$$F_c = K_c \left(\frac{V}{2,4} \right)^2 \quad (11)$$

onde, K_c dado pela Figura 7 e V é a velocidade linear das correias (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

Já a potência transmitida é dada pela Equação 12 (BUDYNAS; NISBETT, 2011):

$$\Delta F = \frac{H_d/N_b}{\pi n d} \quad (12)$$

onde H_d é a potência de projeto em Watts, N_b é o número de correias, π é uma constante, d é o diâmetro da polia menor em metros, e n é a rotação da polia em rad/s (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

A potência de projeto H_d é dada pela Equação 13 (BUDYNAS; NISBETT, 2011):

$$H_d = H_{nom} K_s n_d \quad (13)$$

onde, H_{nom} é a potência do motor, K_s é o fator de serviço de acordo com as Figuras 8 e 9 e n_d é o fator de projeto, dado de acordo com o projetista (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

Figura 8: Fator de serviço de acordo com as condições de trabalho**TABELA 1**

TIPO DE TRABALHO	FATOR DE CORREÇÃO	CONDIÇÕES DE TRABALHO
Trabalho leve	1	Trabalho intermitente. Funcionamento ≤ a 6 horas diárias. Sem sobrecargas.
Trabalho normal	1,2	Sobrecarga máxima momentânea ou carga no arranque inicial ≤ 150% da carga normal. Funcionamento de 6-16 horas diárias.
Trabalho pesado	1,4	Sobrecarga máxima momentânea ou carga no arranque inicial ≤ 250% da carga normal. Funcionamento contínuo de 16-24 horas diárias.
Trabalho extrapesado	1,6-2,0	Sobrecarga máxima momentânea ou carga no arranque inicial > 250% da carga normal. Frequentes sobrecargas momentâneas ou frequentes arranques. Funcionamento contínuo de 24 horas diárias, 7 dias por semana.

NOTAS: Deve-se usar o mais alto fator de serviço, quando qualquer outra condição de trabalho couber na categoria mais alta.
Usar-se-á eventualmente o fator de serviço, interpolado entre aqueles da tabela para condições de trabalho intermediárias.

Fonte: Goodyear (1994).

Figura 9: Fator de serviço adicional de acordo com as condições de trabalho**TABELA 2**

Adicional para correção do fator de serviço a acrescentar àqueles das tabelas 1, 3 e 4 nas condições de trabalho abaixo relacionadas.

CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO	ADICIONAL
Ambiente poeirento	+ 0,1
Ambiente úmido	+ 0,1
Uso de polias tensoras	na parte frouxa [internamente + 0,1
	externamente + 0,1
	na parte tensa [internamente + 0,1
	externamente + 0,2
Polia motriz com diâmetro maior que o da polia conduzida	+ 0,2

Fonte: Goodyear (1994).

O número de correias N_b obtém-se pela Equação 14 (BUDYNAS; NISBETT, 2011):

$$N_b \geq \frac{H_d}{H_a} \quad (14)$$

onde a potência admissível por correia H_a é dada pela Equação 15 (BUDYNAS; NISBETT, 2011):

$$H_a = K_1 K_2 H_{tab} \quad (15)$$

sendo K_1 o fator de correção de ângulo de abraçamento dado pela Figura 10, K_2 o fator de correção de comprimento da correia conforme a Figura 11 e H_{tab} é a potência de transmissão em kW por correia de acordo com sua seção, dado pelas Figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17 ou 18 (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

Figura 10: Fator de correção de ângulo de abraçamento

Tabela 17-13

Fator de correção do ângulo de contato (kW) para transmissões por correias VV* e V-plana.

$\frac{D-d}{C}$	θ , Graus	K_1	
		VV	V Plana
0,00	180	1,00	0,75
0,10	174,3	0,99	0,76
0,20	166,5	0,97	0,78
0,30	162,7	0,96	0,79
0,40	156,9	0,94	0,80
0,50	151,0	0,93	0,81
0,60	145,1	0,91	0,83
0,70	139,0	0,89	0,84
0,80	132,8	0,87	0,85
0,90	126,5	0,85	0,85
1,00	120,0	0,82	0,82
1,10	113,3	0,80	0,80
1,20	106,3	0,77	0,77
1,30	98,9	0,73	0,73
1,40	91,1	0,70	0,70
1,50	82,8	0,65	0,65

*Um ajuste de curva para a coluna VV em termos de θ é:

$$K_1 = 0,143\,543 + 0,007\,46\,8\,\theta - 0,000\,015\,052\,\theta^2$$

no intervalo $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$.

Fonte: Budynas e Nisbett (2011).

Figura 11: Fator de correção para o comprimento da correia**Tabela 17-14**

Fator de correção para
comprimento de correia
 K_2 .*

Fator de comprimento	Comprimento nominal da correia, m				
	Correias A	Correias B	Correias C	Correias D	Correias E
0,85	até 0,88	até 1,15	até 1,88	até 3,2	
0,90	0,95-1,15	1,2-1,5	2,03-2,4	3,6-4,05	até 4,88
0,95	1,2-1,38	1,55-1,88	2,63-3,0	4,33-5,25	5,25-6,0
1,00	1,5-1,88	1,95-2,43	3,2-3,95	6,0	6,75-7,5
1,05	1,95-2,25	2,63-3,0	4,05-4,88	6,75-8,25	8,25-9,75
1,10	2,4-2,8	3,2-3,6	5,25-6,0	9,0-10,5	10,5-12,0
1,15	acima de 3,0	3,95-4,5	6,75-7,5	12,0	13,5-15,0
1,20		acima de 4,88	acima de 8,25	acima de 13,5	16,5

*Multiplique a potência estimada por correia por este fator para obter a potência corrigida.

Fonte: Budynas e Nisbett (2011).

Figura 12: Potência de transmissão por correia com perfil C**TABELA 11**

HP POR CORREIA

CAPACIDADE EM HP POR CORREIA COM ARCO DE CONTATO DE 180°

PERFIL C

HERTZ	RPM DO EIXO MAIS RÁPIDO	DIÂM. DATUM															
		DIÂM. EXT. (REF.)	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00	12,00	13,00	14,00	16,00			
			7,90	8,40	8,90	9,40	9,90	10,40	10,90	11,40	12,40	13,40	14,40	16,40			
50	720		6,42	7,17	7,91	8,65	9,37	10,09	10,80	11,49	12,87	14,21	15,52	18,02			
	960		7,93	8,87	9,79	10,70	11,60	12,47	13,34	14,19	15,83	17,41	18,92	21,73			
	1440		10,24	11,46	12,64	13,78	14,88	15,94	16,96	17,94	19,75	21,37	22,79	24,97			
	2880		10,31	11,19	(11,83)	(12,21)	(12,32)	(12,15)	(11,69)	(10,92)	(8,41)	(4,53)	—	—			
60	690		6,22	6,94	7,66	8,37	9,07	9,76	10,45	11,12	12,46	13,76	15,03	17,47			
	870		7,39	8,26	9,12	9,97	10,80	11,63	12,44	13,24	14,79	16,30	17,75	20,48			
	1160		9,01	10,08	11,13	12,16	13,16	14,14	15,10	16,03	17,82	19,49	21,06	23,82			
	1750		11,19	12,51	13,76	14,95	16,07	17,12	18,10	19,01	20,58	21,83	(22,73)	(23,38)			
	3450		(6,66)	(6,72)	(6,37)	(5,99)	(4,36)	(2,65)	(0,44)	—	—	—	—	—			
100			1,26	1,39	1,52	1,65	1,78	1,91	2,04	2,16	2,41	2,66	2,91	3,40			
200			2,28	2,52	2,76	3,01	3,25	3,49	3,72	3,96	4,43	4,90	5,36	6,27			
300			3,19	3,54	3,89	4,24	4,59	4,93	5,27	5,61	6,28	6,95	7,61	8,91			
400			4,04	4,50	4,95	5,39	5,84	6,28	6,72	7,15	8,01	8,87	9,71	11,36			
500			4,84	5,39	5,93	6,48	7,01	7,55	8,08	8,60	9,64	10,66	11,67	13,63			
600			5,58	6,23	6,87	7,50	8,12	8,74	9,36	9,97	11,17	12,34	13,50	15,74			
700			6,29	7,02	7,74	8,46	9,17	9,87	10,56	11,25	12,60	13,91	15,19	17,66			
800			6,95	7,77	8,57	9,37	10,15	10,93	11,69	12,45	13,92	15,36	16,75	19,39			
900			7,57	8,47	9,35	10,22	11,07	11,92	12,74	13,56	15,15	16,68	18,16	20,92			
1000			8,16	9,12	10,08	11,01	11,93	12,83	13,72	14,58	16,27	17,87	19,41	22,22			
1100			8,70	9,73	10,75	11,75	12,72	13,67	14,61	15,52	17,27	18,93	20,49	23,30			
1200			9,20	10,30	11,37	12,42	13,44	14,44	15,41	16,35	18,15	19,84	21,40	24,12			
1300			9,66	10,82	11,94	13,03	14,10	15,13	16,12	17,09	18,91	20,59	22,12	24,67			
1400			10,08	11,28	12,45	13,58	14,67	15,73	16,74	17,72	19,54	21,18	22,64	24,94			
1500			10,46	11,70	12,90	14,06	15,17	16,24	17,26	18,24	20,03	21,60	22,95	24,91			
1600			10,79	12,06	13,29	14,47	15,60	16,67	17,68	18,64	20,37	21,84	23,04	(24,55)			
1700			11,07	12,37	13,62	14,81	15,93	16,99	17,99	18,91	20,55	21,88	22,89	(23,86)			
1800			11,31	12,63	13,88	15,07	16,18	17,22	18,18	19,07	20,57	21,73	(22,50)	(22,81)			
1900			11,49	12,82	14,08	15,25	16,34	17,35	18,26	19,08	20,43	(21,36)	(21,85)	(21,38)			
2000			11,63	12,96	14,20	15,35	16,41	17,37	18,22	18,96	20,11	(20,77)	(20,93)	(19,56)			
2100			11,71	13,03	14,25	15,37	16,38	17,27	18,04	18,69	(19,60)	(19,96)	(19,72)	(17,32)			
2200			11,73	13,04	14,23	15,30	16,24	17,06	17,74	(18,27)	(18,90)	(18,90)	(18,22)	(14,65)			
2300			11,70	12,98	14,12	15,13	16,00	16,72	(17,29)	(17,69)	(18,00)	(17,59)	(16,41)	(11,53)			
2400			11,61	12,85	13,94	14,88	15,65	(16,26)	(16,70)	(16,95)	(16,89)	(16,02)	(14,27)	(7,94)			
2500			11,47	12,65	13,67	14,52	15,19	(15,67)	(15,96)	(16,04)	(15,57)	(14,18)	(11,81)	(3,86)			
2600			11,25	12,38	13,31	14,06	(14,61)	(14,95)	(15,07)	(14,96)	(14,02)	(12,05)	(8,99)	—			
2700			10,98	12,02	12,87	(13,50)	(13,91)	(14,08)	(14,01)	(13,69)	(12,23)	(9,64)	(5,82)	—			
2800			10,64	11,60	(12,83)	(12,83)	(13,08)	(13,07)	(12,79)	(12,23)	(10,21)	(6,92)	(2,27)	—			
2900			10,23	11,09	(11,70)	(12,05)	(12,12)	(11,91)	(11,40)	(10,58)	(7,94)	(3,90)	—	—			
3000			9,75	(10,49)	(10,96)	(11,15)	(11,03)	(10,60)	(9,83)	(8,72)	(5,41)	(0,54)	—	—			
3100			9,19	(9,81)	(10,13)	(10,13)	(9,80)	(9,12)	(8,08)	(6,66)	(2,61)	—	—	—			
3200			(8,57)	(9,04)	(9,19)	(8,99)	(8,43)	(7,49)	(6,14)	(4,38)	—	—	—	—			
3300			(7,86)	(8,18)	(8,15)	(7,73)	(6,91)	(5,68)	(4,01)	(1,89)	—	—	—	—			
3400			(7,08)	(7,23)	(6,99)	(6,34)	(5,25)	(3,70)	(1,68)	—	—	—	—	—			
3500			(6,22)	(6,18)	(5,72)	(4,81)	(3,43)	(1,55)	—	—	—	—	—	—			
3600			(5,28)	(5,04)	(4,34)	(3,15)	(1,45)	—	—	—	—	—	—	—			
3700			(4,25)	(3,79)	(2,83)	(1,35)	—	—	—	—	—	—	—	—			
3800			(3,13)	(2,44)	(1,21)	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
3900			(1,93)	(0,98)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4000			(0,64)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4100			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4200			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4300			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4400			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4500			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4600			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4700			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4800			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4900			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
5000			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

Fonte: Goodyear (1994).

Figura 13: Potência de transmissão adicional por correia com perfil C

TABELA 11A

PERFIL C

HP ADICIONAL POR CORREIA PARA A RELAÇÃO DE VELOCIDADES (R_T)

HERTZ	RPM DO EIXO MAIS RÁPIDO	R_T	1,00	1,02	1,06	1,12	1,19	1,27	1,39	1,58	1,95	3,39
			a 1,01	a 1,05	a 1,11	a 1,18	a 1,26	a 1,38	a 1,57	a 1,94	a 3,38	e acima
50	720		0,02	0,11	0,26	0,41	0,54	0,68	0,83	0,99	1,16	1,26
	960		0,02	0,15	0,34	0,54	0,72	0,91	1,11	1,32	1,55	1,68
	1440		0,03	0,23	0,51	0,81	1,09	1,36	1,66	1,98	2,33	2,52
	2880		0,07	0,46	1,02	1,62	2,17	2,73	3,33	3,95	4,65	5,04
60	690		0,02	0,11	0,25	0,39	0,52	0,65	0,80	0,95	1,11	1,21
	870		0,02	0,14	0,31	0,49	0,66	0,82	1,00	1,19	1,40	1,52
	1160		0,03	0,19	0,41	0,65	0,88	1,10	1,34	1,59	1,87	2,03
	1750		0,04	0,28	0,62	0,99	1,32	1,66	2,02	2,40	2,83	3,06
	3450		0,08	0,55	1,23	1,95	2,61	3,27	3,98	4,74	5,57	6,04
	100		0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,09	0,12	0,14	0,16	0,17
	200		0,00	0,03	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23	0,27	0,32	0,35
	300		0,01	0,05	0,11	0,17	0,23	0,28	0,35	0,41	0,48	0,52
	400		0,01	0,06	0,14	0,23	0,30	0,38	0,46	0,55	0,65	0,70
	500		0,01	0,08	0,18	0,28	0,38	0,47	0,58	0,69	0,81	0,87
	600		0,01	0,10	0,21	0,34	0,45	0,57	0,69	0,82	0,97	1,05
	700		0,02	0,11	0,25	0,39	0,53	0,66	0,81	0,96	1,13	1,22
	800		0,02	0,13	0,28	0,45	0,60	0,76	0,92	1,10	1,29	1,40
	900		0,02	0,14	0,32	0,51	0,68	0,85	1,04	1,24	1,45	1,57
	1000		0,02	0,16	0,36	0,56	0,76	0,95	1,15	1,37	1,61	1,75
	1100		0,03	0,18	0,39	0,62	0,83	1,04	1,27	1,51	1,78	1,92
	1200		0,03	0,19	0,43	0,68	0,91	1,14	1,39	1,65	1,94	2,10
	1300		0,03	0,21	0,46	0,73	0,98	1,23	1,50	1,78	2,10	2,27
	1400		0,03	0,22	0,50	0,79	1,06	1,33	1,62	1,92	2,26	2,45
	1500		0,04	0,24	0,53	0,85	1,13	1,42	1,73	2,06	2,42	2,62
	1600		0,04	0,26	0,57	0,90	1,21	1,52	1,85	2,20	2,58	2,80
	1700		0,04	0,27	0,60	0,96	1,28	1,61	1,96	2,33	2,74	2,97
	1800		0,04	0,29	0,64	1,02	1,36	1,71	2,08	2,47	2,91	3,15
	1900		0,05	0,30	0,67	1,07	1,43	1,80	2,19	2,61	3,07	3,32
	2000		0,05	0,32	0,71	1,13	1,51	1,89	2,31	2,75	3,23	3,50
	2100		0,05	0,34	0,75	1,18	1,59	1,99	2,42	2,88	3,39	3,67
	2200		0,05	0,35	0,78	1,24	1,66	2,08	2,54	3,02	3,55	3,85
	2300		0,06	0,37	0,82	1,30	1,74	2,18	2,66	3,16	3,71	4,02
	2400		0,06	0,38	0,85	1,35	1,81	2,27	2,77	3,29	3,88	4,20
	2500		0,06	0,40	0,89	1,41	1,89	2,37	2,89	3,43	4,04	4,37
	2600		0,06	0,42	0,92	1,47	1,96	2,46	3,00	3,57	4,20	4,55
	2700		0,07	0,43	0,96	1,52	2,04	2,56	3,12	3,71	4,36	4,72
	2800		0,07	0,45	0,99	1,58	2,11	2,65	3,23	3,84	4,52	4,90
	2900		0,07	0,46	1,03	1,64	2,19	2,75	3,35	3,98	4,68	5,07
	3000		0,07	0,48	1,07	1,69	2,27	2,84	3,46	4,12	4,84	5,25
	3100		0,07	0,50	1,10	1,75	2,34	2,94	3,58	4,26	5,01	5,42
	3200		0,08	0,51	1,14	1,81	2,42	3,03	3,69	4,39	5,17	5,60
	3300		0,08	0,53	1,17	1,86	2,49	3,13	3,81	4,53	5,33	5,77
	3400		0,08	0,54	1,21	1,92	2,57	3,22	3,93	4,67	5,49	5,95
	3500		0,08	0,56	1,24	1,97	2,64	3,32	4,04	4,80	5,65	6,12
	3600		0,09	0,57	1,28	2,03	2,72	3,41	4,16	4,94	5,81	6,30
	3700		0,09	0,59	1,31	2,09	2,79	3,51	4,27	5,08	5,97	6,47
	3800		0,09	0,61	1,35	2,14	2,87	3,60	4,39	5,22	6,14	6,65
	3900		0,09	0,62	1,39	2,20	2,95	3,70	4,50	5,35	6,30	6,82
	4000		0,10	0,64	1,42	2,26	3,02	3,79	4,62	5,49	6,46	7,00
	4100		0,10	0,65	1,46	2,31	3,10	3,88	4,73	5,63	6,62	7,17
	4200		0,10	0,67	1,49	2,37	3,17	3,98	4,85	5,77	6,78	7,35
	4300		0,10	0,69	1,53	2,43	3,25	4,07	4,96	5,90	6,94	7,52
	4400		0,11	0,70	1,56	2,48	3,32	4,17	5,08	6,04	7,10	7,70
	4500		0,11	0,72	1,60	2,54	3,40	4,26	5,20	6,18	7,27	7,87
	4600		0,11	0,73	1,63	2,60	3,47	4,36	5,31	6,31	7,43	8,05
	4700		0,11	0,75	1,67	2,65	3,55	4,45	5,43	6,45	7,59	8,22
	4800		0,12	0,77	1,71	2,71	3,62	4,55	5,54	6,59	7,75	8,40
	4900		0,12	0,78	1,74	2,76	3,70	4,64	5,66	6,73	7,91	8,57
	5000		0,12	0,80	1,78	2,82	3,78	4,74	5,77	6,86	8,07	8,75

Fonte: Goodyear (1994).

Figura 15: Potência de transmissão adicional por correia com perfil B

TABELA 10A

PERFIL B

HP ADICIONAL POR CORREIA PARA A RELAÇÃO DE VELOCIDADES (R_T)

HERTZ	RPM DO EIXO MAIS RÁPIDO	R_T	1,00 a 1,01	1,02 a 1,05	1,06 a 1,11	1,12 a 1,18	1,19 a 1,26	1,27 a 1,38	1,39 a 1,57	1,58 a 1,94	1,95 a 3,38	3,39 e acima
50	720		0,01	0,04	0,09	0,15	0,20	0,25	0,31	0,38	0,46	0,50
	960		0,01	0,06	0,12	0,20	0,27	0,34	0,42	0,51	0,61	0,67
	1440		0,01	0,08	0,19	0,30	0,40	0,51	0,63	0,76	0,91	1,01
	2880		0,03	0,17	0,37	0,60	0,80	1,02	1,26	1,52	1,83	2,02
60	690		0,01	0,04	0,09	0,14	0,19	0,24	0,30	0,36	0,44	0,48
	870		0,01	0,05	0,11	0,18	0,24	0,31	0,38	0,46	0,55	0,61
	1160		0,01	0,07	0,15	0,24	0,32	0,41	0,51	0,61	0,74	0,81
	1750		0,02	0,10	0,23	0,36	0,49	0,62	0,76	0,92	1,11	1,23
	3450		0,03	0,20	0,45	0,71	0,96	1,22	1,50	1,82	2,19	2,42
	100		0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07
	200		0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14
	300		0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,21
	400		0,00	0,02	0,05	0,08	0,11	0,14	0,17	0,21	0,25	0,28
	500		0,00	0,03	0,06	0,10	0,14	0,18	0,22	0,26	0,32	0,35
	600		0,01	0,03	0,08	0,12	0,17	0,21	0,26	0,32	0,38	0,42
	700		0,01	0,04	0,09	0,14	0,20	0,25	0,31	0,37	0,44	0,49
	800		0,01	0,05	0,10	0,17	0,22	0,28	0,35	0,42	0,51	0,56
	900		0,01	0,05	0,12	0,19	0,25	0,32	0,39	0,47	0,57	0,63
	1000		0,01	0,06	0,13	0,21	0,28	0,35	0,44	0,53	0,63	0,70
	1100		0,01	0,06	0,14	0,23	0,31	0,39	0,48	0,58	0,70	0,77
	1200		0,01	0,07	0,15	0,25	0,33	0,42	0,52	0,63	0,76	0,84
	1300		0,01	0,07	0,17	0,27	0,36	0,46	0,57	0,68	0,82	0,91
	1400		0,01	0,08	0,18	0,29	0,39	0,49	0,61	0,74	0,89	0,98
	1500		0,01	0,09	0,19	0,31	0,42	0,53	0,65	0,79	0,95	1,05
	1600		0,01	0,09	0,21	0,33	0,45	0,57	0,70	0,84	1,02	1,12
	1700		0,01	0,10	0,22	0,35	0,47	0,60	0,74	0,90	1,08	1,19
	1800		0,02	0,10	0,23	0,37	0,50	0,64	0,78	0,95	1,14	1,26
	1900		0,02	0,11	0,25	0,39	0,53	0,67	0,83	1,00	1,21	1,33
	2000		0,02	0,12	0,26	0,41	0,56	0,71	0,87	1,05	1,27	1,40
	2100		0,02	0,12	0,27	0,43	0,59	0,74	0,92	1,11	1,33	1,47
	2200		0,02	0,13	0,28	0,45	0,61	0,78	0,96	1,16	1,40	1,54
	2300		0,02	0,13	0,30	0,48	0,64	0,81	1,00	1,21	1,46	1,61
	2400		0,02	0,14	0,31	0,50	0,67	0,85	1,05	1,26	1,52	1,68
	2500		0,02	0,14	0,32	0,52	0,70	0,88	1,09	1,32	1,59	1,75
	2600		0,02	0,15	0,34	0,54	0,72	0,92	1,13	1,37	1,65	1,82
	2700		0,02	0,16	0,35	0,56	0,75	0,95	1,18	1,42	1,71	1,89
	2800		0,02	0,16	0,36	0,58	0,78	0,99	1,22	1,47	1,78	1,96
	2900		0,03	0,17	0,37	0,60	0,81	1,02	1,26	1,53	1,84	2,03
	3000		0,03	0,17	0,39	0,62	0,84	1,06	1,31	1,58	1,90	2,10
	3100		0,03	0,18	0,40	0,64	0,86	1,09	1,35	1,63	1,97	2,17
	3200		0,03	0,18	0,41	0,66	0,89	1,13	1,39	1,68	2,03	2,24
	3300		0,03	0,19	0,43	0,68	0,92	1,17	1,44	1,74	2,09	2,31
	3400		0,03	0,20	0,44	0,70	0,95	1,20	1,48	1,79	2,16	2,38
	3500		0,03	0,20	0,45	0,72	0,98	1,24	1,53	1,84	2,22	2,45
	3600		0,03	0,21	0,46	0,74	1,00	1,27	1,57	1,90	2,28	2,52
	3700		0,03	0,21	0,48	0,76	1,03	1,31	1,61	1,95	2,35	2,59
	3800		0,03	0,22	0,49	0,79	1,06	1,34	1,66	2,00	2,41	2,66
	3900		0,03	0,22	0,50	0,81	1,09	1,38	1,70	2,05	2,47	2,73
	4000		0,03	0,23	0,52	0,83	1,12	1,41	1,74	2,11	2,54	2,80
	4100		0,04	0,24	0,53	0,85	1,14	1,45	1,79	2,16	2,60	2,87
	4200		0,04	0,24	0,54	0,87	1,17	1,48	1,83	2,21	2,67	2,94
	4300		0,04	0,25	0,56	0,89	1,20	1,52	1,87	2,26	2,73	3,01
	4400		0,04	0,25	0,57	0,91	1,23	1,55	1,92	2,32	2,79	3,08
	4500		0,04	0,26	0,58	0,93	1,25	1,59	1,96	2,37	2,86	3,15
	4600		0,04	0,27	0,59	0,95	1,28	1,62	2,00	2,42	2,92	3,22
	4700		0,04	0,27	0,61	0,97	1,31	1,66	2,05	2,47	2,98	3,29
	4800		0,04	0,28	0,62	0,99	1,34	1,70	2,09	2,53	3,05	3,36
	4900		0,04	0,28	0,63	1,01	1,37	1,73	2,14	2,58	3,11	3,43
	5000		0,04	0,29	0,65	1,03	1,39	1,77	2,18	2,63	3,17	3,50

Fonte: Goodyear (1994).

Figura 17: Potência de transmissão adicional por correia com perfil D

TABELA 12A

PERFIL D

HP ADICIONAL POR CORREIA PARA A RELAÇÃO DE VELOCIDADES (R_T)

HERTZ	RPM DO EIXO MAIS RÁPIDO	R_T	1,00 a 1,01	1,02 a 1,05	1,06 a 1,11	1,12 a 1,18	1,19 a 1,26	1,27 a 1,38	1,39 a 1,57	1,58 a 1,94	1,95 a 3,38	3,39 e acima
50	720		0,06	0,41	0,90	1,42	1,90	2,36	2,86	3,36	3,90	4,18
	960		0,08	0,54	1,20	1,90	2,53	3,15	3,81	4,49	5,20	5,58
	1440		0,12	0,81	1,80	2,85	3,79	4,73	5,72	6,73	7,80	8,36
	2880		0,25	1,63	3,60	5,70	7,58	9,46	11,43	13,46	15,60	16,73
60	690		0,06	0,39	0,86	1,36	1,82	2,27	2,74	3,22	3,74	4,01
	870		0,07	0,49	1,09	1,72	2,29	2,86	3,45	4,06	4,71	5,05
	1160		0,10	0,66	1,45	2,29	3,05	3,81	4,61	5,42	6,28	6,74
	1750		0,15	0,99	2,19	3,46	4,61	5,75	6,95	8,18	9,48	10,16
	3450		0,30	1,95	4,32	6,82	9,09	11,33	13,70	16,12	18,69	20,04
	100		0,01	0,06	0,13	0,20	0,26	0,33	0,40	0,47	0,54	0,58
	200		0,02	0,11	0,25	0,40	0,53	0,66	0,79	0,93	1,08	1,16
	300		0,03	0,17	0,38	0,59	0,79	0,99	1,19	1,40	1,62	1,74
	400		0,03	0,23	0,50	0,79	1,05	1,31	1,59	1,87	2,17	2,32
	500		0,04	0,28	0,63	0,99	1,32	1,64	1,99	2,34	2,71	2,90
	600		0,05	0,34	0,75	1,19	1,58	1,97	2,38	2,80	3,25	3,48
	700		0,06	0,40	0,88	1,38	1,84	2,30	2,78	3,27	3,79	4,07
	800		0,07	0,45	1,00	1,58	2,11	2,63	3,18	3,74	4,33	4,65
	900		0,08	0,51	1,13	1,78	2,37	2,96	3,57	4,20	4,87	5,23
	1000		0,09	0,56	1,25	1,98	2,63	3,28	3,97	4,67	5,42	5,81
	1100		0,09	0,62	1,38	2,18	2,90	3,61	4,37	5,14	5,96	6,39
	1200		0,10	0,68	1,50	2,37	3,16	3,94	4,76	5,61	6,50	6,97
	1300		0,11	0,73	1,63	2,57	3,42	4,27	5,16	6,07	7,04	7,55
	1400		0,12	0,79	1,75	2,77	3,69	4,60	5,56	6,54	7,58	8,13
	1500		0,13	0,85	1,88	2,97	3,95	4,93	5,96	7,01	8,12	8,71
	1600		0,14	0,90	2,00	3,16	4,21	5,25	6,35	7,48	8,67	9,29
	1700		0,15	0,96	2,13	3,36	4,48	5,58	6,75	7,94	9,21	9,87
	1800		0,15	1,02	2,25	3,56	4,74	5,91	7,15	8,41	9,75	10,45
	1900		0,16	1,07	2,38	3,76	5,00	6,24	7,54	8,88	10,29	11,03
	2000		0,17	1,13	2,50	3,96	5,27	6,57	7,94	9,34	10,83	11,62
	2100		0,18	1,19	2,63	4,15	5,53	6,90	8,34	9,81	11,37	12,20
	2200		0,19	1,24	2,75	4,35	5,79	7,22	8,73	10,28	11,92	12,78
	2300		0,20	1,30	2,88	4,55	6,06	7,55	9,13	10,75	12,46	13,36
	2400		0,21	1,36	3,00	4,75	6,32	7,88	9,53	11,21	13,00	13,94
	2500		0,21	1,41	3,13	4,94	6,58	8,21	9,93	11,68	13,54	14,52
	2600		0,22	1,47	3,25	5,14	6,85	8,54	10,32	12,15	14,08	15,10
	2700		0,23	1,53	3,38	5,34	7,11	8,87	10,72	12,61	14,62	15,68
	2800		0,24	1,58	3,50	5,54	7,37	9,19	11,12	13,08	15,17	16,26
	2900		0,25	1,64	3,63	5,74	7,64	9,52	11,51	13,55	15,71	16,84
	3000		0,26	1,69	3,75	5,93	7,90	9,85	11,91	14,02	16,25	17,42
	3100		0,27	1,75	3,88	6,13	8,16	10,18	12,31	14,48	16,79	18,00
	3200		0,27	1,81	4,00	6,33	8,43	10,51	12,71	14,95	17,33	18,59
	3300		0,28	1,86	4,13	6,53	8,69	10,84	13,10	15,42	17,87	19,17
	3400		0,29	1,92	4,26	6,72	8,95	11,16	13,50	15,89	18,42	19,75
	3500		0,30	1,98	4,38	6,92	9,22	11,49	13,90	16,35	18,96	20,33
	3600		0,31	2,03	4,51	7,12	9,48	11,82	14,29	16,82	19,50	20,91
	3700		0,32	2,09	4,63	7,32	9,74	12,15	14,69	17,29	20,04	21,49
	3800		0,33	2,15	4,76	7,52	10,01	12,48	15,09	17,75	20,58	22,07
	3900		0,33	2,20	4,88	7,71	10,27	12,81	15,48	18,22	21,12	22,65
	4000		0,34	2,26	5,01	7,91	10,53	13,14	15,88	18,69	21,67	23,23
	4100		0,35	2,32	5,13	8,11	10,80	13,46	16,28	19,16	22,21	23,81
	4200		0,36	2,37	5,26	8,31	11,06	13,79	16,68	19,62	22,75	24,39
	4300		0,37	2,43	5,38	8,50	11,32	14,12	17,07	20,09	23,29	24,97
	4400		0,38	2,49	5,51	8,70	11,59	14,45	17,47	20,56	23,83	25,55
	4500		0,38	2,54	5,63	8,90	11,85	14,78	17,87	21,02	24,37	26,14
	4600		0,39	2,60	5,76	9,10	12,11	15,11	18,26	21,49	24,92	26,72
	4700		0,40	2,65	5,88	9,30	12,38	15,43	18,66	21,96	25,46	27,30
	4800		0,41	2,71	6,01	9,49	12,64	15,76	19,06	22,43	26,00	27,88
	4900		0,42	2,77	6,13	9,69	12,90	16,09	19,45	22,89	26,54	28,46
	5000		0,43	2,82	6,26	9,89	13,17	16,42	19,85	23,36	27,08	29,04

Fonte: Goodyear (1994).

Figura 18: Potência de transmissão por correia**Tabela 17-12**

Estimativas de potência (kW) de correias em V padronizadas.

Seção da correia	Diâmetro primitivo de roldana, mm	Velocidade da correia, m/s				
		5	10	15	20	25
A	65	0,35	0,46	0,40	0,11	
	75	0,49	0,75	0,84	0,69	0,28
	85	0,60	0,98	1,17	1,64	0,84
	95	0,69	1,16	1,43	1,49	1,28
	105	0,77	1,30	1,64	1,78	1,63
	115	0,83	1,41	1,82	2,01	1,93
B	acima de 125	0,87	1,51	1,97	2,21	2,16
	105	0,80	1,18	1,25	0,94	0,16
	115	0,95	1,48	1,71	1,55	0,92
	125	1,07	1,74	2,09	2,06	1,57
	135	1,19	1,95	2,42	2,49	2,10
	145	1,28	2,14	2,69	2,87	2,57
	155	1,36	2,31	2,94	3,19	2,98
	165	1,43	2,45	3,16	3,48	3,34
C	acima de 175	1,50	2,58	3,35	3,74	3,66
	150	1,37	1,98	2,03	1,40	
	175	1,85	2,94	3,46	3,31	2,33
	200	2,21	3,66	4,54	4,74	4,12
	225	2,49	4,21	5,38	5,86	5,51
	250	2,72	4,66	6,05	7,16	6,63
	275	2,89	5,03	6,59	7,46	7,53
	acima de 300	3,05	5,33	7,06	8,13	8,28
D	250	3,09	4,57	4,89	3,80	1,01
	275	3,73	5,84	6,80	6,34	4,19
	300	4,26	6,91	8,36	8,50	6,85
	325	4,71	7,83	9,70	10,30	9,10
	350	5,09	8,58	10,89	11,79	11,04
	375	5,42	9,25	11,86	13,13	12,68
	400	5,71	9,85	12,76	14,32	14,17
	acima de 425	5,98	10,37	13,50	15,37	15,44
E	400	6,48	10,44	13,06	13,50	11,41
	450	7,40	12,46	15,82	17,16	16,04
	500	8,13	13,95	18,05	20,07	19,69
	550	8,73	15,14	19,84	22,53	22,75
	600	9,25	16,11	21,34	24,54	25,22
	650	9,70	17,01	22,60	26,19	27,38
	acima de 700	10,00	17,68	23,72	27,68	29,17

Fonte: Budynas e Nisbett (2011).

O ângulo de abraçamento ϕ é dado pela Equação 16:

$$\phi = \theta_d = \pi - 2\text{sen}^{-1} \left[\frac{D-d}{2C} \right] \quad (16)$$

onde, C é distância entre centros calculada, π é uma constante, D é o diâmetro da polia maior e d é o diâmetro da polia menor (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

2.4 Principais Causas das Falhas em Correias de Transmissão

As correias de transmissão no momento de operação, estão sujeitas às forças de atrito e de tração. As forças de atrito promovem calor e desgaste, já as forças de tração implicam em folgas nas correias. Além destes fatores, elas estão sujeitas às condições do meio como umidade, poeira, resíduos, substâncias químicas [...] (BUDYNAS; NISBETT, 2011). Além desses fatores, no presente trabalho, o sal também pode agredi-las.

2.5 Planos de Manutenção Preventiva

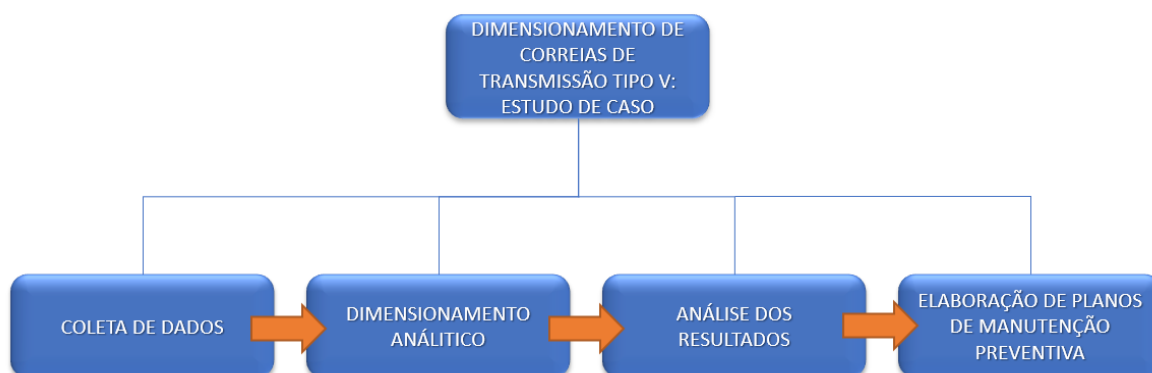
Plano de manutenção preventiva é um documento padrão que ordena todas as etapas da manutenção preventiva, bem como a sua frequência, periodicidade, localização do equipamento, materiais e peças que deverão ser utilizados e quem são os profissionais responsáveis pela execução das atividades [...] (ENGETELES, 2019).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Como procedimento técnico, optou-se pelo estudo de caso que se classifica como de natureza aplicada, pois executa na prática conhecimentos para a solução de problemas (PRODANOV; FREITAS, 2013). É um tipo de pesquisa que consiste em coletar e analisar informações. Nesse sentido, a presente pesquisa será concebida por meio da abordagem quali-quantitativa, que segundo Prodanov e Freitas (2013), a qualitativa é denominada como descritiva e utiliza o ambiente como fonte direta para coleta de dados, interpretação de fenômenos e atribuição de significados, já a quantitativa procura traduzir em números os conhecimentos gerados pelo pesquisador.

Desse modo, a metodologia da pesquisa seguiu conforme as etapas ilustradas na Figura 19 e descritas nos subtópicos a seguir:

Figura 19: Fluxograma da metodologia



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

3.1 Coleta de dados

Os dados necessários para o desenvolvimento da pesquisa, tais como: diâmetro das polias; número de correias; distâncias de centro; rotação; potência do motor e período de operação, dos equipamentos dispostos conforme mostra a Figura 20, foram coletados nas instalações da sede Salina Unidos da empresa Salinor – Salinas do Nordeste, lotada no município de Macau, interior do estado do Rio Grande do Norte, sendo estes:

Figura 20: Disposição dos equipamentos na planta da empresa, que utilizam transmissão por correias em “v”



Fonte: adaptada do Google (2021).

- 4 Moinhos de martelos alocados no setor de moagem na sede da empresa (Figuras 21-24);
- 1 Moinho de martelos alocado no setor de beneficiamento na sede empresa (Figura 25);
- 3 Moinhos de barras alocados no setor de beneficiamento na sede da empresa (Figuras 26-28);
- 2 Bombas de distribuição localizadas na região do E7 (Figura 29);
- 3 Bombas de distribuição localizadas na região popularmente conhecida como Furado (Figura 30);
- 1 Bomba de distribuição localizada na região popularmente conhecida como Gamboa dos barcos (Figura 31);
- 1 Bomba de captação localizada na região popularmente conhecida como Alazão (Figura 32);
- 3 Bombas de distribuição localizadas na central elevatória da empresa (Figura 33).

Figura 21: Moinho de martelos 01 (moagem)



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 22: Moinho de martelos 02 (moagem)



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 23: Moinho de martelos 03 (moagem)



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 24: Moinho de martelos 04 (moagem)



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 25: Moinho de martelos 05 (beneficiamento)



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 26: Moinho de barras 06 (beneficiamento)



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 27: Moinho de barras 07 (beneficiamento)



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 28: Moinho de barras 08 (beneficiamento)



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 29: Bombas do E7 (01 a esquerda e 02 a direita)



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 30: Bombas do furado (da esquerda para a direita 03, 04 e 05)



Fonte: Autoria própria (2021).

Obs. no momento do registro (Figura 31) a bomba nº 04 estava no setor de manutenção da empresa.

Figura 31: Bomba da gamboa dos barcos (06)



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 32: Bomba do alazão (07)



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 33: Bombas da central elevatória (08, 09, 10)



Fonte: Autoria própria (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para realizar o dimensionamento de forma analítica das transmissões por correias foram obtidos os dados do diâmetro das polias; número de correias; seção das correias; distâncias de centro; rotação; potência do motor e período de operação de 18 equipamentos (Figura 21 à Figura 33) das instalações da sede Salina Unidos da empresa Salinor – Salinas do Nordeste em Macau-RN conforme mostram as Tabelas de 1 a 7.

Tabela 1: Dados dos moinhos do setor de moagem

Dados	Moinho 01	Moinho 02	Moinho 03	Moinho 04
Diâmetro da polia motora (mm)	400	400	400	400
Diâmetro da polia movida (mm)	240	270	220	220
Distância entre centros (mm)	1650	1600	1400	1400
Número de correias	6	6	6	6
Seção das correias	C	C	C	C
Rotação do motor (rpm)	1750	1750	1750	1750
Potência do motor (Cv)	100	100	100	100
Período de operação (h)	20	20	20	20

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 2: Dados dos moinhos do setor de beneficiamento

Dados	Moinho 05	Moinho 06	Moinho 07	Moinho 08
Diâmetro da polia motora (mm)	400	300	260	330
Diâmetro da polia movida (mm)	210	210	200	300
Distância entre centros (mm)	1300	1380	1030	1060
Número de correias	5	4	3	3
Seção das correias	C	C	B	B
Rotação do motor (rpm)	1750	1750	1750	1750
Potência do motor (Cv)	75	75	30	30
Período de operação (h)	24	24	24	24

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 3: Dados das bombas do E7

Dados	Bomba 01	Bomba 02
Diâmetro da polia motora (mm)	300	300
Diâmetro da polia movida (mm)	600	600
Distância entre centros (mm)	950	950
Número de correias	5	5
Seção das correias	C	C
Rotação do motor (rpm)	1750	1750
Potência do motor (Cv)	75	75
Período de operação (h)	8	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 4: Dados das bombas do furado

Dados	Bomba 03	Bomba 04	Bomba 05
Diâmetro da polia motora (mm)	270	270	270
Diâmetro da polia movida (mm)	640	640	640
Distância entre centros (mm)	1060	1060	1060
Número de correias	6	6	6
Seção das correias	D	D	D
Rotação do motor (rpm)	1750	1750	1750
Potência do motor (Cv)	150	150	150
Período de operação (h)	8	8	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 5: Dados da bomba da gamboa dos barcos

Diâmetro da polia motora (mm)	190
Diâmetro da polia movida (mm)	700
Distância entre centros (mm)	1000
Número de correias	5
Seção das correias	C
Rotação do motor (rpm)	1750
Potência do motor (Cv)	75
Período de operação (h)	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 6: Dados da bomba do alazão

Diâmetro da polia motora (mm)	320
Diâmetro da polia movida (mm)	620
Distância entre centros (mm)	900
Número de correias	12
Seção das correias	C
Rotação do motor (rpm)	1750
Potência do motor (Cv)	150
Período de operação (h)	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 7: Dados das bombas da central elevatória

Dados	Bomba 08	Bomba 09	Bomba 10
Diâmetro da polia motora (mm)	320	320	320
Diâmetro da polia movida (mm)	620	620	620
Distância entre centros (mm)	1050	1050	1050
Número de correias	5	5	5
Seção das correias	D	D	D
Rotação do motor (rpm)	1200	1200	1200
Potência do motor (Cv)	125	125	125
Período de operação (h)	8	8	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.1 Dimensionamento analítico

Após coletar os dados dos 18 equipamentos e de acordo com as bibliografias levantadas, foram feitos os devidos cálculos através da metodologia de dimensionamento de transmissão de correias desenvolvida pelos autores Budynas e Nisbett (2011).

Através das equações e das Figuras apresentadas no tópico 2.4 do referencial teórico deste trabalho, a fim de demonstrar o passo a passo do dimensionamento, vamos apresentar abaixo os cálculos realizados para dimensionar a transmissão por correias do Moinho 01, de acordo com os dados obtidos na Tabela 1:

Pela Equação 3 temos a rotação do moinho:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow n_2 = \frac{400}{240} * 1750 = 2916,6 \text{ rpm}$$

Com isso, a velocidade linear (Equação 2) para as correias é igual a:

$$V = \pi * 0,24 * \frac{2916,6}{60} = 36,65 \text{ m/s}$$

Agora encontrando o comprimento mínimo necessário (Equação 4):

$$L_{min} = 2 * 1650 + \pi \frac{400 + 240}{2} + \frac{(400 - 240)^2}{4 * 1650} = 4309,18 \text{ mm}$$

Já que a potência do motor é igual a 73,55 kW, de acordo com a Figura 3, optou-se por utilizar a correia V tipo C (a mesma utilizada no equipamento sem dimensionamento), e pela Figura 4 o comprimento da correia mais próximo (para cima) do valor encontrado é a C4350 ($L = 4350 \text{ mm}$).

Com isso, será ajustado o comprimento primitivo de acordo com a Figura 5 ($L_c = 72 \text{ mm}$), e posteriormente calcular a nova distância entre centros, uma vez que terá de ser ajustado por conta da correia selecionada.

$$L_p = 4350 + 72 = 4422 \text{ mm}$$

Pela Equação 6, temos:

$$C = 0,25 * \left\{ \left[4,422 - \frac{\pi}{2} * (0,4 + 0,24) \right] + \sqrt{\left[4,422 - \frac{\pi}{2} * (0,4 + 0,24) \right]^2 - 2 * (0,4 - 0,24)^2} \right\}$$

$$C = 1,7065 \text{ m} = 1706,5 \text{ mm}$$

Calculando a força centrífuga (Equação 11), e pela Figura 7 com a seção C temos $K_c = 1,716$, logo:

$$F_c = 1,716 * \left(\frac{36,65}{2,4} \right)^2 = 400,17 \text{ N}$$

De acordo com o período de operação e as condições de trabalho, utilizando as Figuras 8 e 9 temos o fator de serviço $K_S = 1,8$ (20 horas; ambiente poeirento; ambiente úmido; polia motriz com diâmetro maior que o da polia conduzida) e o fator de projeto $n_d = 1$. Vamos calcular a potência de projeto dada pela Equação 13:

$$H_d = 73,55 * 1,8 * 1 = 132,39 \text{ kW}$$

Calculando o ângulo de abraçamento ϕ , dado pela Equação 16:

$$\phi = 3,14 - 2\text{sen}^{-1} \left[\frac{400 - 240}{2 * (1706,5)} \right] = 3,05 \text{ rad} = \frac{3,05 * 180}{\pi} = 174,75^\circ$$

Interpolando na Figura 10, temos $K_1 = 0,9908$, pela Figura 11 temos $K_2 = 1,05$, interpolando na Figura 12 a rotação do moinho (2916,6 rpm) para a polia de 240 mm ou 9,4", temos a potência por correia de 11,9 Hp, já a potência adicional por correia dada pela Figura 13 é de 4 hp, o que nos dá um $H_{tab} = 11,86 \text{ kW}$, logo:

$$H_a = 0,9908 * 1,05 * 11,86 = 12,34 \text{ kW}$$

Portanto:

$$N_b \geq \frac{132,39}{12,34} = 10,72 \rightarrow 11$$

$$\Delta F = \frac{132390/11}{\pi * \frac{2916,6}{60} * 0,240} = 328,38 \text{ N}$$

Agora calculando a tração máxima, temos:

$$F_1 = 400,17 + \frac{328,38 * \exp(0,5123 * 3,05)}{\exp(0,5123 * 3,05) - 1}$$

$$F_1 = 815,63 \text{ N}$$

Pela Figura 7, e para a seção de correia C temos $K_b = 180$. Logo:

$$T_1 = F_1 + \frac{K_b}{d} = 815,63 + \frac{180}{0,240}$$

$$T_1 = 1565,63 \text{ N}$$

$$T_2 = F_1 + \frac{K_b}{D} = 815,63 + \frac{180}{0,4}$$

$$T_2 = 1265,63 \text{ N}$$

Os parâmetros de durabilidade K e b são dados pela Figura 6, e para a seção de correia C temos K=9069 e b=11,173 respectivamente. Portanto:

$$N_p = \left[\left(\frac{9069}{1565,63} \right)^{-11,173} + \left(\frac{9069}{1265,63} \right)^{-11,173} \right]^{-1} = 3,05 * 10^8 \text{ voltas}$$

Assim o ciclo de vida do conjunto de correias é de:

$$t = \frac{3,05 * 10^8 * 4,422}{3600 * 36,65} = 10225,94 \text{ h}$$

ou, 14 meses.

Agora para calcular o ciclo de vida com a quantidade atual de correias, temos:

$$\Delta F = \frac{132390/6}{\pi * \frac{2916,6}{60} * 0,240} = 602,03 \text{ N}$$

$$F_1 = 400,17 + \frac{602,03 * \exp(0,5123 * 3,05)}{\exp(0,5123 * 3,05) - 1}$$

$$F_1 = 1161,86 \text{ N}$$

$$T_1 = F_1 + \frac{K_b}{d} = 1161,86 + \frac{180}{0,240}$$

$$T_1 = 1911,86 \text{ N}$$

$$T_2 = F_1 + \frac{K_b}{D} = 1161,86 + \frac{180}{0,4}$$

$$T_2 = 1611,86 \text{ N}$$

$$N_p = \left[\left(\frac{9069}{1911,86} \right)^{-11,173} + \left(\frac{9069}{1611,86} \right)^{-11,173} \right]^{-1} = 3,12 * 10^7 \text{ voltas}$$

$$t = \frac{3,12 * 10^7 * 4,422}{3600 * 36,65} = 1045,68 \text{ h}$$

ou, 1,43 meses.

Feito isso, para otimizar o dimensionamento para os demais equipamentos, os cálculos restantes foram feitos através da ferramenta computacional Excel, conforme as Tabelas 8-28:

Tabela 8: Dimensionamento da transmissão por correias do Moinho 02

DADOS INICIAIS		VALORES	
D (mm)		400	
d (mm)		270	
n1 (rpm)		1750	
n2 (rpm)		2592,59	
Hnom (kW)		73,55	
C1 (mm)		1600	
nd		1	
DADOS DE ACORDO COM O REFERENCIAL TEÓRICO		VALORES	
L (mm)		4350	
Lc (mm)		72	
Ks		1,8	
Kc		1,716	
K1		0,9922	
K2		1,05	
Htab (kW)		13,52	
f		0,5123	
Kb		180	
K		9069	
b		11,173	

PARÂMETROS	RESULTADOS
V (m/s)	36,65
Lmin (mm)	4255,07
Lp (mm)	4422
C2 (mm)	1683,5
Fc (N)	400,21
Hd (kW)	132,39
ϕ (° graus)	175,57
Ha (kW)	14,09
Nb	9,40
Nb selec	10
Delta F (N)	361,21
F1 (N)	856,32
T1 (N)	1522,99
T2 (N)	1306,32
Np (voltas)	3,85E+08
t (horas)	12908,02
t (meses)	17,7

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 9: Ciclo de vida das correias do Moinho 02 com a quantidade atual

Nb selec	6
Delta F (N)	602,01
F1 (N)	1160,40
T1 (N)	1827,07
T2 (N)	1610,40
Np (voltas)	4,78E+07
t (horas)	1601,81
t (meses)	2,2

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 10: Dimensionamento da transmissão por correias do Moinho 03 e 04

DADOS INICIAIS		VALORES	
D (mm)		400	
d (mm)		220	
n1 (rpm)		1750	
n2 (rpm)		3181,82	
Hnom (kW)		73,55	
C1 (mm)		1400	
nd		1	
DADOS DE ACORDO COM O REFERENCIAL TEÓRICO		VALORES	
L (mm)		3950	
Lc (mm)		72	
Ks		1,8	
Kc		1,716	
K1		0,996	
K2		1	
Htab (kW)		10,35	
f		0,5123	
Kb		180	
K		9069	
b		11,173	

PARÂMETROS	RESULTADOS
V (m/s)	36,65
Lmin (mm)	3779,68
Lp (mm)	4022
C2 (mm)	1521,4
Fc (N)	400,21
Hd (kW)	132,39
ϕ (°graus)	173,22
Ha (kW)	10,31
Nb	12,84
Nb selec	13
Delta F (N)	277,85
F1 (N)	753,04
T1 (N)	1571,22
T2 (N)	1203,04
Np (voltas)	3,05E+08
t (horas)	9307,60
t (meses)	12,8

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 11: Ciclo de vida das correias dos Moinhos 03 e 04 com a quantidade atual

Nb selec	6
Delta F (N)	602,01
F1 (N)	1164,68
T1 (N)	1982,86
T2 (N)	1614,68
Np (voltas)	2,17E+07
t (horas)	659,96
t (meses)	0,9

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 12: Dimensionamento da transmissão por correias do Moinho 05

DADOS INICIAIS		VALORES	
D (mm)		400	
d (mm)		210	
n1 (rpm)		1750	
n2 (rpm)		3333,33	
Hnom (kW)		55,1624	
C1 (mm)		1300	
nd		1	
DADOS DE ACORDO COM O REFERENCIAL TEÓRICO		VALORES	
L (mm)		3600	
Lc (mm)		72	
Ks		1,8	
Kc		1,716	
K1		0,99	
K2		1	
Htab (kW)		9,27	
f		0,5123	
Kb		180	
K		9069	
b		11,173	

PARÂMETROS	RESULTADOS
V (m/s)	36,65
Lmin (mm)	3565,13
Lp (mm)	3672
C2 (mm)	1353,6
Fc (N)	400,21
Hd (kW)	99,29
ϕ (°graus)	171,95
Ha (kW)	9,18
Nb	10,82
Nb selec	11
Delta F (N)	246,28
F1 (N)	713,91
T1 (N)	1571,05
T2 (N)	1163,91
Np (voltas)	3,10E+08
t (horas)	8636,13
t (meses)	11,8

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 13: Ciclo de vida das correias do Moinho 05 com a quantidade atual

Nb selec	5
Delta F (N)	541,81
F1 (N)	1090,35
T1 (N)	1947,49
T2 (N)	1540,35
Np (voltas)	2,72E+07
t (horas)	755,95
t (meses)	1,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 14: Dimensionamento da transmissão por correias do Moinho 06

DADOS INICIAIS	VALORES
D (mm)	300
d (mm)	210
n1 (rpm)	1750
n2 (rpm)	2500,00
Hnom (kW)	55,1624
C1 (mm)	1380
nd	1
DADOS DE ACORDO COM O REFERENCIAL TEÓRICO	VALORES
L (mm)	3600
Lc (mm)	72
Ks	1,8
Kc	1,716
K1	0,995
K2	1
Htab (kW)	11,58
f	0,5123
Kb	180
K	9069
b	11,173

PARÂMETROS	RESULTADOS
V (m/s)	27,49
Lmin (mm)	3562,57
Lp (mm)	3672
C2 (mm)	1434,7
Fc (N)	225,12
Hd (kW)	99,29
ϕ (°graus)	176,41
Ha (kW)	11,52
Nb	8,62
Nb selec	9
Delta F (N)	401,34
F1 (N)	730,93
T1 (N)	1588,07
T2 (N)	1330,93
Np (voltas)	2,50E+08
t (horas)	9277,55
t (meses)	12,7

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 15: Ciclo de vida das correias do Moinho 06 com a quantidade atual

Nb selec	4
Delta F (N)	903,02
F1 (N)	1363,19
T1 (N)	2220,33
T2 (N)	1963,19
Np (voltas)	5,38E+06
t (horas)	199,46
t (meses)	0,3

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para os Moinhos 07 e 08 vamos alterar a seção da correia para C, uma vez que o intervalo de utilização em kW para correias de seção B é de 0,7-18,5 (Figura 3) e os moinhos em questão trabalham com um motor de 22,065 kW (30 cv).

Tabela 16: Dimensionamento da transmissão por correias do Moinho 07

DADOS INICIAIS	VALORES
D (mm)	260
d (mm)	200
n1 (rpm)	1750
n2 (rpm)	2275,00
Hnom (kW)	22,065
C1 (mm)	1030
nd	1
Seção da correia	C
DADOS DE ACORDO COM O REFERENCIAL TEÓRICO	VALORES
L (mm)	2800
Lc (mm)	72
Ks	1,8
Kc	1,716
K1	0,994
K2	1
Htab (kW)	7,06
f	0,5123
Kb	180
K	9069
b	11,173

PARÂMETROS	RESULTADOS
V (m/s)	23,82
Lmin (mm)	2783,44
Lp (mm)	2872
C2 (mm)	1074,3
Fc (N)	169,09
Hd (kW)	39,72
ϕ (° graus)	176,80
Ha (kW)	7,02
Nb	5,66
Nb selec	6
Delta F (N)	277,85
F1 (N)	518,94
T1 (N)	1418,94
T2 (N)	1211,25
Np (voltas)	8,56E+08
t (horas)	28665,08
t (meses)	39,3

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 17: Ciclo de vida das correias do Moinho 07 com a quantidade atual e seção de correia C

Nb selec	3
Delta F (N)	555,71
F1 (N)	868,80
T1 (N)	1768,80
T2 (N)	1561,11
Np (voltas)	6,85E+07
t (horas)	2292,26
t (meses)	3,1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 18: Dimensionamento da transmissão por correias do Moinho 08

DADOS INICIAIS	VALORES
D (mm)	330
d (mm)	300
n1 (rpm)	1750
n2 (rpm)	1925,00
Hnom (kW)	22,065
C1 (mm)	1060
nd	1
Seção da correia	C
DADOS DE ACORDO COM O REFERENCIAL TEÓRICO	VALORES
L (mm)	3200
Lc (mm)	72
Ks	1,8
Kc	1,716
K1	0,997
K2	1
Htab (kW)	15,68
f	0,5123
Kb	180
K	9069
b	11,173

PARÂMETROS	RESULTADOS
V (m/s)	30,24
Lmin (mm)	3109,81
Lp (mm)	3272
C2 (mm)	1141,1
Fc (N)	272,39
Hd (kW)	39,72
φ (°graus)	178,49
Ha (kW)	15,63
Nb	2,54
Nb selec	3
Delta F (N)	437,83
F1 (N)	821,54
T1 (N)	1421,54
T2 (N)	1367,00
Np (voltas)	5,97E+08
t (horas)	17930,62
t (meses)	24,6

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 19: Dimensionamento da transmissão por correias das bombas do E7

DADOS INICIAIS		VALORES		PARÂMETROS		RESULTADOS	
D (mm)		600		V (m/s)		27,49	
d (mm)		300		Lmin (mm)		3337,40	
n1 (rpm)		1750		Lp (mm)		3682	
n2 (rpm)		875,00		C2 (mm)		1124,1	
Hnom (kW)		55,1624		Fc (N)		458,89	
C1 (mm)		950		Hd (kW)		66,19	
nd		1		ϕ (° graus)		164,66	
Seção da correia		D		Ha (kW)		6,95	
DADOS DE ACORDO COM O REFERENCIAL TEÓRICO		VALORES					
L (mm)		3600		Nb		9,53	
Lc (mm)		82		Nb selec		10	
Ks		1,2		Delta F (N)		240,81	
Kc		3,498		F1 (N)		771,38	
K1		0,965		T1 (N)		2911,38	
K2		0,9		T2 (N)		1841,38	
Htab (kw)		8		Np (voltas)		9,42E+08	
f		0,5123		t (horas)		35045,12	
Kb		642		t (meses)		48,0	
K		18726					
b		11,105					

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 20: Ciclo de vida das correias das bombas do E7 com a quantidade atual

Nb selec	5
Delta F (N)	481,61
F1 (N)	1083,87
T1 (N)	3223,87
T2 (N)	2153,87
Np (voltas)	3,02E+08
t (horas)	11238,00
t (meses)	15,4

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 21: Dimensionamento da transmissão por correias das bombas do furado

DADOS INICIAIS	VALORES
D (mm)	640
d (mm)	270
n1 (rpm)	1750
n2 (rpm)	738,28
Hnom (kW)	111,85
C1 (mm)	1060
nd	1
Seção da correia	D
DADOS DE ACORDO COM O REFERENCIAL TEÓRICO	VALORES
L (mm)	3600
Lc (mm)	82
Ks	1,2
Kc	3,498
K1	0,965
K2	0,9
Htab (kw)	3,67
f	0,5123
Kb	642
K	18726
b	11,105

PARÂMETROS	RESULTADOS
V (m/s)	24,74
Lmin (mm)	3581,71
Lp (mm)	3682
C2 (mm)	1110,9
Fc (N)	371,70
Hd (kW)	134,22
ϕ (°graus)	160,83
Ha (kW)	3,19
Nb	42,11
Nb selec	43
Delta F (N)	126,17
F1 (N)	537,15
T1 (N)	2914,93
T2 (N)	1540,27
Np (voltas)	9,34E+08
t (horas)	38621,45
t (meses)	52,9

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 22: Ciclo de vida das correias das bombas do furado com a quantidade atual

Nb selec	6
Delta F (N)	904,20
F1 (N)	1557,39
T1 (N)	3935,17
T2 (N)	2560,51
Np (voltas)	3,31E+07
t (horas)	1368,23
t (meses)	1,87

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 23: Dimensionamento da transmissão por correias da bomba da gamboa dos barcos

DADOS INICIAIS	VALORES
D (mm)	700
d (mm)	190
n1 (rpm)	1750
n2 (rpm)	475,00
Hnom (kW)	55,1624
C1 (mm)	1000
nd	1
Seção da correia	C
DADOS DE ACORDO COM O REFERENCIAL TEÓRICO	VALORES
L (mm)	3600
Lc (mm)	72
Ks	1,2
Kc	1,716
K1	0,965
K2	1
Htab (kw)	4,16
f	0,5123
Kb	180
K	9069
b	11,173

PARÂMETROS	RESULTADOS
V (m/s)	17,41
Lmin (mm)	3463,03
Lp (mm)	3672
C2 (mm)	1107,6
Fc (N)	90,30
Hd (kW)	66,19
ϕ (°graus)	153,38
Ha (kW)	4,01
Nb	16,49
Nb selec	17
Delta F (N)	223,66
F1 (N)	390,01
T1 (N)	1337,37
T2 (N)	647,15
Np (voltas)	1,94E+09
t (horas)	113727,93
t (meses)	155,8

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 24: Ciclo de vida das correias da bomba da gamboa dos barcos com a quantidade atual

Nb selec	5
Delta F (N)	760,44
F1 (N)	1109,31
T1 (N)	2056,67
T2 (N)	1366,45
Np (voltas)	1,57E+07
t (horas)	918,63
t (meses)	1,26

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 25: Dimensionamento da transmissão por correias da bomba do alazão

DADOS INICIAIS	VALORES
D (mm)	620
d (mm)	320
n1 (rpm)	1750
n2 (rpm)	903,23
Hnom (kW)	111,85
C1 (mm)	1000
nd	1
Seção da correia	C
DADOS DE ACORDO COM O REFERENCIAL TEÓRICO	VALORES
L (mm)	3600
Lc (mm)	72
Ks	1,2
Kc	1,716
K1	0,965
K2	1
Htab (kw)	15,34
f	0,5123
Kb	180
K	9069
b	11,173

PARÂMETROS	RESULTADOS
V (m/s)	29,32
Lmin (mm)	3499,05
Lp (mm)	3672
C2 (mm)	1087,4
Fc (N)	256,13
Hd (kW)	134,22
φ (°graus)	164,14
Ha (kW)	14,80
Nb	9
Nb selec	9
Delta F (N)	508,61
F1 (N)	917,07
T1 (N)	1479,57
T2 (N)	1207,40
Np (voltas)	5,69E+08
t (horas)	19799,16
t (meses)	27,1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 26: Ciclo de vida das correias da bomba do alazão com a quantidade atual

Nb selec	12
Delta F (N)	381,46
F1 (N)	751,84
T1 (N)	1314,34
T2 (N)	1042,16
Np (voltas)	2,19E+09
t (horas)	76307,98
t (meses)	104,5

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 27: Dimensionamento da transmissão por correias das bombas da central elevatória

DADOS INICIAIS	VALORES
D (mm)	640
d (mm)	320
n1 (rpm)	1750
n2 (rpm)	875,00
Hnom (kW)	91,9373
C1 (mm)	1050
nd	1
Seção da correia	D
DADOS DE ACORDO COM O REFERENCIAL TEÓRICO	VALORES
L (mm)	3950
Lc (mm)	82
Ks	1,2
Kc	3,498
K1	0,966
K2	0,9
Htab (kw)	24,81
f	0,5123
Kb	642
K	18726
b	11,105

PARÂMETROS	RESULTADOS
V (m/s)	29,32
Lmin (mm)	3632,35
Lp (mm)	4032
C2 (mm)	1251,8
Fc (N)	522,12
Hd (kW)	110,32
ϕ (° graus)	165,31
Ha (kW)	21,57
Nb	5,11
Nb selec	6
Delta F (N)	627,10
F1 (N)	1334,49
T1 (N)	3340,74
T2 (N)	2337,62
Np (voltas)	2,02E+08
t (horas)	7710,76
t (meses)	10,6

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 28: Ciclo de vida das correias das bombas da central elevatória com a quantidade atual

Nb selec	5
Delta F (N)	752,52
F1 (N)	1496,97
T1 (N)	3503,22
T2 (N)	2500,09
Np (voltas)	1,19E+08
t (horas)	4529,96
t (meses)	6,2

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.2 Análise dos Resultados

Com os resultados do dimensionamento analítico (Tópico 4.1) foi possível verificar que 17 equipamentos estão com as transmissões de potência subdimensionadas e que 1 encontra-se superdimensionado, dito isso, vamos analisar a necessidade e a viabilidade de alteração/adequação das transmissões de potência referente aos equipamentos de estudo.

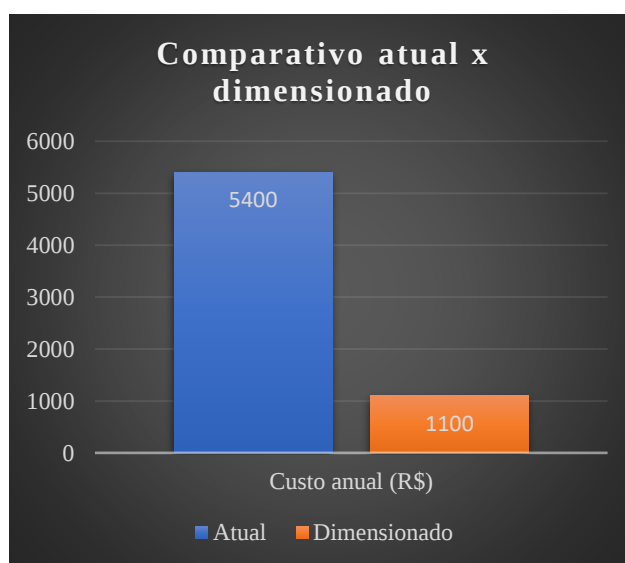
Para a realização das análises, com os dados referentes ao ciclo de vida atual e o ciclo de vida dimensionado, levou-se em consideração: o período de operação de 1 ano, o custo de cada correia igual a R\$ 100,00, e a validade das correias de 1 ano. Também foi desconsiderado o custo com alteração das polias (em consequência do aumento de gornes para alguns equipamentos). Sendo assim, foi calculado o custo anual de acordo com a quantidade de substituições de correias (Tabelas 29-39) na situação atual *versus* dimensionado para cada equipamento (Gráficos 1-11).

Tabela 29: Parâmetros para calcular o custo anual com correias do Moinho 01

Parâmetros	Atual	Dimensionado
Nº de correias	6	11
Ciclo de vida (meses)	2,7	14
Substituições p/ano	9	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Gráfico 1: Custo anual para o Moinho 01

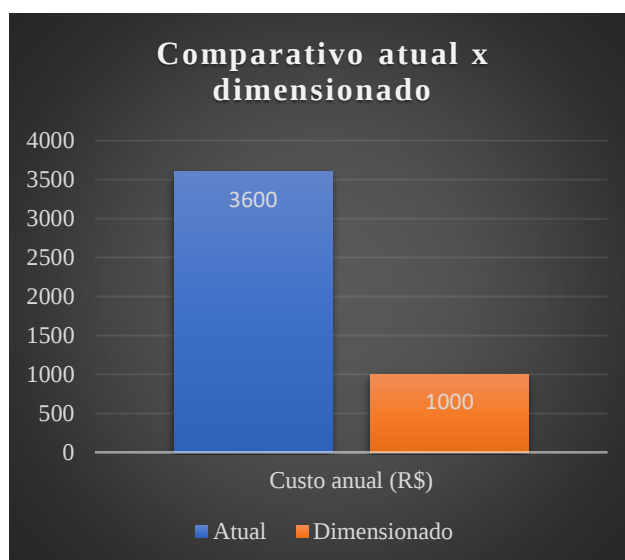


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 30: Parâmetros para calcular o custo anual com correias do Moinho 02

Parâmetros	Atual	Dimensionado
Nº de correias	6	10
Ciclo de vida (meses)	2,2	17,7
Substituições p/ano	6	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

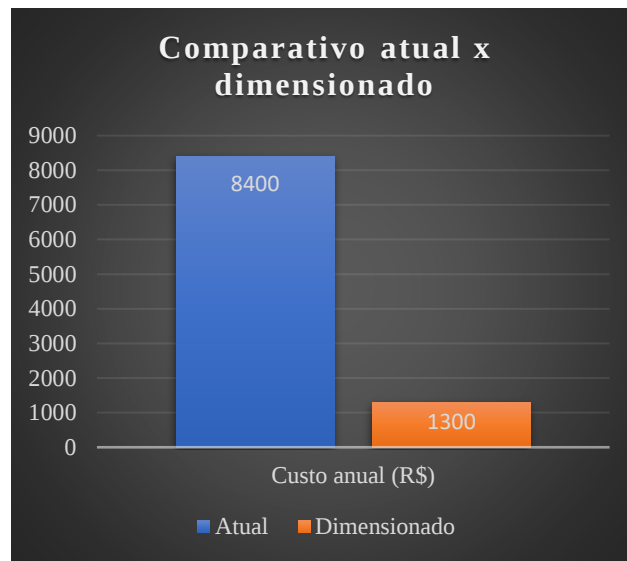
Gráfico 2: Custo anual para o Moinho 02

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 31: Parâmetros para calcular o custo anual com correias dos Moinhos 03 e 04

Parâmetros	Atual	Dimensionado
Nº de correias	6	13
Ciclo de vida (meses)	0,9	12,8
Substituições p/ano	14	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

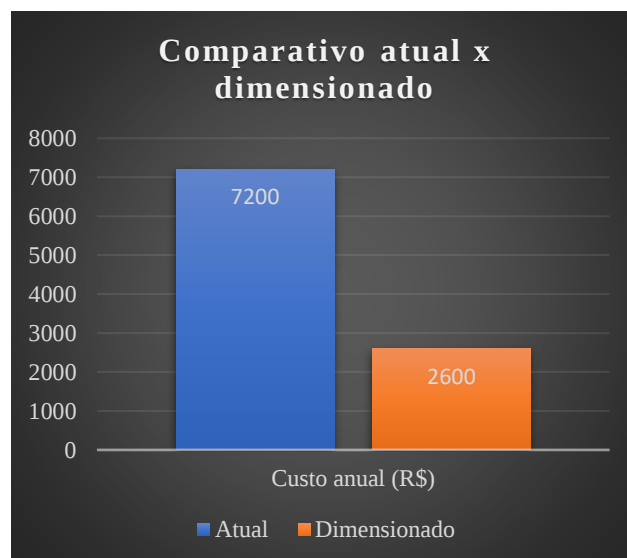
Gráfico 3: Custo anual para os Moinhos 03 e 04

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 32: Parâmetros para calcular o custo anual com correias do Moinho 05

Parâmetros	Atual	Dimensionado
Nº de correias	6	11
Ciclo de vida (meses)	1	11,8
Substituições p/ano	12	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Gráfico 4: Custo anual para o Moinho 05

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 33: Parâmetros para calcular o custo anual com correias do Moinho 06

Parâmetros	Atual	Dimensionado
Nº de correias	6	11
Ciclo de vida (meses)	0,3	12,7
Substituições p/ano	40	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

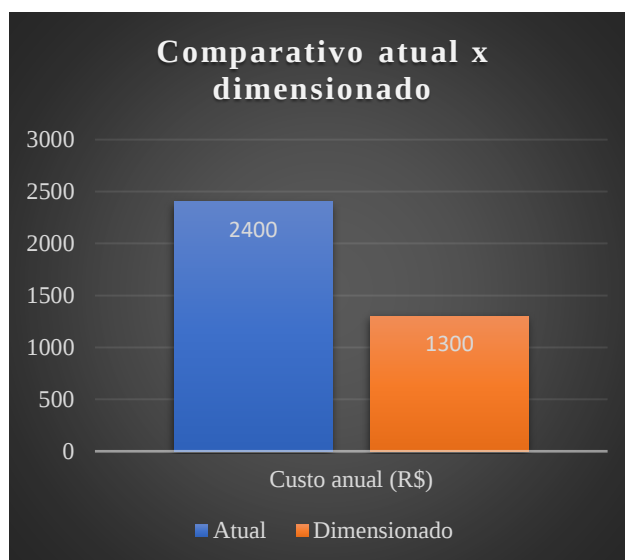
Gráfico 5: Custo anual para o Moinho 06

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 34: Parâmetros para calcular o custo anual com correias do Moinho 07

Parâmetros	Atual	Dimensionado
Nº de correias	3	6
Ciclo de vida (meses)	3,1	39,3
Substituições p/ano	4	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Gráfico 6: Custo anual para o Moinho 07

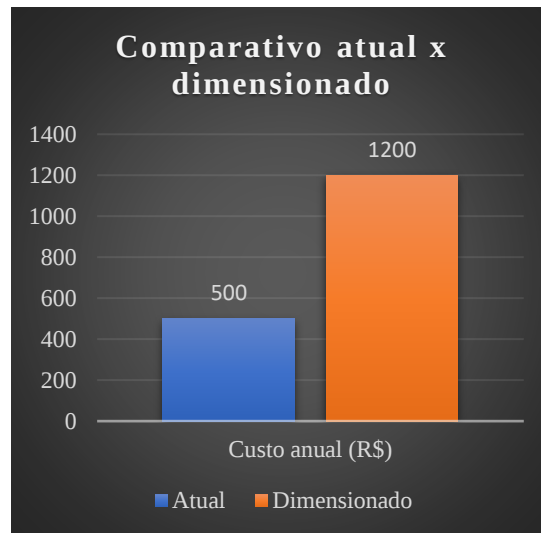
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O Moinho 08 não teve sua quantidade de correias alteradas e seu ciclo de vida é maior que 1 ano, logo não se faz necessário o comparativo.

Tabela 35: Parâmetros para calcular o custo anual com correias das bombas do E7

Parâmetros	Atual	Dimensionado
Nº de correias	5	12
Ciclo de vida (meses)	15,4	48
Substituições p/ano	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

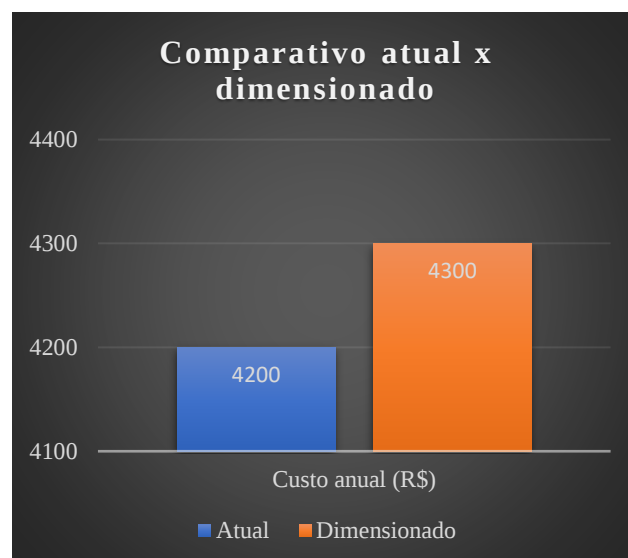
Gráfico 7: Custo anual para cada bomba do E7

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 36: Parâmetros para calcular o custo anual com correias das bombas do Furado

Parâmetros	Atual	Dimensionado
Nº de correias	6	43
Ciclo de vida (meses)	1,87	52,9
Substituições p/ano	7	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

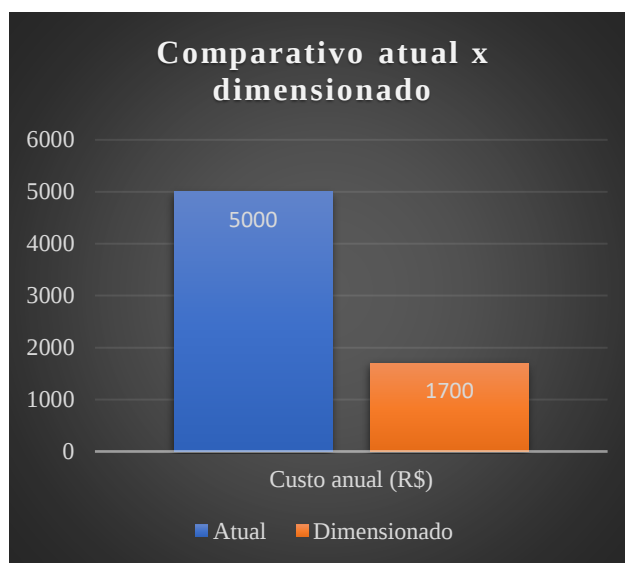
Gráfico 8: Custo anual para cada bomba do furado

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 37: Parâmetros para calcular o custo anual com correias da bomba da gamboa dos barcos

Parâmetros	Atual	Dimensionado
Nº de correias	5	17
Ciclo de vida (meses)	1,26	155,8
Substituições p/ano	10	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

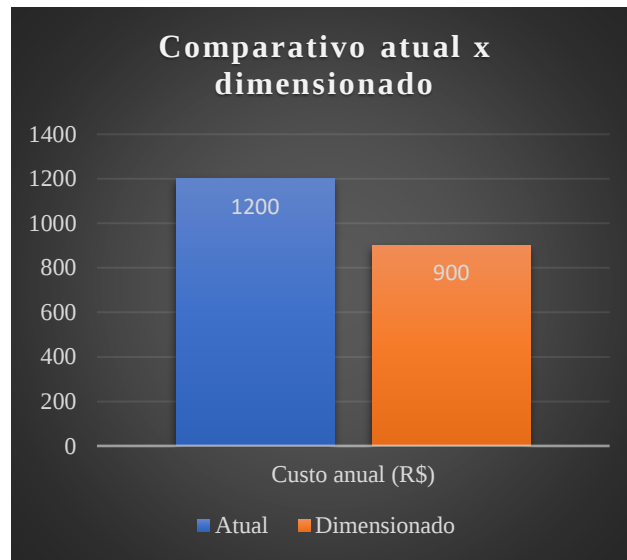
Gráfico 9: Custo anual para a bomba da gamboa dos barcos

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 38: Parâmetros para calcular o custo anual com correias da bomba do alazão

Parâmetros	Atual	Dimensionado
Nº de correias	12	9
Ciclo de vida (meses)	104,5	27,1
Substituições p/ano	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

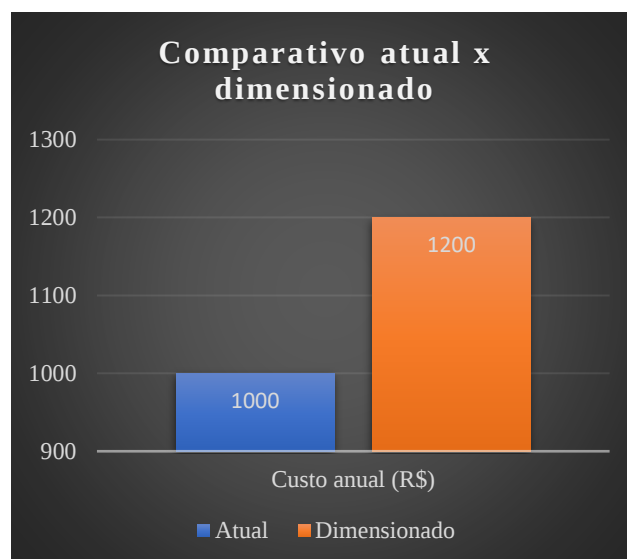
Gráfico 10: Custo anual para a bomba do alazão

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 39: Parâmetros para calcular o custo anual com correias das bombas da central elevatória

Parâmetros	Atual	Dimensionado
Nº de correias	5	6
Ciclo de vida (meses)	6,2	10,6
Substituições p/ano	2	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Gráfico 11: Custo anual para cada bomba da central elevatória

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Com base nos comparativos de custos anuais, comprova-se (analiticamente) viável a alteração das transmissões de potência dos seguintes equipamentos: Moinhos 01, 02, 03, 04, 05, 06 e 07, Bomba da gamboa dos barcos e Bomba do alazão, totalizando 9 equipamentos.

4.3 Períodos de Manutenção Preventiva

De acordo com os dados obtidos referente ao ciclo de vida e as análises realizadas, baseando-se nos custos anuais com relação ao atual, é possível realizar a sugestão de períodos de substituição das correias, com intuito de minimizar as perdas de produção conforme mostra a Tabela 40.

Tabela 40: Períodos de substituição de correias sugeridos

Equipamento	Intervalo de manutenção preventiva proposto
Moinho 01	1 ano
Moinho 02	1 ano
Moinho 03 e 04	1 ano
Moinho 05	1 ano
Moinho 06	1 ano
Moinho 07	1 ano
Moinho 08	1 ano
Bombas do E7	1 ano
Bombas do furado	1 mês e meio
Bomba da gamboa dos barcos	1 ano
Bomba do alazão	1 ano
Bombas da central elevatória	1 ano

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do dimensionamento das transmissões de potência por correias tipo “v” em 18 equipamentos da Salinor em Macau/RN, concluiu-se que os objetivos deste trabalho foram atingidos, uma vez que foi comprovado analiticamente que 17 transmissões dos equipamentos estão subdimensionadas e que 1 está superdimensionada, também foi verificada a viabilidade econômica de alteração das transmissões de potência de 9 equipamentos, relacionando o custo anual de substituições das correias atuais *versus* o custo das correias dimensionadas corretamente. Portanto, para evitar a perda de produção da empresa devido a falhas oriundas da quebra de correias que estão presentes nos equipamentos utilizados para a produção de sal, foram gerados períodos de manutenção preventiva, que sugerem a substituição das correias de 1 mês e meio a 1 ano de operação, a depender do equipamento, de acordo com os resultados do dimensionamento.

Importante ressaltar que as correias de transmissões da empresa Salinor estão em um ambiente bastante agressivo, com altas temperaturas e alta salinidade (o que pode ser desfavorável para as correias), além de outros fatores que aparecem ao longo da operação do equipamento, tais como: o desalinhamento das polias e a diferença do diâmetro primitivo entre os gornes (o que gera diferentes velocidades lineares para cada correia, podendo causar sobreaquecimento). Tudo isso acaba diminuindo a vida útil das correias, ficando difícil, quantificar o real ciclo de vida para estas. Sendo assim, fica como sugestão para a empresa a alteração das transmissões, mas de forma que se acompanhe através de manutenções preditivas o estado das correias ao longo do tempo, podendo assim de fato estabelecer o real tempo de troca para anteceder a falha. Por outro lado, também se sugere a trabalhos futuros uma análise acerca da mudança nas classes das correias, para que assim possa-se reduzir o número destas e consequentemente o número de gornes nas polias.

Por fim, os resultados provenientes desse trabalho servem para elucidar a necessidade do dimensionamento analítico dos equipamentos que são essenciais para o bom funcionamento de uma empresa, bem como a importância da elaboração de períodos de manutenção preventiva, principalmente para empresas de grande porte como a Salinor, que almeja a redução de perdas na produção e de maiores custos com manutenção.

REFERÊNCIAS

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Elementos de Máquinas de Shigley: Projeto de Engenharia Mecânica**. 8ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 1084 p.

CARMO JÚNIOR, J. B. **Geografia da dominação: um estudo sobre a organização espacial da terra do sal (Macau-RN)**. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

COSTA, D. F. S. et al. **Breve revisão sobre a evolução histórica da atividade salineira no estado do Rio Grande do Norte (Brasil)**. Sociedade & Natureza, v. 25, n. 1, p. 21-34, 2013.

DE ANDRADE, M. C. **O TERRITÓRIO DO SAL: A EXPLORAÇÃO DO SAL MARINHO E A PRODUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO DO RIO GRANDE DO NORTE**. Revista GeoInterações, v. 2, n. 2, p. 71-104, 2018.

DINIZ, M. T. M., & VASCONCELOS, F. P. (2019). **A PRODUÇÃO DE SAL MARINHO NO BRASIL E SUA CORRELAÇÃO COM A PLUVIOMETRIA ANUAL E O CRESCIMENTO ECONÔMICO NACIONAL**. Caminhos de Geografia, 20(69), 20-35.

DINIZ, M. T. M.; VASCONCELOS, F. P. **Condicionantes naturais à produção de sal marinho no Brasil**. Mercator (Fortaleza), v. 16, 2017.

DINIZ, M. T. M.; VASCONCELOS, F. P. **Porque o nordeste produz sal marinho? Estudo analógico do potencial do clima**. Caderno de Geografia, v. 26, n. 2, p. 355-379, 2016.

ENGETELES. Disponível em: < <https://engeteles.com.br/plano-de-manutencao-preventiva/>>. Acesso em: 15 de março de 2021.

HENRY-SILVA, G. G.; MARTINS, I. X.; RABELO, E. F.; SILVA, E. J. **Guia Ilustrado de Moluscos do Litoral Oeste Potiguar**. 1. ed. Mossoró: Edufersa, 2017.

JORGE, N. C. L.; LOPES, A. J. S.; SILVA, E. J. **When alien fauna overtakes the native one: the molluscs of Piranhas-Açu River**. PAN-AMERICAN JOURNAL OF AQUATIC SCIENCES, v. 15, p. 173-177, 2020.

MAIA, M. T. A. **Circuito espacial de produção de sal: o uso do território do município de Macau/RN pelas indústrias salineiras**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**-2ª Edição. Editora Feevale, 2013.

SANTOS, V. A. A. **Dinâmica do uso e ocupação do solo no litoral de Macau-RN no período de 1978 a 2008**. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SALINOR. Disponível em: <<http://www.salinor.com.br>>. Acesso em: 15 de março de 2021.

SOARES, C. H. C. **Análise hidrodinâmica e morfodinâmica do complexo estuarino do Rio Piranhas-Açu/RN, Nordeste do Brasil**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Catálogos:

GOODYEAR – **Cálculos e Recomendações para Correias MULTI-V 3-T**, 1994.