



DEFINITIVO

isec

Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Desenvolvimento de Transportadores de Telas para Movimentação de Matérias Primas

Autor

Tiago Gonçalves Delgadinho

Orientador

Prof. Doutor Pedro Miguel Soares Ferreira

Coimbra, agosto de 2021

INSTITUTO POLITÉCNICO DE
COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA



isec
Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Desenvolvimento de Transportadores de Telas para Movimentação de Matérias Primas

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos
Mecânicos

Autor

Tiago Gonçalves Delgadinho

Orientador

Prof. Doutor Pedro Miguel Soares Ferreira

Supervisor na empresa SILVAS, S.A.

Eng. António César Silvestre Pego

Coimbra, agosto de 2021

AGRADECIMENTOS

Na realização deste tipo de trabalhos é natural a necessidade de algumas pessoas, de uma forma ou outra, para o desenvolvimento do nosso trabalho, e desta forma quero agradecer às seguintes pessoas:

Em primeiro lugar aos meus pais e irmão, que foram um pilar importantíssimo em toda a minha vida e percurso académico, como também por sempre me apoiarem nas minhas decisões e nunca me deixarem desistir dos meus objetivos, por mais longe que eles estejam.

Ao meu orientador pelo apoio fundamental e orientação que me proporcionou ao longo de todo o processo de estágio. Aproveito também para deixar uma palavra de elogio para o seu profissionalismo e total disponibilidade.

Ao Engenheiro António Pego pela oportunidade de fazer parte da empresa como estagiário, contributo fundamental para a realização do estágio de mestrado, como também por todo o apoio prestado ao longo dos 8 meses.

A todos os funcionários da SILVAS, SA pela forma como me trataram e ajudaram em toda a integração na empresa durante todo o estágio.

RESUMO

Este documento pretende apresentar o trabalho que foi desenvolvido durante o estágio curricular, relativo ao curso de mestrado em engenharia mecânica, na área de especialização de construção e manutenção de equipamentos mecânicos. O referido estágio decorreu na empresa SILVAS, S.A, uma metalomecânica sediada em Alhadas - Figueira da Foz.

Neste trabalho são explicadas as diversas etapas do processo produtivo de três transportadores de tela, desde os processos de desenvolvimento, passando pela produção e finalizando com o resultado final. Para além de se proceder à explicação de quais os elementos que um transportador de telas deverá ter, é dada ênfase aos cálculos de dimensionamento, explicando passo a passo todo o processo, pois esta é vista como uma das etapas mais importantes de todo o processo. Para além disso, é também apresentado outro tipo de transportador (transportador tipo Redler), sendo feita uma breve explicação do mesmo, assim como a sua função.

Para além do que foi referido anteriormente, é também apresentado sempre que possível todas as atividades desempenhadas durante o estágio, que permitiram desenvolver e aperfeiçoar capacidades em diferentes áreas, tais como: desenho, produção e gestão.

Palavras-Chave: Transportadores de tela, transportador tipo Redler, dimensionamento de rolos, tambores

ABSTRACT

This document, intends to present the work that was developed during the curricular internship, of the master's course in mechanical engineering, in the specialization area of construction and maintenance of mechanical equipment. This internship took place at the company SILVAS, S.A., a metalworking company based in Alhadas - Figueira da Foz.

In this work, the various stages of the production process of three screen conveyors are explained, from the development processes, through the production and ending with the result. In addition to explaining which elements that a screen conveyor should have, emphasis is placed on dimensioning calculations, explaining the entire process gradually, as this is seen as one of the most important steps of the entire process. In addition, another type of conveyor is also presented (Redler type conveyor), with a brief explanation of it, as well its function.

In addition to what was mentioned above, whenever possible all activities performed during the internship are also presented, which allowed the development and improvement of skills in different areas, such as: design, production and management.

Palavras-Chave: Fabric conveyors, Redler type conveyor, roller sizing, drums.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABELAS	VIII
ABREVIATURAS	IX
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Enquadramento e Objetivos	1
1.2 - Estrutura do Trabalho	2
CAPÍTULO 2 - A EMPRESA SILVA, S.A.	3
2.1 - Missão e Valores	6
2.3 - Certificação	6
2.4 - Integração na Empresa	7
CAPÍTULO 3 - TRANSPORTADORES DE TELA	8
3.1 - Telas transportadoras	9
3.2 - Tambores	10
3.3 - Estações de ida e de retorno	12
3.4 - Estações de impacto	14
3.5 - Dispositivos de tensionamento	15
3.6 - Estações auto-centrantes	17
3.7 - Dispositivos de limpeza	19
3.8 - Coberturas	22
3.9 - Segurança e Acessibilidade	22
CAPÍTULO 4 - DESENVOLVIMENTO DO TRANSPORTADOR	26
4.1 - Parâmetros Iniciais	26
4.2 - Cálculos	28
4.3 - Desenhos CAD	55
4.4 - Produção	60
4.5 - Montagem	63
4.6 - Resultado Final	67
CAPÍTULO 5 - OUTROS PROJETOS DESENVOLVIDOS	73
5.1 - Transportador do tipo Redler	73
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	79

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - VISTA DA ENTRADA PRINCIPAL DA FÁBRICA.	3
FIGURA 2 - LOGÓTIPO SILVAS, S.A.	3
FIGURA 3 - PORMENOR DA ENTRADA DO PRIMEIRO PAVILHÃO.	4
FIGURA 4 - BANCADAS DE TRABALHO EXISTENTES NO SEGUNDO PAVILHÃO.	4
FIGURA 5 - ZONA ATUAL DE PINTURA NO TERCEIRO PAVILHÃO.	5
FIGURA 6 - EXEMPLO DE TRANSPORTADOR DE TELA (POTOMACRUBBER, 2021).	8
FIGURA 7 - COMPONENTES DE UM TRANSPORTADOR DE TELA (RULMECA, 2019).	9
FIGURA 8 - TELA COM NÚCLEO DE FIBRAS SINTÉTICAS (A) E COM CABOS DE AÇO (B) (SWINDERMAN, ET AL., 2012).	10
FIGURA 9 - TIPOS DE REVESTIMENTOS DE TAMBORES: COM TIRA ANTI DERRAPANTE (A), COM BARRAS ANTI DESLIZANTES (B) E REVESTIDO (C) (JUNCOR, 2021).	11
FIGURA 10 - MOTOREDUTOR STANDARD DE PARAFUSO SEM FIM (SEW, 2021).	11
FIGURA 11 - MOTOREDUTOR STANDARD DE ENGRENAGENS (SEW, 2021).	11
FIGURA 12 - ESTAÇÃO DE ROLOS PARA TRANSPORTADOR DE TELA (TECHNOCAST, 2021).	12
FIGURA 13 - EXEMPLO DE CONCAVIDADE FORMADA NA TELA (SWINDERMAN, ET AL., 2012).	12
FIGURA 14 - DESGASTE NA TELA PROVENIENTE DE DOBRA ENTRE ROLOS (SWINDERMAN, ET AL., 2012).	13
FIGURA 15 - EXEMPLO DE DISTÂNCIA DE TRANSIÇÃO NUM TRANSPORTADOR DE TELA (SWINDERMAN, ET AL., 2012).	13
FIGURA 16 - MODELO DE ROLOS DE RETORNO COM ANÉIS (RULMECA, 2019).	14
FIGURA 17 - ESTAÇÃO DE IMPACTO PARA CARREGAMENTO DE MATERIAL (SOPETRA, 2021).	15
FIGURA 18 - COMPORTAMENTO DA TELA NO MOMENTO DE QUEDA DO MATERIAL (SWINDERMAN, ET AL., 2012).	15
FIGURA 19 - EXEMPLO DE TAMBORES DE DESVIO UTILIZADOS.	16
FIGURA 20 - EXEMPLO DE CONTRAPESO UTILIZADO PARA ESTICAMENTO DE TELA.	17
FIGURA 21 - ESTAÇÃO DE ALINHAMENTO DE ROLETES SENSÍVEIS (SWINDERMAN, ET AL., 2012).	18
FIGURA 22 - ESTAÇÃO DE ALINHAMENTO DE MOLA DE TORÇÃO (GOODMAXGROUP, 2021).	18
FIGURA 23 - DEMONSTRAÇÃO DE FUNCIONAMENTO DE RASPADOR TANGENCIAL (SWINDERMAN, ET AL., 2012).	19
FIGURA 24 - APLICAÇÃO DE RASPADOR TANGENCIAL EM TAMBOR (ASGARD-ENG, 2021).	20
FIGURA 25 - EXEMPLIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO CORRETO (A) E INCORRETO (B) DO RASPADOR TANGENCIAL (SWINDERMAN, ET AL., 2012).	20
FIGURA 26 - DEMONSTRAÇÃO DO POSICIONAMENTO DOS RASPADORES (SWINDERMAN, ET AL., 2012).	21
FIGURA 27 - RASPADOR EM “V” E SUA UTILIZAÇÃO (SWINDERMAN, ET AL., 2012).	21
FIGURA 28 - EXEMPLO DE TRANSPORTADOR COM COBERTURAS DE PROTEÇÃO (TECNOFLEX, 2021).	22
FIGURA 29 - ACESSO ADEQUADO ATRAVÉS DE PASSADIÇO COM PROTEÇÃO LATERAL (APEQUIPAMENTOS, 2021).	23
FIGURA 30 - GRADEAMENTO DE PROTEÇÃO UTILIZADO EM TRANSPORTADORES (BELGOPROTEC, 2021).	24
FIGURA 31 - SISTEMA DE EMERGÊNCIA PARA INTERRUPÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO TRANSPORTADOR (BANNERENGINEERING, 2021).	24
FIGURA 32 - EXEMPLO DE FREIO DE ANTI RETORNO UTILIZADO (STIEBERCLUTCH, 2021).	25
FIGURA 33 - ZONA DE RECOLHA DO MATERIAL A TRANSPORTAR.	26
FIGURA 34 - LOCAL DE DEPÓSITO DO MATERIAL A TRANSPORTAR E ARMAZENAR.	26
FIGURA 35 - ZONA DE ENTRADA DO TRANSPORTADOR NO ARMAZÉM.	27
FIGURA 36 - ÂNGULO DE REPOUSO FORMADO LIVREMENTE (RULMECA, 2019).	29
FIGURA 37 - ÂNGULO DE SOBRECARGA FORMADO COM MOVIMENTO DA TELA (RULMECA, 2019).	29

FIGURA 38 - ÂNGULO DE SOBRECARGA, DE REPOUSO E FLUÊNCIA DO MATERIAL (RULMECA, 2019).	30
FIGURA 39 - CAPACIDADE VOLUMÉTRICA COM ESTAÇÕES DE 3 ROLOS PARA VELOCIDADE DE 1 M/S (RULMECA, 2019).	30
FIGURA 40 - FATOR DE INCLINAÇÃO K DE ACORDO COM ÂNGULO DE INCLINAÇÃO (RULMECA, 2019).	31
FIGURA 41 - VALOR DE CQ EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DE ENTRE EIXOS (RULMECA, 2019).	32
FIGURA 42 - VALOR DE CT EM RELAÇÃO À TEMPERATURA DE TRABALHO (RULMECA, 2019).	32
FIGURA 43 - VALOR DE F EM RELAÇÃO À VELOCIDADE DE TRANSPORTE (RULMECA, 2019).	32
FIGURA 44 - DIÂMETRO ACONSELHADO DOS ROLOS DE TRANSPORTE (RULMECA, 2019).	33
FIGURA 45 - PASSO MÁXIMO ACONSELHADO PARA ESTAÇÕES DE CARGA (RULMECA, 2019)	34
FIGURA 46 - VALOR DE FS EM RELAÇÃO AO TEMPO DE SERVIÇO (RULMECA, 2019).	35
FIGURA 47 - VALOR DE FM EM RELAÇÃO ÀS CONDIÇÕES DE TRABALHO (RULMECA, 2019).	35
FIGURA 48 - FATOR DE IMPACTO FD EM RELAÇÃO AO TAMANHO DO MATERIAL E VELOCIDADE (RULMECA, 2019).	35
FIGURA 49 - FATOR FP EM RELAÇÃO À INCLINAÇÃO DOS ROLOS LATERAIS (RULMECA, 2019).	36
FIGURA 50 - ESCOLHA DO ROLO EM RELAÇÃO À CAPACIDADE DE CARGA EM DAN, AO DIÂMETRO, À LARGURA E VELOCIDADE DA TELA PARA 30000 HORAS DE CICLO DE TRABALHO (RULMECA, 2019).	37
FIGURA 51 - FATOR DE VELOCIDADE FV EM RELAÇÃO AO DIÂMETRO DO ROLO (RULMECA, 2019).	38
FIGURA 52 - MASSA DOS COMPONENTES ROTATIVOS DO ROLO DAS ESTAÇÕES SUPERIORES E INFERIORES (RULMECA, 2019).	39
FIGURA 53 - DIÂMETROS MÍNIMOS RECOMENDADOS DOS TAMBORES (RULMECA, 2019).	40
FIGURA 54 - DEMONSTRAÇÃO DE PARÂMETROS NECESSÁRIOS AO CÁLCULO DA ALTURA CORRETA DE QUEDA (HC) (RULMECA, 2019).	41
FIGURA 55 - DISTÂNCIA DE TRANSIÇÃO PARA OS DIFERENTES TIPOS DE TELA (RULMECA, 2019).	42
FIGURA 56 – DEMONSTRAÇÃO DE CARGAS ATUANTES NO TAMBOR MOTRIZ (RULMECA, 2019).	43
FIGURA 57 - FATOR DE ENVOLVIMENTO CW EM RELAÇÃO AO ÂNGULO E TIPO DE TENSIONAMENTO (RULMECA, 2019).	44
FIGURA 58 - DEMONSTRAÇÃO DE CARGAS ATUANTES NOS TAMBORES (RULMECA, 2019).	45
FIGURA 59 - COMPORTAMENTO DA TELA ENTRE DUAS ESTAÇÕES CONSECUTIVAS. (RULMECA, 2019).	45
FIGURA 60 - LOCALIZAÇÃO DO CONTRAPESO E SUAS VARIÁVEIS (RULMECA, 2019).	46
FIGURA 61 - DISTÂNCIA ENTRE CHUMACEIRA E APOIO DE TAMBOR (A_6) (RULMECA, 2019).	48
FIGURA 62 - FLECHA E AMPLITUDE DE ROTAÇÃO MÁXIMA DO VEIO (RULMECA, 2019).	49
FIGURA 63 - FATORES DE SERVIÇO CONSOANTE TIPO DE MÁQUINA E MOTORIZAÇÃO (FENNER, 2021).	52
FIGURA 64 - SELEÇÃO DE CORRENTE DE ACORDO COM POTÊNCIA DE SELEÇÃO E VELOCIDADE ROTACIONAL (FENNER, 2021).	53
FIGURA 65 - DISTÂNCIA DE ENTRE EIXOS RECOMENDADA (FENNER, 2021).	53
FIGURA 66 - MODELAÇÃO DA TORRE DE SUPORTE PARA TRANSPORTADORES NO EXTERIOR.	55
FIGURA 67 - MODELAÇÃO DO MÓDULO DE TRANSPORTADOR HORIZONTAL COM TAMBORES DE DESVIO DEVIDAMENTE INSTALADOS.	56
FIGURA 68 - MODELAÇÃO DOS MÓDULOS DESENVOLVIDOS PARA TRANSPORTADOR HORIZONTAL INTERIOR.	56
FIGURA 69 - MODELAÇÃO DA ZONA DE QUEDA DO MATERIAL E CARACTERÍSTICAS DE TRANSIÇÃO DA TELA.	57
FIGURA 70 - MODELAÇÃO DA TREMONHA PARA AUXÍLIO DE TRANSFERÊNCIA DE MATERIAL.	58
FIGURA 71 - MODELAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO E MOTORIZAÇÃO DO TRANSPORTADOR NÚMERO TRÊS.	58
FIGURA 72 – MODELAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE TRANSPORTADOR MÓVEL NO INTERIOR DA GALERIA.	59
FIGURA 73 - MODELAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSLAÇÃO DO TRANSPORTADOR NÚMERO TRÊS.	59
FIGURA 74 - IMAGEM DO RESULTADO FINAL DA CONSTRUÇÃO DE TUBOS EM AÇO PARA PROTEÇÃO DE PILARES.	60
FIGURA 75 - SUPORTE FINALIZADO AGUARDAR POR PROCESSO DE ACABAMENTO.	61
FIGURA 76 - GALERIA EM PROCESSO DE SOLDADURA.	61

FIGURA 77 - GALERIAS EM ESPERA POR VALIDAÇÃO E ACABAMENTO SUPERFICIAL.	62
FIGURA 78 - MÓDULO DO TRANSPORTADOR INCLINADO EM FASE DE FINALIZAÇÃO.	62
FIGURA 79 - CONSTRUÇÃO DE SAPATAS DE FUNDAÇÃO PARA OS TRANSPORTADORES	63
FIGURA 80 - COLOCAÇÃO DE TUBO EM AÇO PARA CONSTRUÇÃO DE PILARES EM BETÃO	63
FIGURA 81 - INSTALAÇÃO DE TORRE E PILARES METÁLICOS	64
FIGURA 82 - MONTAGEM DE TRANSPORTADOR NO EXTERIOR DO ARMAZÉM	64
FIGURA 83 - MONTAGEM DO 1º MÓDULO NO INTERIOR DO ARMAZÉM	65
FIGURA 84 - PROCESSO DE INSTALAÇÃO DE TRANSPORTADORES NO INTERIOR DO ARMAZÉM.	65
FIGURA 85 - INÍCIO DE INSTALAÇÃO DO TRANSPORTADOR MÓVEL.	66
FIGURA 86 - MONTAGEM DO TRANSPORTADOR INCLINADO.	66
FIGURA 87 - FINALIZAÇÃO DA MONTAGEM ESTRUTURAL DO TRANSPORTADOR.	67
FIGURA 88 - RESULTADO FINAL DO TRANSPORTADOR INCLINADO.	67
FIGURA 89 - ZONA DE TRANSFERÊNCIA DE MATERIAL PARA O TRANSPORTADOR Nº1.	68
FIGURA 90 - VISUALIZAÇÃO DE PASSADIÇO, GUARDA CORPOS E CORDA DE EMERGÊNCIA.	68
FIGURA 91 - TREMONHA DE DESCARGA COM PORTA DE VISITA.	69
FIGURA 92 - ZONA DE CARREGAMENTO DE MATERIAL NO TRANSPORTADOR Nº2.	69
FIGURA 93 - SENSOR DE CONTACTO PARA CONTROLO DE DESVIO DE TELA.	70
FIGURA 94 - GRADEAMENTO ENVOLVENTE DE CONTRAPESO PARA PROTEÇÃO	70
FIGURA 95 - DEPOSIÇÃO DE MATERIAL EM PILHAS DE FORMA UNIFORME.	71
FIGURA 96 - GRADEAMENTO COLOCADO AO LONGO DO TRANSPORTADOR.	71
FIGURA 97 - TAMPA DE PROTEÇÃO PARA CORRENTE DE TRANSMISSÃO.	72
FIGURA 98 - MODELO 3D DO TRANSPORTADOR PROJETADO.	73
FIGURA 99 - CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DOS DOIS TRANSPORTADORES.	74
FIGURA 100 - MONTAGEM E POSICIONAMENTO FINAL DO MOTOREDUTOR.	74
FIGURA 101 - SISTEMA DE TRANSPORTE ATRAVÉS DE ARRASTADORES.	75

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - INFORMAÇÃO RESUMIDA DE TODOS OS CÁLCULOS EFETUADOS PARA OS VÁRIOS TRANSPORTADORES.	51
---	----

ABREVIATURAS

DIN - Deutsches Institut für Normung

EN - European Norm

ISEC - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

ISO - International Organization of Standardization

NP - Norma Portuguesa

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Enquadramento e Objetivos

O documento que de seguida se vai apresentar, surge no âmbito de trabalho final de mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica sendo lecionado no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). No decorrer da atividade académica foram sugeridas opções de trabalho de forma a finalizar o curso. Esta escolha recaiu para o estágio curricular, devido à intenção de desenvolver uma maior capacidade de interação com um grupo de trabalho, conhecer e perceber todo o funcionamento de uma empresa e do mercado em que elas se inserem, quais os seus objetivos e sobretudo ter a oportunidade de recolher o máximo de informação sobre trabalhos e processos que as empresas efetuam.

Considerando as opções disponíveis de empresas para realizar o estágio e depois de se ter efetuada alguma pesquisa sobre a área de negócio em que cada empresa se insere, visto ter sido ponto chave na escolha da empresa para realização do estágio, uma empresa que fosse dinâmica e versátil nas tarefas que se realizam diariamente. Assim, a escolha recaiu sobre a empresa Silvas, SA, que presta essencialmente serviços de metalomecânica. O estágio curricular teve o seu início no dia 12 de outubro de 2020 e terminou no dia 4 de junho de 2021, tendo sido definidos os seguintes objetivos para o estágio:

- Desenho e Preparação de fabrico de vários projetos;
- Acompanhamento de todo o processo de fabrico na empresa;
- Aprendizagem das relações interpessoais entre os vários intervenientes numa obra;
- Consolidação e usufruto das capacidades e conhecimentos adquiridos ao longo percurso académico;

De entre os vários projetos elaborados durante o tempo de estágio e para elaboração deste documento, foi escolhido um que desse ênfase aos objetivos anteriormente propostos. Sendo assim, escolheu-se o projeto onde era necessário proceder à construção de três máquinas transportadoras por tela na empresa SILVAS, S.A. para uma empresa de transformação de madeira.

1.2 - Estrutura do Trabalho

O presente documento está organizado em 6 capítulos. No primeiro capítulo, pretende-se introduzir o âmbito em que é elaborado este trabalho, os objetivos e uma descrição de como se encontra estruturado este documento.

No segundo capítulo procede-se à caracterização da organização onde foi realizado o estágio, abordando a sua história, localização, área de negócio e que serviços disponibiliza. Neste capítulo encontra-se também uma breve descrição do processo de admissão na empresa.

Um enquadramento teórico, onde são apresentados os princípios básicos de um transportador de tela, que são a base da elaboração deste trabalho encontra-se explanado no terceiro capítulo.

O quarto capítulo aborda a metodologia de trabalho do projeto, desde os cálculos para o correto dimensionamento dos transportadores, processo de modelação e produção em fábrica, até à entrega ao cliente. No quinto capítulo apresentam-se de forma resumida outros trabalhos desenvolvidos ao longo do período de estágio.

Finalmente o sexto e último capítulo, apresentam-se as conclusões com os resultados obtidos e perspetivas futuras.

CAPÍTULO 2 - A EMPRESA SILVA, S.A.

A empresa SILVA, S.A., foi fundada em 1979 e desde a sua fundação que tem vindo a documentar uma significativa evolução nas suas áreas de atividade de negócio, percorrendo alguns setores que têm marcado a sua história, tais como a indústria do arroz. Com o desenvolvimento dos mercados e dos diversos ciclos da economia regional, verificou-se uma ampliação das áreas de negócio da empresa, nomeadamente a engenharia e manutenção industrial. Geograficamente, a empresa SILVAS, S.A., encontra-se em Porto Carvalhal – Alhadas (Figura 1).



Figura 1 - Vista da Entrada Principal da Fábrica.

Com 42 anos em atividade, apresenta um quadro técnico com formação em projetos industriais e desenho CAD 2D e 3D, construções metalomecânicas, eletricidade industrial, automatismos, controlo e automação, hidráulica, pneumática e manutenção industrial. Na figura seguinte, apresenta-se o logótipo da empresa.



Figura 2 - Logótipo SILVAS, S.A.

A empresa é constituída por três linhas de produção. No primeiro pavilhão (Figura 3) está localizado o armazém, onde são aprovisionados todos os acessórios necessários à realização dos trabalhos, assim como o local de armazenamento de chapas e perfis. A empresa dispõe também neste local de uma máquina de corte de laser, serrote, guilhotina, quinadeira, punçunadora, tornos e fresadoras.



Figura 3 - Pormenor da entrada do primeiro pavilhão.

No segundo pavilhão (Figura 4) é o local onde se realiza todo o processo de fabrico, como calandragem, soldadura, chanfragem e afagamento. Esta zona está dividida por várias bancadas de trabalho para que cada soldador tenha o seu devido espaço de trabalho.



Figura 4 - Bancadas de trabalho existentes no segundo pavilhão.

Por fim, no terceiro pavilhão, Figura 5, realiza-se a pintura das peças produzidas conforme o especificado em cada projeto, para além de funcionar também como local de armazenamento dos equipamentos desenvolvidos pela empresa, até à entrega dos mesmos ao cliente.



Figura 5 - Zona atual de pintura no terceiro pavilhão.

A SILVAS, S.A., integra atualmente cerca de 90 colaboradores que vão desde a contabilidade, a administração, o desenho e projeto, a engenharia, a serralharia, a soldadura e a pintura. Dotada de um portefólio de obras e clientes de reconhecida notoriedade no mercado, dispõe de conhecimento adquirido e meios capazes de servir num mercado à escala global. Privilegiando a eficiência dos processos e com uma forte orientação para o mercado, tem conseguido afirmar-se de forma particular num sector extremamente competitivo. Tem também conquistando a confiança dos seus clientes, através da qualidade da solução final e pela capacidade de resposta à realização de obras dentro dos prazos exigidos.

A Silvas, S.A. conta com diversos fornecedores, mas dá uma preferencial importância ao fornecimento de matérias primas a empresas nacionais. Para tal, a empresa divide os seus fornecedores em 3 grupos, tal como:

- Fornecedores de matérias-primas;
- Fornecedores de subcontratação de mão de obra (maquinação de peças);
- Fornecedores de tratamento de superfície.

2.1 - Missão e Valores

A SILVAS, S.A. tem como missão atuar no sector da indústria metalomecânica, gerando valor de forma sustentada para os seus acionistas, clientes, colaboradores, fornecedores e comunidade em geral.

Rege-se por objetivos que a credibilizam perante os seus clientes, nomeadamente:

- Oferta de serviços e ao dispor para consultas;
- Desenvolvimento de soluções de engenharia industrial por configurações do cliente;
- Especialização em diversos setores como cerâmicas, vidreiras, celulosas, estruturas metálicas, obras públicas;
- Satisfação total do cliente, superando sempre que possível as suas expectativas, através do registo e análise das suas opiniões, identificando e perseguindo oportunidades de melhoria;
- Relações comerciais com fornecedores, desenvolvidas numa base de cooperação e parceria, como garantia de qualidade dos produtos e serviços que colocados à disposição dos clientes, privilegiando sempre que possíveis fornecedores certificados;
- Rentabilizar, qualificar e motivar todos os colaboradores da organização, por via de uma gestão forte, e oferecendo um ambiente de trabalho propício ao desempenho excelente;
- Cumprir os requisitos legais e normativos, como forma de garantir as melhores condições para a prestação de serviços;
- Perseguir a melhoria contínua, desenhando uma espiral transversal a toda a organização, orientando-a para a supressão da Não – Qualidade, e dos custos associados;

2.3 - Certificação

A empresa SILVAS, S.A. está certificada segundo a norma NP EN 9001:2008- Sistemas de Gestão de Qualidade e o procedimento de soldadura está certificado, nas normas:

- ISO 15614-1:2005 - “Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Welding procedure test — Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys - Technical Corrigendum 1;
- EN 1090-2:2008- “Execution of steel structures and aluminium structures - Part 2: Technical requirements for steel structures”

2.4 - Integração na Empresa

O processo de admissão do estágio na empresa, ocorreu de uma forma profissional e organizada, pois sempre houve compromisso e entrega por parte da empresa em possibilitar o estágio, como também do estagiário em trabalhar na área da metalomecânica assim como em perceber e inteirar-se da estrutura e tarefas da empresa, desde o projeto até à fase de entrega.

Com isto, a integração na empresa realizou-se de uma forma natural tendo em primeiro lugar sido feita uma visita guiada às instalações e a toda a maquinaria existente. Foi também feita uma síntese sobre quais os trabalhos mais frequentes, assim como noções de segurança no trabalho. Posteriormente procedeu-se à interação com os colaboradores onde se explicaram as suas funções na empresa, para além de se proceder à apresentação do supervisor na empresa.

No início do estágio foi então definido que o posto de trabalho do estagiário seria na sala de desenho, onde este iria pôr em prática o seu conhecimento e integrar-se nos métodos de fabrico exigidos pelas normas.

CAPÍTULO 3 - TRANSPORTADORES DE TELA

Os transportadores de tela são meios de transporte contínuo de material a granel ou em pacotes, com a utilização de uma tela como meio de tração e, ao mesmo tempo como elemento portador do material transportado (Figura 6). São utilizados há décadas em diversos ramos da indústria para transportar grandes quantidades de materiais em longas distâncias. Os transportadores provaram várias vezes serem um método confiável e económico para o movimento de materiais. Podem transportar materiais onde o terreno apresenta inclinações acentuadas, contornar cantos, transpor elevações no terreno, atravessar cursos de água, serem utilizados sobre o chão ou abaixo dele (CEMA, 2005).

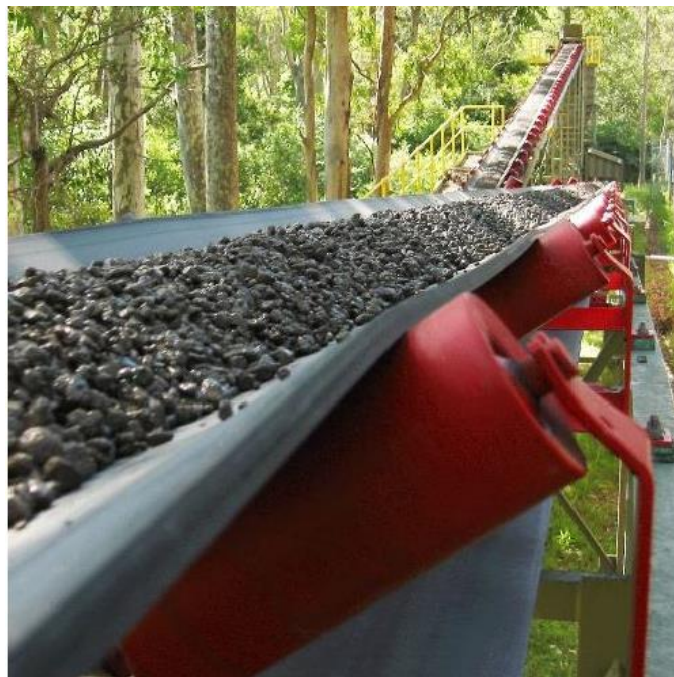


Figura 6 - Exemplo de transportador de tela (Potomacrubber, 2021).

Este tipo de máquina exhibe a capacidade de transportar variados tipos de materiais que diferem em tamanho, peso, acabamento superficial, como também húmidos, pegajosos, pastosos ou até em pó. Os transportadores podem ser encontrados em diversas etapas do processo produtivo: numa linha de montagem, na separação de materiais, no controlo de qualidade, no stock temporário, na paletização, etc.

De todos os sistemas de transporte de materiais, os transportadores de tela operam tipicamente com o menor custo de transporte por tonelada e o menor custo de manutenção por tonelada. Essas vantagens podem não se concretizar caso não seja realizada uma análise cuidada do tipo de material a ser manuseado e do processo em geral, no momento de especificar um sistema de transportador. (Swinderman, et al., 2012).

Assim sendo, no projeto de equipamentos para a movimentação de matérias primas ou de produtos acabados, a escolha do meio de transporte deve favorecer o mecanismo que, a par dos volumes movimentados, apresente menores custos e que ao mesmo tempo tenha suficiente flexibilidade para se adaptar a uma ampla variedade de sobrecargas momentâneas.

Na Figura 7, são ilustrados os componentes base de um transportador de tela. As exigências de utilização poderão variar as mais diversas combinações de carga, descarga e elevações de órgãos acessórios. Posteriormente será realizada uma breve explicação dos componentes e suas funções.

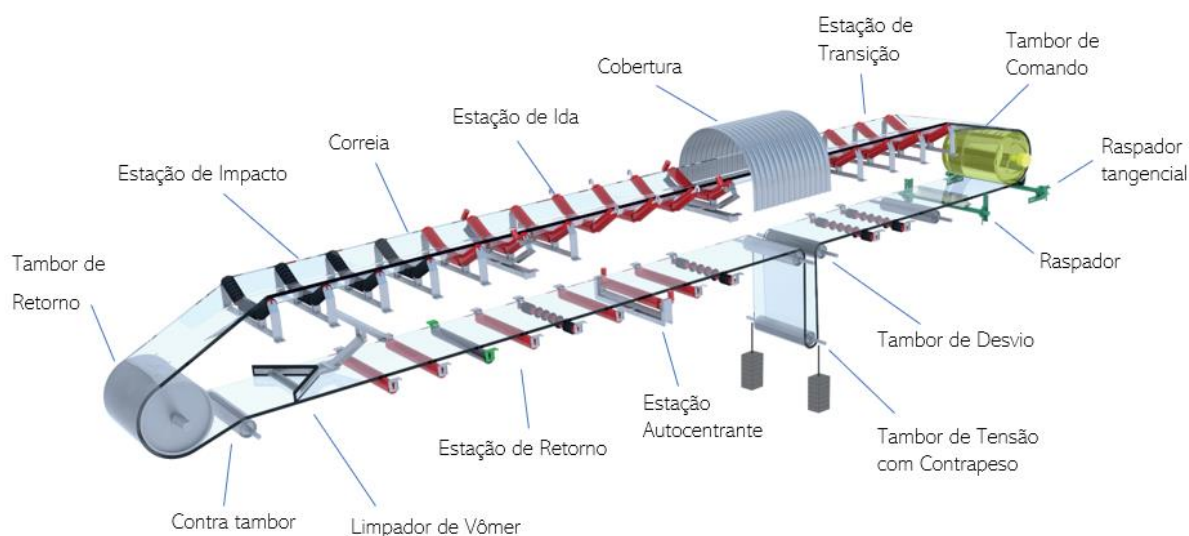


Figura 7 - Componentes de um transportador de tela (Rulmeca, 2019).

3.1 - Telas transportadoras

Uma tela transportadora é o componente principal deste sistema de transporte, pois encontra-se em contacto com o material transportado e a sua escolha fundamenta-se nas características do material a transportar, nas condições de serviço, na largura e tensão máxima, no percurso e na temperatura do material. Uma tela consiste em três elementos, sendo eles o revestimento superior, núcleo e revestimento inferior.

O principal propósito do revestimento é proteger o núcleo de possíveis danos. Estes revestimentos são fabricados a partir de borracha natural e elastómeros, e podem ser lisos (no caso de transporte do material em plano horizontal ou inclinado, desde que não ultrapasse o ângulo recomendado pelos fabricantes) ou canelados/nervurados (utilizados no transporte de material com inclinações até 45°) (Arndt, 2012).

O núcleo da tela suporta as forças atuantes quando uma tela transportadora começa a operar, absorvendo a energia do impacto durante o carregamento, proporcionando a estabilidade necessária para o alinhamento adequado e suporte da carga sobre os roletes.

Na Figura 8, são exemplificados os principais tipos de núcleo de uma tela. Podem ser compostas por fibras sintéticas ou por cabos de aço. As telas de fibras de nylon ou poliéster apresentam boa flexibilidade e menor custo, quando comparadas com as telas com cabos de aço normalmente utilizadas para transportadores de maior comprimento, por apresentarem maior capacidade e baixo custo de esticamento como indicado nos catálogos dos fabricantes das telas (Swinderman, et al., 2012).



Figura 8 - Tela com núcleo de fibras sintéticas (a) e com cabos de aço (b) (Swinderman, et al., 2012).

A velocidade máxima da tela deve ser de 4 a 5 m/s para evitar transbordo de material (CEMA, 2005).

3.2 - Tambores

Os tambores são elementos para transmissão de potência, desvios e retorno da tela. Existem tambores de vários tamanhos e texturas, no entanto estes devem ser mais largos do que a tela. Os tambores são construídos normalmente em aço, equipados com cubos e rolamentos selados e têm como principal função tracionar a tela para o funcionamento do transportador, sendo neste caso, exercido pelo tambor motriz, onde está acoplada a motorização (Arndt, 2012). De acordo com a sua montagem (Figura 9), os tambores podem-se apresentar como lisos ou revestidos em três formas diferentes:

- Planos – utilizados para aplicações em geral;
- Abaulados – utilizados onde seja necessário melhorar o alinhamento da tela;
- Nervurados – utilizados para o transporte de materiais muito abrasivos ou granulados, que podem aderir à tela.



Figura 9 - Tipos de revestimentos de tambores: com tira anti derrapante (a), com barras anti deslizantes (b) e revestido (c) (Juncor, 2021).

O tambor de retorno geralmente não apresenta revestimento a não ser em casos particulares, apresentando normalmente diâmetro inferior ao previsto para o tambor motriz (Swinderman, et al., 2012). O acionamento do transportador é realizado através de um motor elétrico e de um redutor de velocidade. O tipo de motoredutor mais usual em transportadores de tela são os de parafuso sem fim (Figura 10) e o de engrenagens (Figura 11).



Figura 10 - Motoredutor standard de parafuso sem fim (SEW, 2021).



Figura 11 - Motoredutor standard de engrenagens (SEW, 2021).

3.3 - Estações de ida e de retorno

As estações de carga e de retorno, são compostas por rolos apoiados em cavaletes, tal como se apresenta na Figura 12. Estes, sustentam a tela e devem garantir o deslizamento regular da mesma sob carga, e são os componentes mais importantes do transportador representando uma parte considerável do seu valor (Rulmeca, 2019).



Figura 12 - Estação de rolos para transportador de tela (Technocast, 2021).

O correto dimensionamento dos rolos é fundamental para garantir o bom funcionamento do transportador, e depende essencialmente da largura da própria tela, do passo das estações e sobretudo da carga máxima que atua nos rolos mais solicitados assim como de outros fatores corretivos (Rulmeca, 2019). Estas estações são geralmente constituídas por três rolos, sendo que a inclinação dos rolos laterais é normalmente compreendida entre 30°/ 35°, podendo também ser fabricado um sistema de coroa com inclinação até 60° (Rulmeca, 2019). Através desta inclinação é proporcionada uma concavidade na tela (Figura 13) de forma que seja possível alargar a capacidade de transporte de material e assim aumentar o rendimento do transportador.



Figura 13 - Exemplo de concavidade formada na tela (Swinderman, et al., 2012).

Um aspecto a ter em conta é o espaçamento entre rolos, pois a inexistência de uma distância de segurança resultará numa tensão na emenda entre o rolo plano e o inclinado, e assim originará uma dobra na tela e eventualmente um maior desgaste em todo o comprimento, como é possível observar na Figura 14.



Figura 14 - Desgaste na tela proveniente de dobra entre rolos (Swinderman, et al., 2012).

Uma característica também bastante relevante no projeto de um transportador é o espaço existente entre o tambor e a última estação de rolos adjacente, denominado por distância de transição (Figura 15). Ao longo deste percurso a tela passa da configuração de cavidade para plana (ou vice-versa), determinada pela inclinação das estações de carga à plana dos tambores, promovendo assim uma tensão suplementar nas laterais da tela. Geralmente a distância de transição não deve ser inferior à largura da tela evitando assim uma grande solicitação da mesma.

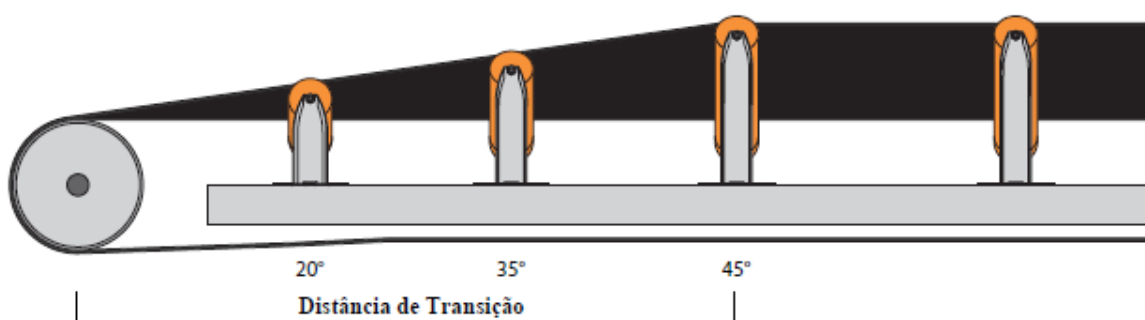


Figura 15 - Exemplo de distância de transição num transportador de tela (Swinderman, et al., 2012).

No caso em que a distância de transição seja superior ao passo das estações de carga, é de boa regra introduzir no percurso estações com ângulos intermédios. Deste modo, a tela passa gradualmente da configuração plana à de cavidade, evitando assim tensões prejudiciais (Rulmeca, 2019). Para além disso também é recomendado que todos os rolos de transição utilizem cilindros de metal (CEMA, 2005).

As estações de retorno são frequentemente planas e neste tipo de estação são utilizados rolos únicos ou reunidos em “V” com 10° de inclinação de forma a melhorar o alinhamento da tela (Rulmeca, 2019). O movimento retilíneo da tela pode ser comprometido pelo tipo de material que se transporta, especialmente quando este é pegajoso e, portanto, adere facilmente à superfície da tela. Nesse caso o material deposita-se também nos rolos de retorno que sustentam a tela, criando no próprio rolo uma incrustação irregular. Como consequência, irá resultar um desgaste da tela, mas também uma ação que a obriga a desviar-se da sua configuração retilínea.

Os rolos de retorno com anéis (Figura 16), contribuem em boa parte para eliminar as incrustações que se formam na superfície da tela. Os anéis ovais montados distanciados entre si na parte central do rolo, têm a função de retirar as incrustações presentes, mas sobretudo no centro da tela, enquanto os anéis planos montados perto uns dos outros sustentam e protegem a tela nas laterais, mesmo em caso de limitados deslocamentos.



Figura 16 - Modelo de rolos de retorno com anéis (Rulmeca, 2019).

3.4 - Estações de impacto

O sistema de alimentação de um transportador de tela deve ser predisposto de tal modo a evitar os efeitos graves provocados pela energia de impacto do material na tela, em particular se acontecer a uma altura relevante e de se tratar de um material de grandes dimensões. Caso isso se verifique, devem ser utilizadas estações de impacto (Figura 17). Estes tipos de estações são constituídos por roletes de impacto. Estes apresentam discos de borracha que proporcionam um absorvimento do impacto do material no momento de queda sobre a tela na zona de carregamento.



Figura 17 - Estação de Impacto para carregamento de material (Sopetra, 2021).

Uma desvantagem do uso de rolos de impacto na zona de carregamento é que, cada um suporta a tela apenas em cima de si mesmo, originando uma queda. De forma a evitar este acontecimento, são instaladas estações de impacto muito próximas entre si (Figura 18). Mesmo os rolos de impacto estão sujeitos a danos, como por exemplo rolamentos danificados. Este dano provoca a operação errada da tela, permitindo assim um desequilíbrio da mesma e consequente fuga de material.



Figura 18 - Comportamento da tela no momento de queda do material (Swinderman, et al., 2012).

O mau funcionamento deste tipo de rolos provoca significativamente um maior consumo de potência por parte do transportador (Swinderman, et al., 2012).

3.5 - Dispositivos de tensionamento

Os dispositivos de tensionamento empregados nos transportadores de tela são em geral de parafuso ou contrapeso utilizando tambores de desvio. Os dispositivos de tensão a parafuso, são colocados no tambor mandado do transportador e normalmente são usados em situações de entre eixos não superiores a 30/40 metros.

Para transportadores de entre eixos superiores, usam-se dispositivos com contrapeso ou tambores motorizados no caso de espaços reduzidos. O curso mínimo dado aos dispositivos de tensionamento é determinado em função do tipo de tela instalada. Para

tela com elementos têxteis o curso mínimo é de 2% do entre eixo do transportador, enquanto para telas metálicas o curso deverá ser de 0,3%-0,5% (Rulmeca, 2019). Os tambores de desvio são utilizados para aumentar o ângulo de envolvimento da tela, como é possível ver na Figura 19.



Figura 19 - Exemplo de tambores de desvio utilizados.

O contrapeso é dimensionado no valor mínimo necessário para garantir o movimento da tela e a fim de evitar solicitações desnecessárias e consequentemente maior desgaste da tela. Entretanto, são também utilizados para todos os desvios necessários em presença de dispositivos de tensão com contrapeso ou descarregadores móveis.

Os tambores de contrapeso são então utilizados para fornecer o esticamento necessário a que exista a aderência da tela ao tambor de comando, independentemente das condições de trabalho. Desta forma, o tambor deve ser montado numa estrutura que se consiga mover entre guias e que permita assim, as oscilações necessárias ao bom funcionamento do transportador. Na figura seguinte, apresenta-se um exemplo de contrapeso para esticar a tela.



Figura 20 - Exemplo de contrapeso utilizado para esticamento de tela.

3.6 - Estações auto-centrantes

Numa situação ideal, uma tela deve estar em boas condições e com a carga alinhada no centro. Com tais condições não irá desviar e permanecerá alinhada, mas, no entanto, telas que se desviam do percurso delineado são uma realidade atual em muitas operações de transporte, provocando o derramamento de material (Swinderman, et al., 2012). Para contrariar esse movimento são utilizados vários sistemas de alinhamento.

O sistema mais comum de alinhamento da tela é bastante semelhante a uma estação de carga já mencionado anteriormente, tendo neste caso dois roletes colocados perpendicularmente em relação à tela, como se mostra a Figura 21. Os roletes são colocados de 25 a 75 mm da tela em ambos os lados. Este sistema denomina-se por alinhador de roletes sensíveis (Swinderman, et al., 2012). Os alinhadores de roletes sensíveis estão projetados para uso no lado de carregamento da tela e no lado de retorno.

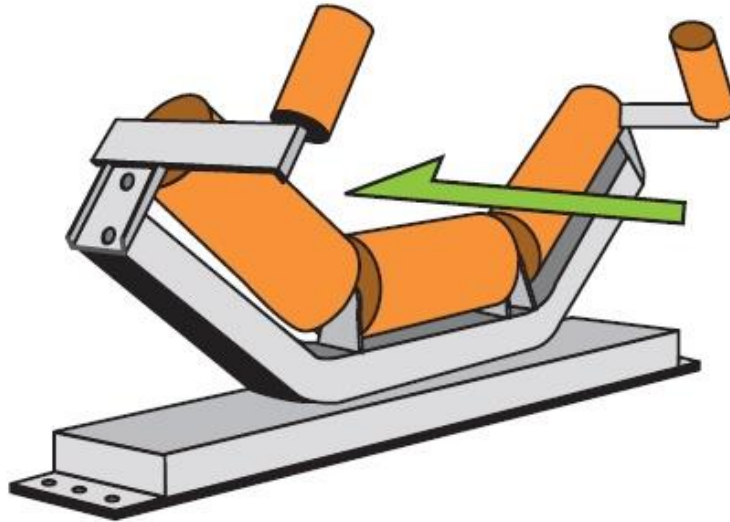


Figura 21 - Estação de alinhamento de roletes sensíveis (Swinderman, et al., 2012).

Outro sistema utilizado é um alinhador de mola de torção, sendo esta uma versão mais aprimorada (Figura 22). Este modo de alinhamento não apresenta roletes e apresenta uma mola de torção ao centro da estação. Essa mola mantém o rolo em contato com o centro da tela em todas as situações. Sempre que existe um desvio da tela em qualquer direção, a mola compensará esse desalinhamento e direcionará a tela para o centro da estação. Uma desvantagem deste sistema é o fato de não poder funcionar com um conjunto de roletes angulares. Além disso, o único rolo utilizado irá estar em contato constante com a tela, estando sujeito a forças constantes provenientes dos desvios, em comparação com os alinhadores de roletes sensíveis (Swinderman, et al., 2012).



Figura 22 - Estação de alinhamento de mola de torção (Goodmaxgroup, 2021).

3.7 - Dispositivos de limpeza

Os dispositivos de limpeza das telas, são elementos que atuam através de uma lâmina exercendo pressão sobre a tela geralmente obtida através de molas, removendo assim, resíduos de material aderentes à tela. Os dispositivos são instalados na parte inferior do transportador e destinam-se a evitar que haja detritos entre a tela e os tambores, de forma a não originar danos dos mesmos. Estes dispositivos são bastante importantes, particularmente em transportadores de materiais húmidos e pegajosos, visto reduzirem substancialmente as intervenções de manutenção necessárias pelo operador levando assim a uma maior produtividade.

Um dos dispositivos usados é o raspador tangencial. Instalado na superfície do tambor motriz logo abaixo da trajetória onde o material é descarregado permitindo que caia conforme ele sai da tela, minimizando qualquer sobrecarga na tremonha de descarga (Figura 23). São instalados para retirar grandes porções de material ainda existentes sobre a tela.

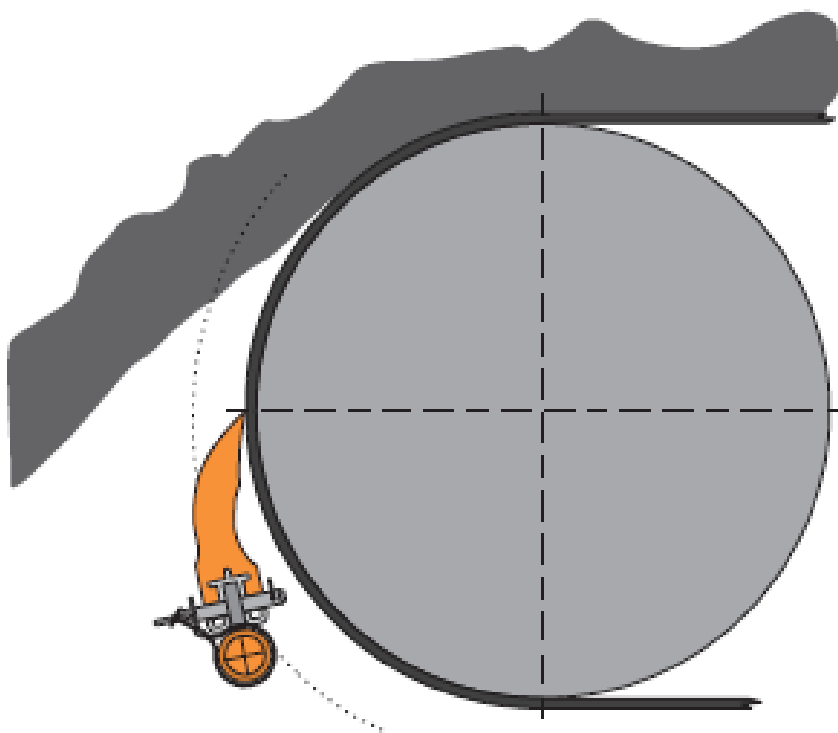


Figura 23 - Demonstração de funcionamento de raspador tangencial (Swinderman, et al., 2012).

A lâmina do raspador deve ser instalada com uma posição de ângulo positivo, inclinada contra o movimento da tela e do tambor com um ângulo entre 30° e 45° à tangente da superfície da tela no ponto de contato (Figura 24).



Figura 24 - Aplicação de raspador tangencial em tambor (Asgard-eng, 2021).

A eficácia da limpeza resulta da combinação do ângulo de limpeza correto e da tensão adequada contra a tela. O aumento da pressão que o raspador exerce sobre a tela, não melhora necessariamente o desempenho de limpeza e originando uma diminuição da vida útil do material. Se o raspador é tencionado em excesso, o seu ângulo de limpeza pode ser alterado para o ponto em que o material é acumulado na folga entre a lâmina e a tela. Este fenómeno irá originar uma acumulação de material sobre o raspador e assim reduzirá a pressão eficaz de limpeza (Figura 25).

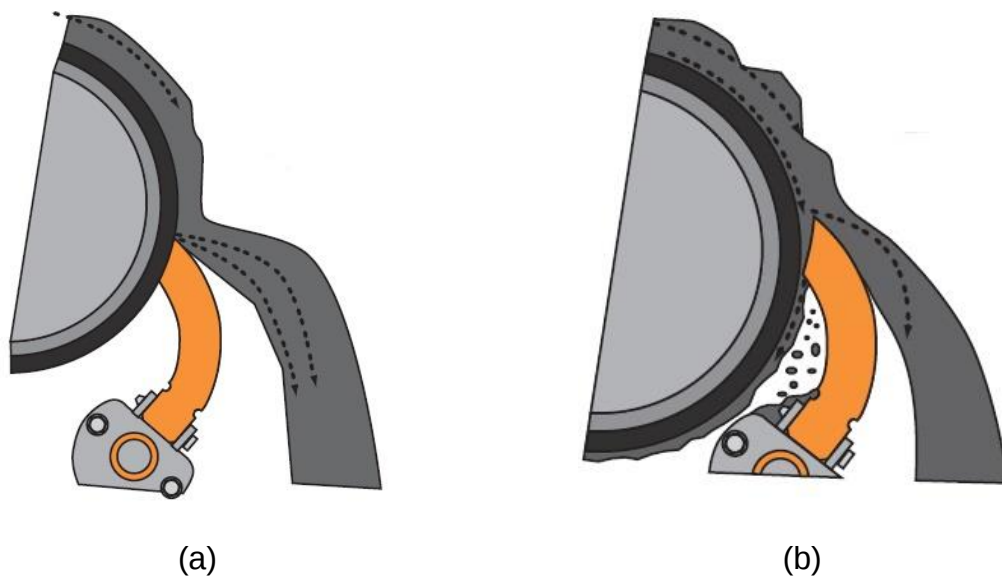


Figura 25 - Exemplificação do funcionamento correto (a) e incorreto (b) do raspador tangencial (Swinderman, et al., 2012).

Após o raspador tangencial é boa prática colocar outro tipo de raspador após o tambor. Este denomina-se por raspador secundário e localiza-se no ciclo de retorno da tela imediatamente antes ao ponto onde a tela toca no tambor. Esse local ainda está na zona de descarga, permitindo que o material removido volte ao fluxo principal de material através da força da gravidade (Figura 26). O raspador tangencial realiza a

limpeza inicial (dura), enquanto o raspador secundário realiza uma limpeza final (fina) do material. Podem ser necessários mais que um raspador secundário para atingir o nível desejado de limpeza (Rulmeca, 2019).

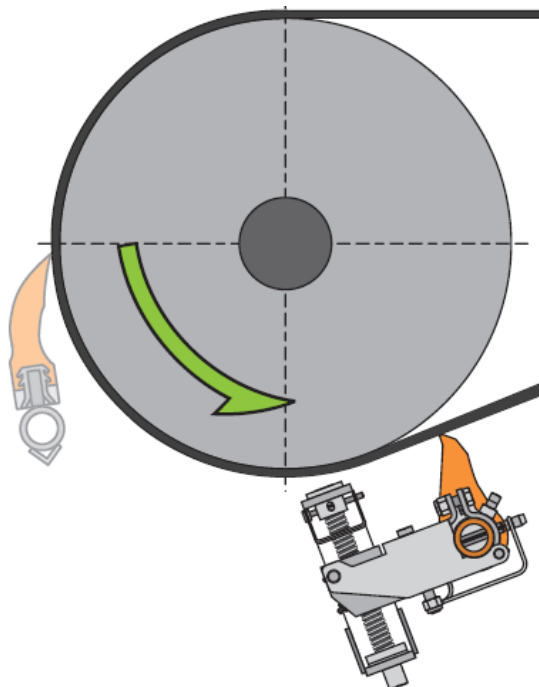


Figura 26 - Demonstração do posicionamento dos raspadores (Swinderman, et al., 2012).

Outro dispositivo de limpeza também bastante usual em transportadores de tela são os raspadores em “V”. Este tipo de dispositivo (Figura 27) impede que qualquer tipo de material ou componente solto do transportador fique preso entre a tela e o tambor mandado, impossibilitando assim qualquer tipo de dano.

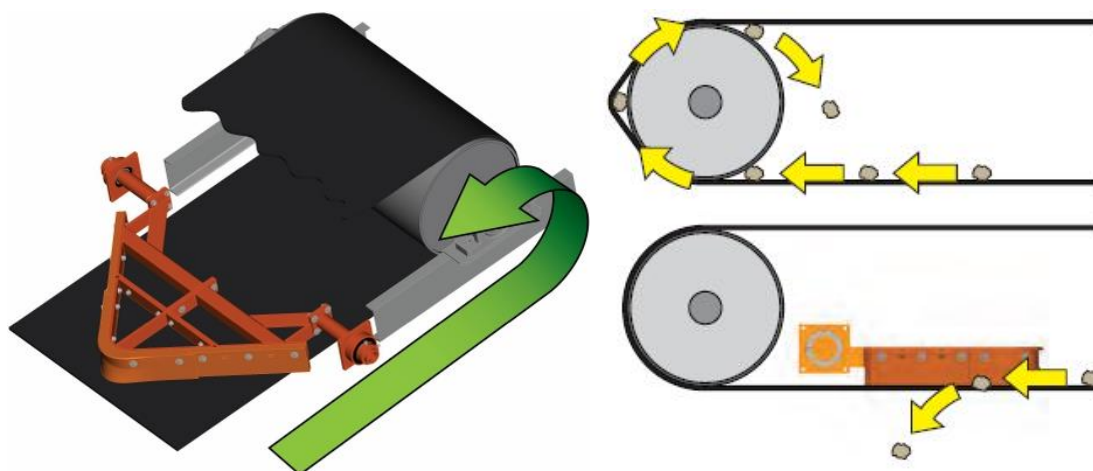


Figura 27 - Raspador em “V” e sua utilização (Swinderman, et al., 2012).

3.8 - Coberturas

As coberturas (Figura 28), podem ser superiores ou inferiores, sendo aplicadas em transportadores para proteção do material transportado contra a chuva e o vento, protegendo também a tela evitando assim o seu ressecamento pela ação do sol. A cobertura inferior são chapas de proteção colocadas no retorno da tela para evitar que materiais da parte superior caiam no lado limpo da tela, podendo desta forma danificar os tambores ou até mesmo a própria tela. O tipo de cobertura depende do clima e do tipo de material a ser transportado (Swinderman, et al., 2012).



Figura 28 - Exemplo de transportador com coberturas de proteção (Tecnoflex, 2021).

3.9 - Segurança e Acessibilidade

Os transportadores de tela são equipamentos com vários tipos de componentes rotativos e móveis, que na maioria das vezes estão expostos ao toque humano, exigindo assim uma atenção especial, sendo imprescindível que existam dispositivos de proteção. Os transportadores são frequentemente colocados em galerias de forma a proteger os seus componentes e assim reduzir o custo em manutenção. Para operações de manutenção, a existência de acessos adequados é fundamental para uma boa produtividade. Isso significa que, o acesso seguro e rápido a um problema deve ser prioritário em relação a outras questões, como por exemplo o custo final do transportador. A ausência de acesso adequado conduz normalmente a práticas de manutenção inadequadas e consequente interrupção de funcionamento do transportador, que por sua vez, afeta a produtividade da operação. Atendendo ao que foi referido anteriormente, na fase de projeto de um transportador deverá ser garantida a facilidade de visualização, de acesso e de substituição por parte de qualquer elemento da equipa de manutenção.

Assim sendo, acesso adequado requer fornecimento de passadiços e plataformas de trabalho próximas aos transportadores de tela (Figura 29), fornecendo um caminho firme adjacente aos transportadores, com fácil acesso a todos os pontos que necessitem de observação, lubrificação, limpeza ou outra tarefa de manutenção (Swinderman, et al., 2012).



Figura 29 - Acesso adequado através de passadiço com proteção lateral (APEquipamentos, 2021).

É também bastante usual a colocação de barreiras de proteção ao longo do transportador (Figura 30), podendo estas serem grades ou outro tipo de obstáculo, a fim de manter os operadores afastados do transportador e dos seus componentes. Geralmente as barreiras de proteção exigem que o operador utilize uma ferramenta típica para o sistema de bloqueio existente de forma a que seja possível assim a remoção da barreira. A inspeção visual dos componentes do transportador de tela e o acesso a pontos de lubrificação devem ser possíveis sem a remoção das barreiras protetoras. Em geral, na zona do contrapeso deverá ser colocado um gradeamento de modo a evitar a circulação de pessoas sob o contrapeso e assim evitando acidentes.



Figura 30 - Gradeamento de proteção utilizado em transportadores (BelgoProtec, 2021).

O transportador deve também ser equipado com uma corda de emergência (Figura 31). Estas cordas devem ser convenientemente instaladas ao longo dos passadiços percorrendo em todo o comprimento a máquina. As cordas devem ser ligadas ao sistema de energia da tela, para que em caso de emergência, um simples puxão na corda por parte do operador interrompa o fornecimento de energia ao transportador, parando-o instantaneamente.

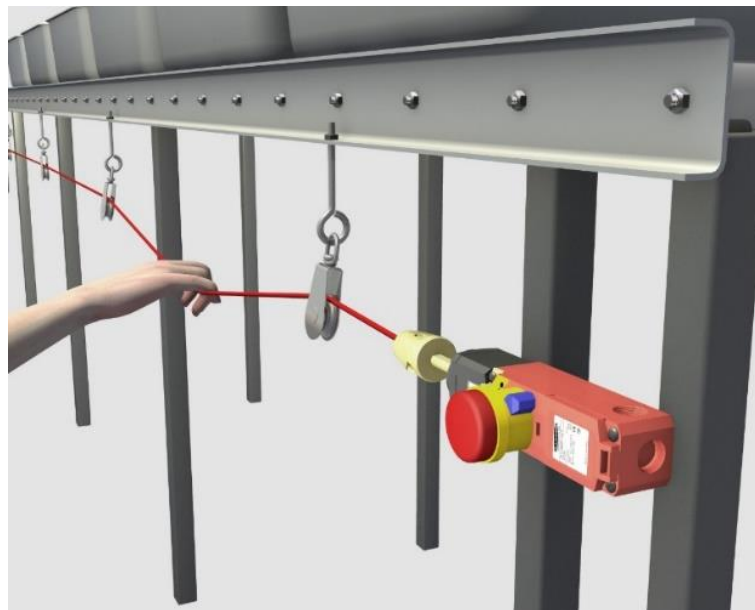


Figura 31 - Sistema de emergência para interrupção do funcionamento do transportador (BannerEngineering, 2021).

Para além do que foi referido anteriormente e em casos de utilização de transportadores inclinados, estes deverão ser instalados com sistemas de anti-retorno, pois em caso de paragem, o movimento da tela será o oposto ao pretendido e poderá provocar o derramamento de material e consequente desperdício, como também outro tipo de acidente. A Figura 32, apresenta o tipo de freio geralmente utilizado neste tipo de transportadores e instalado no veio motriz, poderão também ser utilizados freios incorporados no próprio redutor.



Figura 32 - Exemplo de freio de anti retorno utilizado (Stieberclutch, 2021).

CAPÍTULO 4 - DESENVOLVIMENTO DO TRANSPORTADOR

4.1 - Parâmetros Iniciais

A empresa requerente dos transportadores, situada em Mangualde, tem como objetivo oferecer soluções de derivados de madeira. A fase inicial de projeto de construção dos transportadores necessitava de estabelecer quais as condições de trabalho (da responsabilidade do cliente), assim como a capacidade de transporte e a sua localização. Para tal, foi realizada uma visita ao local. A visita começou por estabelecer então qual o tipo de material a transportar, qual o objetivo do transporte e quais os elementos a considerar na fase de desenvolvimento.

O material a transportar seria casca de madeira, em que o objetivo do transportador seria receber o material no local onde é realizada a trituração da madeira (Figura 33) e posterior depósito num armazém já existente nas instalações (Figura 34).



Figura 33 - Zona de recolha do material a transportar.



Figura 34 - Local de depósito do material a transportar e armazenar.

O local por onde o transportador entrará no armazém será por uma entrada aérea, e com apoio em perfis HEB em forma de U já existentes na altura da visita, como é visível na figura seguinte.



Figura 35 - Zona de entrada do transportador no armazém.

Foi ainda determinado que o transportador deveria ser projetado de acordo com as seguintes condições:

- Tela EP500 de 1000 mm;
- Velocidade de transporte de 1,3 m/s;
- Transportador móvel no interior do armazém;
- Capacidade máxima da tela;
- Proibido a execução de qualquer tipo de soldadura no local, por questões de segurança.

Após estabelecidas todas as condições existentes, e tendo por base os desenhos técnicos do pavilhão (Anexo I e Anexo II), procedeu-se ao levantamento de todas as distâncias para implementação dos transportadores. O pavilhão apresenta um comprimento de 66000 mm e com uma altura de pé direito de 12000 mm, sendo a distância da entrada superior do pavilhão ao local de recolha da apara de 52000 mm. Analisadas todas as condições existentes do local e os parâmetros requisitados pelo cliente, foi então acordado que seriam construídos 3 transportadores.

O primeiro transportador será o que recebe a casca vindo do pavilhão destrocador e irá descarregar no segundo transportador. Este terá um comprimento de 53000 mm, com uma inclinação desde a cota 0 até aos 11000 mm. Este será posicionado paralelamente à linha do pavilhão descascador para o pavilhão de armazenamento e será apoiado em estrutura metálica treliçada, com um passadiço ao longo de uma das

laterais. Esta estrutura será suportada por pilares com afastamento entre eles de aproximadamente 12000 mm. Na zona superior apoia numa torre fabricada em estrutura metálica, onde se dá a descarga de material para o início do segundo transportador.

O segundo transportador terá 52000 mm de comprimento e será posicionado perpendicularmente em relação ao anterior. Este terá o seu início na torre metálica e termina no centro do armazém. Da torre à entrada do edifício a estrutura é de igual tipologia à do transportador anterior, sendo que no interior do edifício, a estrutura do transportador será apoiada na estrutura existente do telhado. Este transportador apresentará um passadiço numa das laterais desde a torre até ao término do armazém.

O terceiro transportador tem como função distribuir a casca de modo uniforme ao longo de todo o armazém. Este terá 30000 mm de comprimento e será móvel. Estará posicionado imediatamente abaixo do transportador número dois, deslocando-se longitudinalmente ao longo do armazém. Para tal a sua estrutura possuirá rodas, que estarão assentes num carril.

4.2 - Cálculos

Todas as equações utilizadas e os cálculos efetuados para o dimensionamento dos transportadores foram realizados com o auxílio do catálogo técnico da *Rulmeca* (Rulmeca, 2019). A *Rulmeca* é uma empresa italiana, sendo uma das maiores fornecedoras de rolos e tambores para transportadores de tela a nível mundial. Numa primeira fase foi realizado um estudo da estrutura metálica necessária para suportar todo o peso do transportador de acordo com o Eurocódigo 3. Para além desse estudo foi também necessário proceder-se ao dimensionamento das fundações em betão onde irão ser ancorados alguns apoios dos transportadores. Para efetuar este dimensionamento recorreu-se ao programa “Robot”. Importa referir que estes dois dimensionamentos foram realizados pelo gabinete de engenharia da empresa SILVAS, S.A.

O primeiro passo realizado no cálculo dos transportadores é o de escolher qual seria o tipo de tela que os três transportadores iriam utilizar. Atendendo a que era um requisito do cliente, os três transportadores iriam utilizar uma tela do tipo EP, fabricada com fibras de poliéster no sentido longitudinal e poliamida no sentido transversal, com propriedades anti fogo, com uma largura de 1000 mm e com uma tensão máxima de 500 N/mm, bastante usual na indústria (HIC, 2021).

O correto desenvolvimento de um transportador de tela inicia-se com a avaliação das características do material a ser transportado, em particular o ângulo de repouso (Figura 36) e o ângulo de sobrecarga (Figura 37). O ângulo de repouso é o ângulo que a superfície de acumulação, formada livremente assume no plano horizontal,

enquanto o ângulo de sobrecarga é o ângulo que a superfície de acumulação formada livremente assume em relação ao plano horizontal de acordo com a estação e com a tela em movimento.

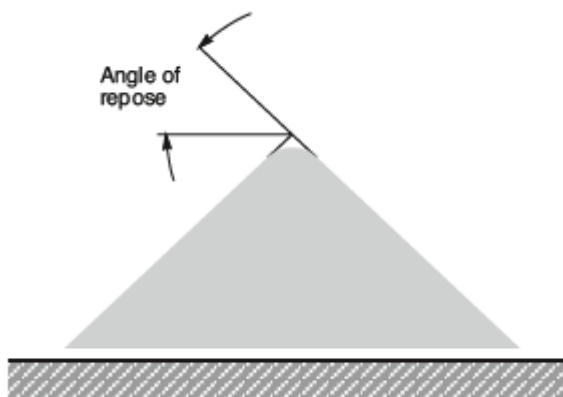


Figura 36 - Ângulo de Repouso formado livremente (Rulmeca, 2019).

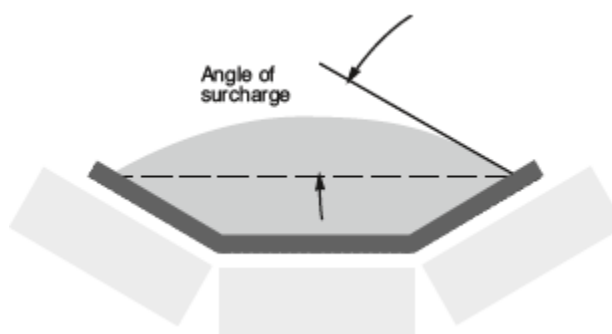


Figura 37 - Ângulo de Sobrecarga formado com movimento da tela (Rulmeca, 2019).

A Figura 38 oferece a correlação entre as características físicas dos materiais e os respectivos ângulos. Um transportador de aparas de madeira deverá apresentar um ângulo de repouso de 40° e um ângulo de sobrecarga de 30° .

Considerando estes valores e de acordo com a Figura 39, um transportador com tela de 1000 mm, ângulo de sobrecarga de 30° , estações de 3 rolos com um ângulo de inclinação dos rolos laterais de 30° e à velocidade de 1 m/s, terá uma capacidade de transporte de $447 \text{ m}^3/\text{h}$. Importa referir que a escolha das estações de rolos com uma inclinação de 30° foi escolhida em virtude ser o mais usual na indústria (Rulmeca, 2019).

Fluency very high high medium low					Profile on a flat belt
Angle of surcharge β					
5°	10°	20°	25°	30°	β
Angle of repose					
0-19°	20-29°	30-34°	35-39°	40° and more	Others
Characteristics of materials					
Uniform dimensions, round particles, very small size. Very humid or very dry such as dry sand, silica, cement and wet limestone dust etc.	Partly rounded particles, dry and smooth. Average weight as for example cereal, grain and beans.	Irregular material, granular particles of average weight as for example anthracite coal, clay etc.	General everyday material as for example bituminous coal and the majority of minerals.	Irregular viscous fibrous material which tends to get worse in handling, as for example <u>wood shavings</u> , <u>sugar cane by product</u> , foundry sand, etc.	Here may be included materials with a variety of characteristics as indicated in the following Tab.2.

Figura 38 - Ângulo de sobrecarga, de repouso e fluência do material (Rulmeca, 2019).

Loaded volume with 3 roll troughing sets $v = 1 \text{ m/s}$						
Belt width mm	Angle of surcharge β	VT m^3/h				
		$\lambda = 20^\circ$	$\lambda = 25^\circ$	$\lambda = 30^\circ$	$\lambda = 35^\circ$	$\lambda = 45^\circ$
1000	5°	207.5	244.1	277.1	306.1	351
	10°	243.2	278.4	309.8	337.1	377.9
	20°	316	348.5	376.7	400.4	433
	25°	353.7	384.8	411.4	433.1	461.4
	30°	392.5	422.2	447	466.9	490.8

Figura 39 - Capacidade volumétrica com estações de 3 rolos para velocidade de 1 m/s (Rulmeca, 2019).

Atendendo que o primeiro transportador será inclinado, os valores de capacidade volumétrica máxima devem ser segundo a seguinte relação:

$$I_{vm} = I_{vt} \times K \times K1 \quad (1)$$

Onde:

- I_{vt} - representa a capacidade volumétrica [t/h];
- K - representa a inclinação do transportador [];
- $K1$ - representa a taxa de alimentação [].

Segundo a figura seguinte, para uma inclinação de 12° o valor de K é aproximadamente 0.94 e o valor de $K1$ para uma alimentação regular é de 1.

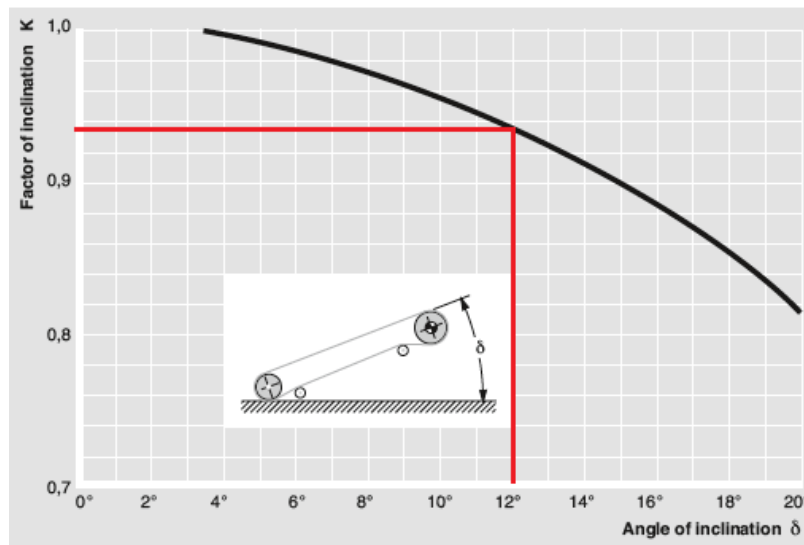


Figura 40 - Fator de inclinação K de acordo com ângulo de inclinação (Rulmeça, 2019).

Assim e através da equação (1) a capacidade máxima de transporte é de $420 \text{ m}^3/\text{h}$ para a velocidade de 1 m/s . Como a velocidade do transportador será de $1,3 \text{ m/s}$, a capacidade de transporte será de $546 \text{ m}^3/\text{h}$.

De forma a se conseguir quantificar a potência do motor necessária para o transportador inclinado, é necessário primeiro calcular a força tangencial existente no tambor motriz. Para isso terá que se utilizar a seguinte equação:

$$F_u = [L \times C_q \times C_t \times f \times (2 \times Q_b + Q_g + Q_{ru} + Q_{ro}) \pm (Q_g \times H)] \times 9,81 \quad (2)$$

Onde, a equação estabelece $L[\text{m}]$ como sendo o comprimento do transportador, enquanto C_q , C_t e f são coeficientes adimensionais de resistências passivas proporcionais ao comprimento do transportador, à temperatura de serviço e ao atrito interno dos elementos rotativos do transportador, respetivamente. $Q_b[\text{kg/m}]$ representa o valor da massa da tela por metro linear, $Q_g[\text{kg/m}]$ é a massa de material transportado por metro linear de tela, $Q_{ru}[\text{kg/m}]$ e $Q_{ro}[\text{kg/m}]$ representam a massa dos

rolos inferiores e superiores por metro linear de tela e $H[m]$ a altura máxima do transportador. Através das figuras seguintes é possível retirar que C_q tem o valor de 2,07 para um transportador com entre eixos de 53000 mm, enquanto C_t apresenta um valor de 1,01 para uma temperatura acima de 10°C , visto a temperatura média anual da zona geográfica onde se situa a empresa ser de 12°C , valor esse obtido segundo dados do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). O valor de f é de 0,0161 para uma velocidade de 1,3 m/s.

Centres m	C_q
10	4.5
20	3.2
30	2.6
40	2.2
50	2.1
60	2.0
80	1.8
100	1.7
150	1.5
200	1.4
250	1.3
300	1.2
400	1.1
500	1.05
1000	1.03

Figura 41 - Valor de C_q em relação à distância de entre eixos (Rulmeca, 2019).

Temperature $^{\circ}\text{C}$	+ 20°	+ 10°	0	- 10°	- 20°	- 30°
Fattore C_t	1	1,01	1,04	1,10	1,16	1,27

Figura 42 - Valor de C_t em relação à temperatura de trabalho (Rulmeca, 2019).

Horizontal belt conveyor rising and gently falling	speed m/s					
	1	2	3	4	5	6
Rotating parts and material with standard internal friction	0,0160	0,0165	0,0170	0,0180	0,0200	0,0220
Rotating parts and material with high internal friction in difficult working conditions	from 0,023 to 0,027					
Rotating parts of a conveyor in descent with a brake motor	from 0,012 to 0,016					

Figura 43 - Valor de f em relação à velocidade de transporte (Rulmeca, 2019).

Enquanto isso, $Q_b[\text{kg/m}]$ é estabelecido como o valor da massa da tela por metro linear, sendo esse valor o que vem estabelecido no catálogo do fabricante e é de 13 kg/m. Para calcular o valor de $Q_g[\text{kg/m}]$, a massa de material transportado por metro linear de tela esta será calculada de acordo com a equação (3). A massa volúmica do material (ρ) é de 300 kg/m³.

$$Q_g = \frac{Ivm \times \rho}{3600 \times v} \quad (3)$$

$$Q_g = 45,5 \text{ kg/m}$$

Na equação (2) é ainda necessário proceder aos cálculos dos valores da massa dos rolos superiores e inferiores, ($Q_{ro}[\text{kg/m}]$ e $Q_{ru}[\text{kg/m}]$). Para isso terá que se calcular as cargas existentes nos mesmos e assim estabelecer o tipo de rolo que apresenta as melhores características para o caso em estudo. De acordo com a Figura 44 é aconselhado que, para telas com largura de 1000 mm e velocidades de transporte inferiores a 2 m/s, rolos tenham um diâmetro de 108 mm ou 133 mm.

Tab.16 - Roller diameter advised

Belt width mm	For speed ≤ 2 m/s		2 ÷ 4 m/s		≥ 4 m/s		
	Ø roller mm		Ø roller mm		Ø roller mm		
500	89		89				
650	89		89	108			
800	89	108	89	108	133	133	
1000	108	133	108	133		133	159
1200	108	133	108	133	159	133	159
1400	133	159	133	159		133	159
1600	133	159	133	159	194	133	159
1800	159	159	159	194			
2000	159	194	159	194		159	194
2200 and more	194		194			194	

Figura 44 - Diâmetro aconselhado dos rolos de transporte (Rulmeca, 2019).

Depois de se ter indicação de qual é o diâmetro aconselhado dos rolos, o próximo passo será a realização do dimensionamento do rolo de carga para posterior seleção. Ora, a carga estática nas estações de carga é dada pela seguinte equação:

$$Ca = a_0 \times (Q_b + Q_g) \times 9.81 \quad (4)$$

Tendo em conta a capacidade volumétrica em t/h e a_0 [m] o passo máximo aconselhado das estações de carga, é descrito que a flexa da tela entre duas estações consecutivas não deve superar os 2% do mesmo passo, pois uma flexa maior origina durante o transporte fuga de material e excessivos atritos (Rulmeca,2019). Desta forma, o valor máximo aconselhado de a_0 em função da largura da tela e da massa volúmica do material é de 1350 mm (Figura 45).

Belt width mm	Pitch of sets upper			lower m
	specific weight of conveyed material t/m³			
	< 1.2 m	1.2 ÷ 2.0 m	> 2.0 m	
300	1.65	1.50	1.40	3.0
400				
500				
650				
800	1.50	1.35	1.25	3.0
1000	1.35	1.20	1.10	3.0
1200	1.20	1.00	0.80	3.0
1400				
1600				
1800				
2000	1.00	0.80	0.70	3.0
2200				

Figura 45 - Passo máximo aconselhado para estações de carga (Rulmeca, 2019)

Usando a equação (4) o valor de Ca [N] é apresentando de seguida.

$$Ca = 1,35 \times (13 + 45,5) \times 9.81 \Leftrightarrow Ca = 774,8 \text{ N}$$

Posteriormente, para o cálculo da carga dinâmica, equação (5), que é exercida na estação é necessário utilizar fatores adimensionais de serviço tais como, o tempo de trabalho previsto dos rolos (F_s []), o ambiente em que trabalham (F_m []) e o fator de impacto do material (F_d []).

$$Ca1 = Ca \times F_s \times F_m \times F_d \quad (5)$$

Através das figuras seguintes é possível retirar que, o valor de F_s é de 1,2, o valor de F_m é de 0,9 e o valor de F_d é de 1.

Life	Fs
Less than 6 hours per day	0.8
From 6 to 9 hours per day	1.0
From 10 to 16 hours per day	1.1
Over 16 hours per day	1.2

Figura 46 - Valor de Fs em relação ao tempo de serviço (Rulmeca, 2019).

Conditions	Fm
Clean and regular maintenance	0.9
Abrasive or corrosive material present	1.0
Very abrasive or corrosive material present	1.1

Figura 47 - Valor de Fm em relação às condições de trabalho (Rulmeca, 2019).

Material lump size	Belt speed m/s						
	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0 ÷ 100 mm	1	1	1	1	1	1	1
100 ÷ 150 mm	1.02	1.03	1.05	1.07	1.09	1.13	1.18
150 ÷ 300 mm in layers of fine material	1.04	1.06	1.09	1.12	1.16	1.24	1.33
150 ÷ 300 mm without layers of fine material	1.06	1.09	1.12	1.16	1.21	1.35	1.50
300 ÷ 450 mm	1.20	1.32	1.50	1.70	1.90	2.30	2.80

Figura 48 - Fator de impacto Fd em relação ao tamanho do material e velocidade (Rulmeca, 2019).

Assim o valor da carga dinâmica é 837 N, tal como se apresenta seguidamente.

$$Ca1 = 775 \times 1,2 \times 1, \times 0,9 \Leftrightarrow Ca1 = 837 \text{ N}$$

De forma a descobrir a carga existente no rolo mais solicitado sendo este o rolo central, terá que se multiplicar o valor de Ca1[N] por um fator de participação de carga (Fp). Para tal deve-se fazer uso da equação (6) e da Figura 49.

$$ca = Ca1 \times Fp \quad (6)$$

$$ca = 837 \times 0,65 \Leftrightarrow ca = 544 \text{ N}$$

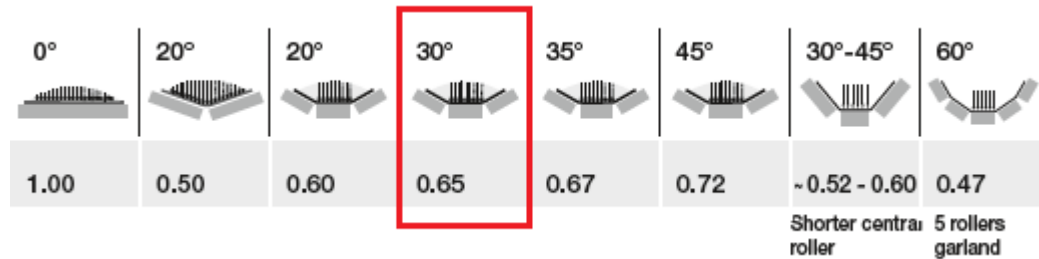


Figura 49 - Fator F_p em relação à inclinação dos rolos laterais (Rulmeca, 2019).

Calculados os valores das cargas existentes na estação de carga, o rolo mais apropriado neste projeto de acordo com a Figura 50, é um rolo da Série PSV1 de Ø108 mm e comprimento de 388 mm.

ROLLER				PSV/1-FHD								PSV/2-FHD								PSV/3-FHD							
Ø mm	Belt Width Arrangements		length C mm	belt speed m/s								belt speed m/s								belt speed m/s							
				1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
		400	168	191	167	152	141	133	126																		
	300	500	208	191	167	152	141	133	126			293	256	232	216	203	193										
	400	650	258	191	167	152	141	133	126			293	256	232	216	203	193			431	376	342	317	299	284		
	500	800	323	191	167	152	141	133	126			293	256	232	216	203	193			431	376	342	317	299	284		
300	650	1000	388	191	167	152	141	133	126			293	256	232	216	203	193			431	376	342	317	299	284		
	800	1200	473	191	167	152	141	133	126			293	256	232	216	203	193			431	376	342	317	299	284		
400			508	191	167	152	141	133	126			293	256	232	216	203	193			431	376	342	317	299	284		
		1400	538	191	167	152	141	133	126			293	256	232	216	203	193			431	376	342	317	299	284		
108	500	1000	608	191	167	152	141	133	126			293	256	232	216	203	193			431	376	342	317	299	284		
	1200	1600	708	170	167	152	141	133	126			293	256	232	216	203	193			404	376	342	317	299	284		
650			758	158	158	152	141	133	126			293	256	232	216	203	193			375	375	342	317	299	284		
		1400	808	147	147	147	141	133	126			293	256	232	216	203	193			351	351	342	317	299	284		
	1600		908	130	130	130	130	130	126			293	256	232	216	203	193			310	310	310	310	299	284		
800			958	123	123	123	123	123	123			293	256	232	216	203	193			294	294	294	294	294	284		
1000			1158	101	101	101	101	101	101			249	249	232	216	203	193			242	242	242	242	242	242		
1200			1408	82	82	82	82	82	82			205	205	205	205	203	193			199	199	199	199	199	199		
1400			1608	72	72	72	72	72	72			180	180	180	180	180	180			175	175	175	175	175	175		
1600			1808									161	161	161	161	161	161			157	157	157	157	157	157		
		500	208	205	179	163	151	142	135	129		314	274	249	231	217	207	198									
		650	258	205	179	163	151	142	135	129		314	274	249	231	217	207	198			462	403	366	340	320	305	291
	500	800	323	205	179	163	151	142	135	129		314	274	249	231	217	207	198			462	403	366	340	320	305	291
	650	1000	388	205	179	163	151	142	135	129		314	274	249	231	217	207	198			462	403	366	340	320	305	291
	800	1200	473	205	179	163	151	142	135	129		314	274	249	231	217	207	198			462	403	366	340	320	305	291
		1400	538	205	179	163	151	142	135	129		314	274	249	231	217	207	198			462	403	366	340	320	305	291
500	1000	1600	608	200	179	163	151	142	135	129		314	274	249	231	217	207	198			462	403	366	340	320	305	291
		1800	678									314	274	249	231	217	207	198			416	403	366	340	320	305	291
	1200		708	169	169	163	151	142	135	129		314	274	249	231	217	207	198			397	397	366	340	320	305	291
133	650	2000	758	157	157	157	151	142	135	129		314	274	249	231	217	207	198			368	368	366	340	320	305	291
			808	146	146	146	146	142	135	129		314	274	249	231	217	207	198			343	343	343	340	320	305	291
	1400		908	129	129	129	129	129	129	129		310	274	249	231	217	207	198			303	303	303	303	303	305	291
	1600		958	122	122	122	122	122	122	122		293	274	249	231	217	207	198			286	286	286	286	286	286	286
800			1008									278	274	249	231	217	207	198			271	271	271	271	271	271	
	1800		1108									278	274	249	231	217	207	198			245	245	245	245	245	245	
	2000		1158	99	99	99	99	99	99	99		240	240	240	231	217	207	198			234	234	234	234	234	234	
1000			1408	81	81	81	81	81	81	81		197	197	197	197	197	197	197			192	192	192	192	192	192	
1200			1608	71	71	71	71	71	71	71		172	172	172	172	172	172	172			167	167	167	167	167	167	
1400			1808	63	63	63	63	63	63	63		153	153	153	153	153	153	153			149	149	149	149	149	149	
1600			2008									138	138	138	138	138	138	138			134	134	134	134	134	134	
1800			2208																								
2000																											

Figura 50 - Escolha do rolo em relação à capacidade de carga em daN, ao diâmetro, à largura e velocidade da tela para 30000 horas de ciclo de trabalho (Rulmeca, 2019).

Nas estações de retorno atendendo que apenas existe carga proveniente do movimento da tela, o cálculo da carga estática nas estações será efetuado através de fatores tais como, o passo aconselhado das estações de retorno (a_u [m]) e a massa da tela por metro linear, equação (7). A estação de retorno apresentará apenas um rolo único.

$$Cr = a_u \times q_b \times 9.81 \quad (7)$$

$$Cr = 3 \times 13 \times 9.81 \Leftrightarrow Cr = 383 \text{ N}$$

Para o cálculo das cargas dinâmicas é necessário utilizar os fatores ambientais já considerados anteriormente, sendo que neste caso é acrescentada a variável F_v] correspondente ao fator de velocidade em relação ao diâmetro do rolo.

$$Cr1 = Cr \times F_s \times F_m \times F_v \quad (8)$$

Para este caso foi utilizado o fator de velocidade para um rolo de Ø133 mm e de acordo com a Figura 51 é possível observar que, este apresenta o menor valor em comparação com o rolo de Ø108 mm e assim irá estar sujeito a cargas menores.

Belt speed m/s	Roller diameter mm						
	60	76	89-90	102	108-110	133-140	159
0.5	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
1.0	0.92	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	0.80
1.5	0.99	0.99	0.92	0.89	0.88	0.85	0.82
2.0	1.05	1.00	0.96	0.95	0.94	0.90	0.86
2.5			1.01	0.98	0.97	0.93	0.91
3.0			1.05	1.03	1.01	0.96	0.92
3.5					1.04	1.00	0.96
4.0					1.07	1.03	0.99
4.5					1.14	1.05	1.02
5.0					1.17	1.08	1.00

Figura 51 - Fator de velocidade F_v em relação ao diâmetro do rolo (Rulmeca, 2019).

Sendo assim o valor das cargas dinâmicas é de:

$$Cr1 = 383 \times 1,2 \times 0,9 \times 0,83 \Leftrightarrow Cr1 = 343 \text{ N}$$

Calculado o valor da carga dinâmica e a estação de retorno apresentar apenas um rolo, a Figura 50 mostra que a escolha mais adequada é o rolo da série PSV-1 de

Ø133 mm e comprimento 1158 mm. Este rolo apresenta anéis ovais distanciados na parte central do rolo.

Tendo-se calculados os diâmetros dos rolos utilizados, é possível calcular a massa dos componentes rotativos dos rolos superiores (Q_{ro} [kg/m]) e inferiores (Q_{ru} [kg/m]) através das equações (9) e (10), respetivamente.

$$Q_{ro} = \frac{P_{prs}}{a_0} \quad (9)$$

$$Q_{ru} = \frac{P_{pri}}{a_u} \quad (10)$$

A Figura 52 fornece os valores de P_{prs} [Kg] e P_{pri} [Kg] para uma estação superior de trio e uma estação inferior plana, de acordo com o diâmetro dos rolos selecionados anteriormente para cada estação.

Belt width mm	Roller diameter mm									
	89		108		133		159		194	
	Pprs Kg	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri
400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	5.1	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—
650	9.1	6.5	—	—	—	—	—	—	—	—
800	10.4	7.8	16.0	11.4	—	—	—	—	—	—
1000	11.7	9.1	17.8	13.3	23.5	17.5	—	—	—	—
1200	—	—	20.3	15.7	26.7	20.7	—	—	—	—
1400	—	—	—	—	29.2	23.2	—	—	—	—
1600	—	—	—	—	31.8	25.8	—	—	—	—
1800	—	—	—	—	—	—	47.2	38.7	70.5	55.5
2000	—	—	—	—	—	—	50.8	42.2	75.3	60.1
2200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Figura 52 - Massa dos componentes rotativos do rolo das estações superiores e inferiores (Rulmeca, 2019).

Assim a massa dos componentes rotativos dos rolos superiores (Q_{ro} [kg/m]) e inferiores (Q_{ru} [kg/m]) são de:

$$Q_{ro} = 13,2 \text{ Kg/m}$$

$$Q_{ru} = 5,8 \text{ Kg/m}$$

Calculadas todas as variáveis existentes na equação (2), e sabendo que o desnível que a tela apresenta 11000 mm, o valor da força tangente F_u [N] existente no tambor motor é a seguinte:

$$F_u = [53 \times 2,07 \times 1,01 \times 0,016 \times (2 \times 13 + 45,5 + 5,8 + 13,2) + (45,5 \times 11)] \times 9,81$$

$$F_u = 6493 \text{ N}$$

Assim sendo e de acordo com a Equação (11), a potência necessária ao correto funcionamento do transportador com o auxílio de um motoredutor com um rendimento de 80%, e uma velocidade de 1.3 m/s é de 10,5 kW.

$$P = \frac{F_u \times v}{\eta} \quad (11)$$

O dimensionamento dos tambores estabelece uma estreita relação com as características de resistência dos elementos têxteis da tela utilizada. Alguns fabricantes de telas fornecem valores de diâmetros de tambores em função da carga admissível pela tela. Neste caso, para a tela selecionada neste projeto com uma carga admissível de 500 N/mm, são aconselhados tambores de diâmetro mínimo Ø500 mm e Ø400 mm para tambores motores e tambores de retorno, respetivamente, como também para tambores de desvio de Ø315 mm, tal como é possível de visualizar na figura seguinte.

Belt breaking load N/mm	Belt with textile core EP DIN 22102			Belt with steel core ST DIN 22131		
	Ø motorised pulley mm	return pulley	direction change drum	Ø motorised pulley mm	return pulley	direction change pulley
200	200	160	125	-	-	-
250	250	200	160	-	-	-
315	315	250	200	-	-	-
400	400	315	250	-	-	-
500	500	400	315	-	-	-
630	630	500	400	-	-	-
800	800	630	500	630	500	315
1000	1000	800	630	630	500	315
1250	1250	1000	800	800	630	400
1600	1400	1250	1000	1000	800	500
2000	-	-	-	1000	800	500
2500	-	-	-	1250	1000	630
3150	-	-	-	1250	1000	630

Figura 53 - Diâmetros mínimos recomendados dos tambores (Rulmeca, 2019).

Selecionado então o diâmetro do tambor motor, a velocidade angular necessária (Equação 12) para o transporte de material à velocidade de 1,3 m/s será de 49 RPM.

$$n = \frac{v \times 1000 \times 60}{D \times \pi} \quad (12)$$

De seguida, é necessário estabelecer qual o tipo de rolo de impacto a utilizar. Para isso é preciso estimar as cargas aplicadas no momento de impacto e também as cargas que vão ser impostas durante o transporte do material. Define-se então a altura correta de queda H_c [m] do material através da seguinte equação:

$$H_c = H_f + H_v \times \sin^2(\gamma) \quad (13)$$

As variáveis existentes na equação são valores dependentes da tremonha construída para a troca de material entre transportadores, dos quais foram estabelecidos ainda na fase de projeto da estrutura metálica necessária ao suporte do transportador, tendo sido determinado que os valores de H_f [m], H_v [m] e γ seriam aproximadamente 4000 mm, 1000 mm e 20° , respetivamente. Estes parâmetros retratam a altura de queda livre do material deste o ponto de saída até ao ponto de contato com a tremonha (H_f [m]), a altura do ponto de contato do material com a tremonha até a tela (H_v [m]) e o ângulo de inclinação da tremonha (γ). A Figura 54 mostra os valores necessários ao cálculo.

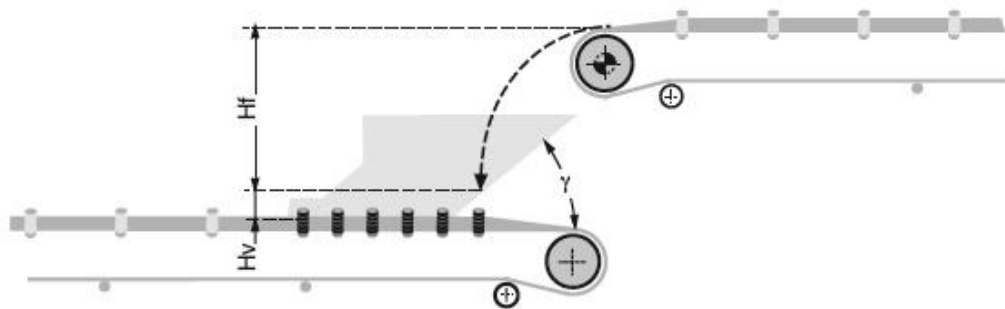


Figura 54 - Demonstração de parâmetros necessários ao cálculo da altura correta de queda (H_c) (Rulmeca, 2019).

Assim, o valor da altura correta de queda é de:

$$H_c = 4,25 \text{ m}$$

Para material solto e homogêneo fino, a força de impacto P_i pode ser estimada através da equação (14), sendo H_c [m] a altura de queda das partículas e I_v [t/h] o fluxo de material.

$$Pi \cong Iv \times \frac{\sqrt{Hc}}{8} \times 9,81 \quad (14)$$

$$Pi = 420 \text{ N}$$

A força que atua somente no rolo central ($Pi[N]$), sendo este claramente o mais solicitado, é obtida através da introdução do fator de participação $Fp[N]$ já utilizado anteriormente e usando-se a equação seguinte.

$$Pic \cong Fp \times Pi \quad (15)$$

$$Pic \cong 273 \text{ N}$$

Somando a este valor a carga proveniente do transporte horizontal ($ca[N]$) do material, obteremos então a carga total atuante no rolo central da estação, sendo assim possível escolher o tipo de rolo mais apropriado para esta situação. Atendendo a que, o valor da carga a atuar no rolo central é de 715 N, o rolo mais apropriado, de acordo com a Figura 50, é um rolo de impacto da série PSV-1 de Ø108 mm e comprimento de 388 mm.

De acordo com a Figura 55, a distância de transição ($Lt[m]$) aconselhada para a tela utilizada e para a inclinação das estações de carga é de 1400 mm.

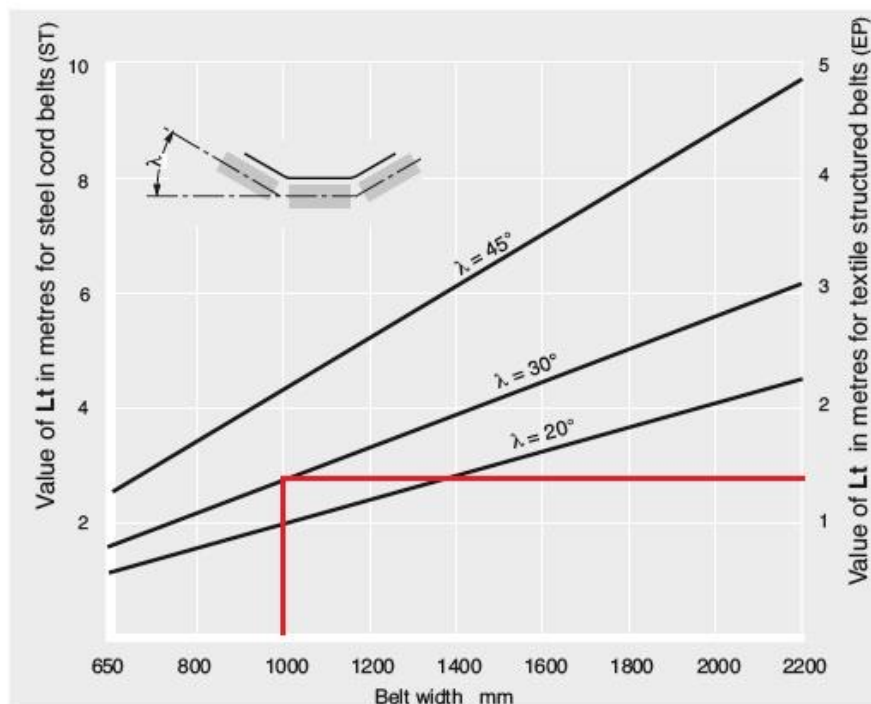


Figura 55 - Distância de transição para os diferentes tipos de tela (Rulmeca, 2019).

A próxima etapa é realizar o dimensionamento do contrapeso. Para isso é necessário saber as forças atuantes nos tambores. A força tangencial total ($F_u[N]$) na lateral do tambor motor corresponde à diferença dos esforços $T_1[N]$ e $T_2[N]$ e é calculada através da equação (16).

$$F_u = T_1 - T_2 \quad (16)$$

Essa carga tem origem no binário necessário para mover a tela, em que esta passa do ponto A para o ponto B (Figura 56).

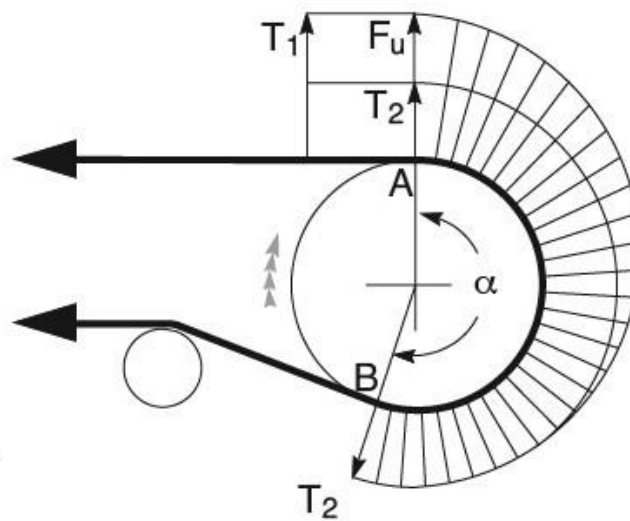


Figura 56 – Demonstração de cargas atuantes no tambor motriz (Rulmeca, 2019).

Atendendo que a carga na tela se altera de forma exponencial do valor $T_1[N]$ para o valor $T_2[N]$ e de acordo com a equação (17), sendo f_a o coeficiente de atrito entre a tela e o tambor, dado o ângulo de envolvimento.

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f_a \alpha} \quad (17)$$

O sinal ($=$) define a condição limite de aderência. Se a condição $\frac{T_1}{T_2} > e^{f_a \alpha}$ se tornar verdadeira, a tela irá deslizar no tambor (Rulmeca, 2019). Das equações anteriores é possível deduzir as seguintes equações para cálculo dos esforços laterais.

$$T_1 = F_u + T_2 \quad (18)$$

$$T_2 = F_u \times \frac{1}{e^{f_a \alpha} - 1} = F_u \times C_w \quad (19)$$

Uma vez que C_w [] é definido como o fator de envolvimento em função do ângulo de envolvimento da tela com o tambor motriz e do valor do coeficiente de atrito f_a []), é possível calcular o valor mínimo de carga da tela no limite de aderência antes e depois do tambor, através da Figura 57. No caso em estudo, não será colocado nenhum rolo de desvio e o dispositivo de tensionamento será através de contrapeso, com um tambor que apresentará revestimento de borracha, sendo assim o valor de C_w [] é de 0,5.

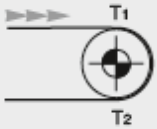
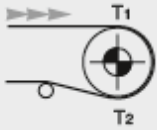
Drive arrangement	Angle of wrap	tension unit or counterweight pulley		screw tension unit pulley	
		unlagged	lagged	unlagged	lagged
	180°	0.84	0.50	1.20	0.80
	200°	0.72	0.42	1.00	0.75
	210°	0.66	0.38	0.95	0.70
	220°	0.62	0.35	0.90	0.65
	240°	0.54	0.30	0.80	0.60
	380°	0.23	0.11	-	-
	420°	0.18	0.08	-	-

Figura 57 - Fator de envolvimento C_w em relação ao ângulo e tipo de tensionamento (Rulmeca, 2019).

Aplicando as equações (18) e (19) conclui-se que os esforços laterais são iguais a:

$$T_2 = 3247 \text{ N}$$

$$T_1 = 9740 \text{ N}$$

Estabelecido o valor das cargas T_1 [N] e T_2 [N], serão analisadas as cargas presentes no tambor mandado. A Figura 58 mostra o esquema de cargas atuantes nos tambores.



Figura 58 - Demonstração de cargas atuantes nos tambores (Rulmeca, 2019).

A carga $T_3[N]$ sendo gerada depois do tambor de retorno é dada pela soma da carga $T_2[N]$ e os esforços tangenciais de retorno da tela ($Fr[N]$) como mostra a equação (20). Assim sendo, obteremos as seguintes equações:

$$T_3 = T_2 + Fr \quad (20)$$

$$Fr = [L \times Cq \times Ct \times f \times (Qb + Qru) - (Qg \times H)] \times 9,81 \quad (21)$$

$$Fr = -1078 \text{ N}$$

$$T_3 = 3247 - 1078 \Leftrightarrow T_3 = 2169 \text{ N}$$

A força mínima ($T_0[N]$), depois do tambor de retorno, além de garantir a aderência da tela no tambor motriz, deve originar uma flexão na tela entre duas estações consecutivas inferior a 2% do passo das mesmas estações. Isto torna-se necessário de modo a evitar o transbordo de material na tela e resistências passivas excessivas causadas pelo movimento do material na passagem entre estações, tal como já foi referido anteriormente. A Figura 59 ilustra o comportamento da tela entre duas estações de rolos.

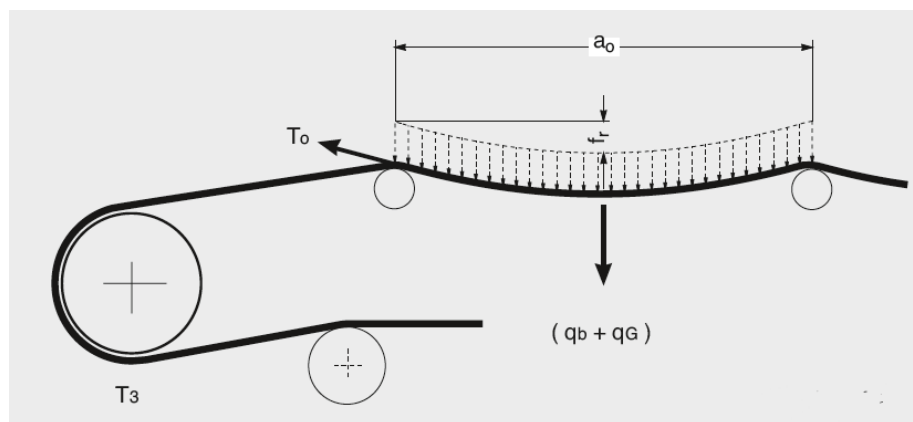


Figura 59 - Comportamento da tela entre duas estações consecutivas. (Rulmeca, 2019).

A carga T_0 [N] mínima necessária é dada pela seguinte fórmula:

$$T_0 = 6,25 \times (Qb + Qg) \times a_0 \times 9,81 \quad (22)$$

$$T_0 = 4842 \text{ N}$$

Conclui-se assim, que a força T_3 [N] é menor que T_0 [N], pelo que deverá ser utilizado um contrapeso dimensionado para obter a componente T_0 [N]. Deve-se então assumir que:

$$T_3 = T_0 = 4842 \text{ N}$$

$$T_2 = 5920 \text{ N}$$

Atendendo a que, neste trabalho, o dispositivo de tensionamento a utilizar irá ser através de contrapeso e este não estar sobre o tambor motor ou de retorno, o valor da força a exercer pelo contrapeso é dado pela seguinte fórmula, sendo l_c [m] a distância de centro do tambor motriz ao ponto de colocação do contrapeso e H_t [m] o desnível da tela entre o centro do primeiro tambor de desvio e o início do percurso de retorno (Figura 60), sendo previsto que sejam 25000 mm e 5000 mm, respetivamente.

$$T_g = 2 \times T_2 + 2 \times [(l_c \times Cq \times Ct \times f) \times (Qb + Qru) - (H_t \times Qb)] \times 9,81 \quad (23)$$

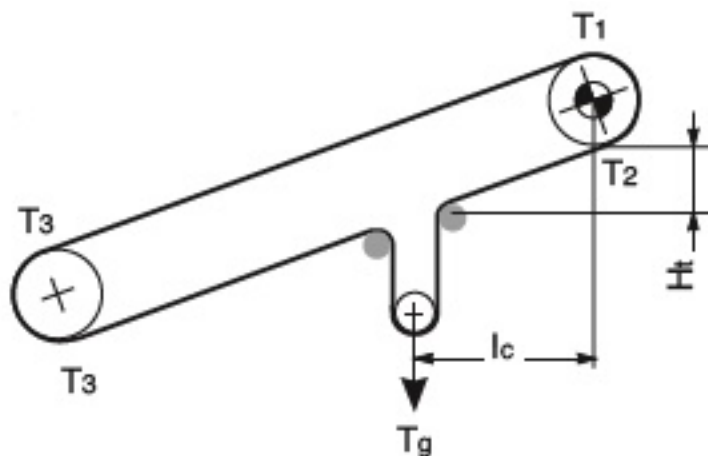


Figura 60 - Localização do contrapeso e suas variáveis (Rulmecca, 2019).

Assim, a força a exercer pelo contrapeso é de aproximadamente 10874 N, tal como de seguida se demonstra.

$$T_g = 2 \times 5920 + (2 \times [(25 \times 2,07 \times 1 \times 0,016) \times (13 + 5,8) - (5 \times 13)] \times 9,81)$$

$$T_g \cong 10874 \text{ N}$$

Calculadas as tensões exercidas na tela, a tensão máxima unitária (Tu_{max} [N/mm]) de trabalho por largura da tela (N) é dada por pela equação (24). A carga de rutura (Tr [N/mm]) da tela corresponderá à carga de trabalho multiplicando por um fator de segurança para telas compostas por elementos têxteis, que neste caso foi adotado que será de 10 (Rulmeca, 2019).

$$Tu_{max} = \frac{T_{max}}{N} \quad (24)$$

$$Tu_{max} = 12,41 \text{ N/mm}$$

$$Tr = 124,1 \text{ N/mm}$$

Por fim, para o dimensionamento dos veios é necessário saber quais os tipos de esforços a que estão sujeitos. No caso do tambor motriz este está sujeito a esforços de flexão alternada e de torção, podendo provocar rotura por fadiga. Assim, o dimensionamento do veio requer então a determinação de valores como a resultante das cargas (Cp [N]), o momento fletor Mf [N.m], o momento torsor Mt [N.m], o momento fletor equivalente Mif [N.m] e o módulo de resistência[mm³]. Quanto ao momento fletor do veio, este é originado pela resultante da soma vetorial das cargas T_1 [N] e T_2 [N] e do peso do tambor.

Assim, a equação (25) é usada para determinar a resultante das cargas através das cargas T_1 [N] e T_2 [N], calculadas anteriormente, e q_t que é o peso do tambor. Quanto ao peso do tambor é previsível que este tenha um peso aproximado de 2000 N.

$$Cp = \sqrt{(T_1 + T_2)^2 + (q_t)^2} \quad (25)$$

Visto o transportador ter a uma configuração igual à Figura 60, e este ter uma inclinação de 12°, o valor de Cp [N] é igual a:

$$Cp = \sqrt{(18333 \times \cos(12^\circ))^2 + (2000 + 18333 \times \sin(12^\circ))^2}$$

$$Cp = 18850 \text{ N}$$

Para se descobrir o momento fletor, equação (26), é necessário estabelecer um valor para a distância entre a chumaceira e o disco de apoio do tambor, tal como se mostra na Figura 61.

$$Mf = \frac{Cp}{2} \times a_g \quad (26)$$

De acordo com os tambores fabricados pela Rulmeca, para um tambor de Ø 500 mm como é o caso, a distância a_g é de 125 mm.

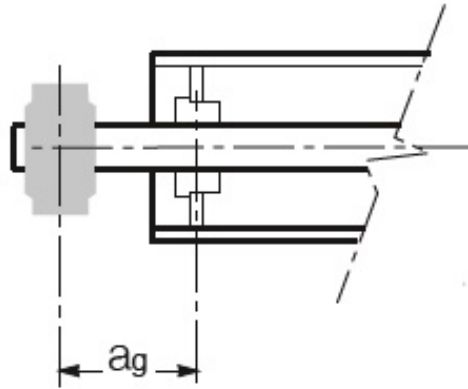


Figura 61 - Distância entre chumaceira e apoio de tambor (a_g) (Rulmeca, 2019).

Assim sendo, o momento fletor Mf é de 1178 N.m. O momento torsor é dado pela equação 27, onde sabemos que a potência transmitida (P) é de 10,5 kW e a rotação do veio (n) é de 49 RPM. Assim, o momento torsor presente no veio é de 2046 N.m.

$$Mt = \frac{P}{n} \times 9549 \quad (27)$$

O momento fletor equivalente é dado pela seguinte forma, sendo igual a 2128 N.m

$$Mif = \sqrt{Mf^2 + 0,75 \times Mt^2} \quad (28)$$

O módulo de resistência é determinado pelas seguintes equações:

$$W = \frac{Mif \times 1000}{\sigma_{adm}} \quad (29)$$

$$W \leq \frac{\pi}{32 \times d^3} \quad (30)$$

Da combinação em simultâneo das equações 29 e 30 podemos descobrir o diâmetro do veio, através da equação (31).

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{W \times 32}{\pi}} \quad (31)$$

Para o cálculo do diâmetro, são aconselhados valores de σ_{adm} [MPa] de alguns aços normalmente utilizados. Nesta fase foi escolhido um aço DIN C40 temperado, com uma tensão admissível de 78,2 MPa (Rulmeca, 2019). Estabelecendo um coeficiente de segurança de 2, o valor do diâmetro é de 82 mm. Com base neste resultado pode-se escolher um diâmetro apropriado para rolamentos e suportes normalizados, que seja imediatamente superior ao calculado. Em relação ao diâmetro mínimo do veio no interior do tambor, este é calculado através da flecha (equação 32) e amplitude de rotação máxima permitida através da equação (33). A Figura 62 demonstra as variáveis necessárias para os cálculos seguintes. É estimado que o valor de C[mm] seja 1300 mm

$$f_t = \frac{\frac{C_p}{2} \times a_g}{24 \times 206000 \times 0,0491 \times D^4} \times [3 \times (b + 2a_g)^2 - 4 \times a_g^2] \quad (32)$$

$$\alpha t = \frac{\frac{C_p}{2} \times a_g}{2 \times 206000 \times 0,0491 \times D^4} \times b \quad (33)$$

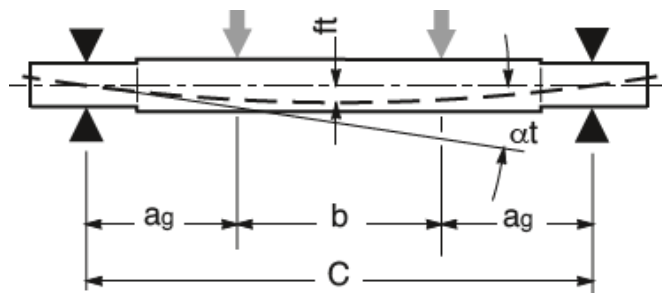


Figura 62 - Flecha e amplitude de rotação máxima do veio (Rulmeca, 2019).

Segundo Rulmeca (2019), o valor de f_t [mm] deve ser inferior a $C/2000$ e αt [rad] deve ser menor que $1/500$. Posto isto, o valor mínimo do diâmetro no interior do tambor é de 80 mm.

Para o dimensionamento do veio do tambor de retorno deve ser considerado apenas flexão simples. Deve-se, portanto, determinar o momento fletor M_f [N.m], originado pela soma vetorial das cargas no tambor. Tomando como valor de referência de que, o tambor deverá pesar cerca de 1500 N e com recurso às equações anteriores, é

possível calcular o valor de $C_p[N]$, o valor do momento fletor ($M_f[N.m]$) e valor do diâmetro do veio, para o tambor de retorno, tal como de seguida se apresenta.

$$C_p = \sqrt{(9684 \times \cos(12^\circ))^2 + (2000 - 9684 \times \sin(12^\circ))^2}$$

$$C_p = 9486 \text{ N}$$

$$M_f = 593 \text{ N.m}$$

$$d \geq 54 \text{ mm}$$

Sendo assim o diâmetro do veio no interior do tambor deverá ser de 65 mm.

Realizados todos os cálculos necessários para o dimensionamento do transportador inclinado, passemos aos próximos transportadores. A tela a utilizar será igual à anterior, e assim serão aplicados os mesmos componentes dos quais dependem apenas da tela, nomeadamente as estações de carga e de retorno, tambores e dispositivos de limpeza. Visto as equações a utilizar nos restantes transportadores serem iguais às utilizadas no anterior, a Tabela 1 mostra as características dos três transportadores.

Importa referir que, o transportador número três, em contraste com os restantes, não terá contrapeso como forma de tensionamento da tela visto estar no interior do armazém e ser móvel. Deste modo, para que a tela esteja tensionada durante o funcionamento será utilizado o sistema de parafuso.

Tabela 1 - Informação resumida de todos os cálculos efetuados para os vários transportadores.

	Transportador		
	Número 1	Número 2	Número 3
Comprimento (m)	53	52	30
Capacidade volumétrica (m ³ /h)		546	
Velocidade (m/s)		1,3	
Rolos Superiores	PSV1 Ø108mm L= 388 mm		
Rolos Inferiores	PSV-1 Ø133mm L= 1158 mm c/ Anéis Ovais		
Rolos de Impacto	PSV-1 Ø108 mm L= 388 mm com discos de borracha		
Ø Min. Tambor Motor (mm)		Ø 500	
Ø Min. Tambor Retorno (mm)		Ø 400	
Ø Min. Tambores de Desvio (mm)		Ø 315	
Força Tangente Fu (N)	6484	1544	1121
Potência (kW)	10,5	2,5	1,8
Velocidade angular n (RPM)		49	
Altura de Queda Hc (mm)	4250	2200	1000
Força de Impacto (N)	420	302	204
Força T1 (N)	12413	6066	5729
Força T2 (N)	5920	4521	4610
Força T3 (N)		4842	
Força T0 (N)		4842	
Força Tg (N)	10874	9043	-
Ø min Veio Tambor Motriz (mm)	85	65	60
Ø min Veio Tambor Retorno (mm)	55	55	55

Realizados todos os cálculos referentes aos três transportadores optou-se por estabelecer um aumento de 1,5x de potência, para em casos de sobrecarga o transportador ter a capacidade de movimentar o material excedente. Deste modo, as potências selecionadas foram de 15, 4 e 3 kW para as respectivas máquinas.

Para o transportador número 3, a potência a transmitir pelo motoredutor será através de corrente devido ao espaço que este ocupa e também à necessidade de a máquina ser móvel. Assim sendo, a escolha da corrente foi realizada através do catálogo do fabricante Fenner.

O primeiro passo na escolha da corrente é o de selecionar o fator de serviço. De acordo com a Figura 63, o fator para transportadores de tela com motores elétricos com arranques suaves é de 1,2. Atendendo a estes fatores, a potência de seleção é de 3,6 kW.

Types of Driven Machine	Types of Prime Mover					
	'Soft' Starts			'Heavy' Starts		
	Electric motors: A.C. – Star-delta start D.C. – Shunt wound Internal combustion engines with 4 or more cylinders. All prime movers fitted with centrifugal clutches, dry or fluid couplings.			Electric motors: A.C. – Direct-on-line start D.C. – Series and compound wound. Internal combustion engines with less than 4 cylinders.		
Types of Driven Machine	Hours per day duty					
	10 and under	Over 10 to 16	Over 16	10 and Under	Over 10 to 16	Over16
Light Duty Agitators (uniform density), Belt conveyors (uniformly loaded).	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Medium Duty Agitators and mixers (variable density). Belt conveyors (not uniformly loaded), Kilns, Laundry machinery, Lineshafts, Machine tools, Printing machinery, Sawmill and woodworking machinery, Screens (rotary).	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Heavy Duty Brick machinery, Bucket elevators, Conveyors (heavy duty), Hoists, Quarry plant, Rubber machinery, Screens (vibrating), Textile machinery.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7

Figura 63 - Fatores de serviço consoante tipo de máquina e motorização (Fenner, 2021).

De acordo com a Figura 64, a corrente apropriada para a transmissão de 3,6 kW com carretos de 19 dentes e índice de transmissão de 1, é uma corrente simples de uma polegada (1" ¼"), norma DIN 8187 em que apresenta um passo (P[mm]) de 31,75 mm.

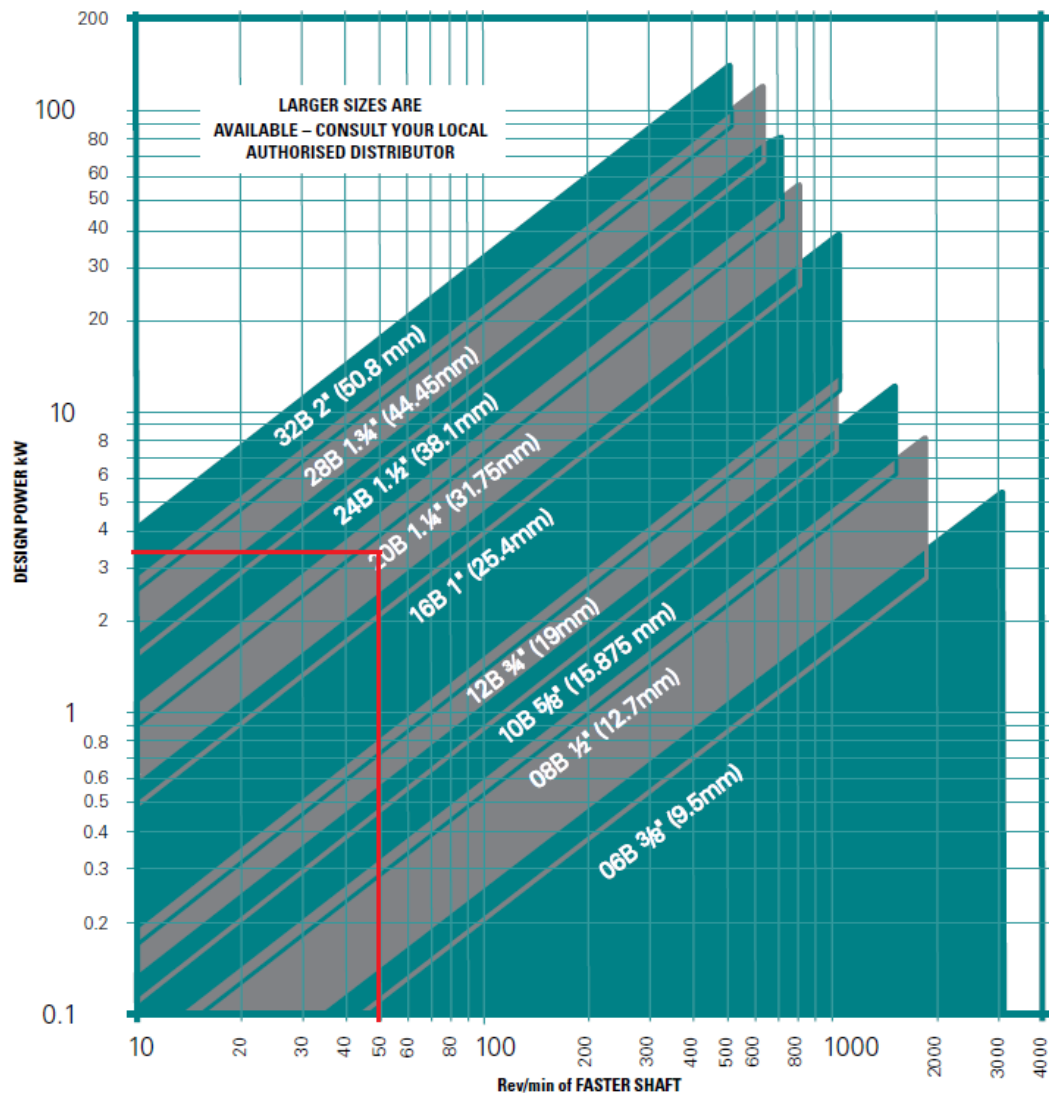


Figura 64 - Seleção de corrente de acordo com potência de seleção e velocidade rotacional (Fenner, 2021).

Para o cálculo do comprimento de corrente necessária, o fabricante aconselha uma distância de entre eixos (c[mm]) de 1200 mm, tal com é possível verificar através da figura seguinte.

Chain Pitch	Inches	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"
	mm	9.525	12.7	15.875	19.05	25.4	31.75
Centre Distance	mm	450	600	750	900	1000	1200

Figura 65 - Distância de entre eixos recomendada (Fenner, 2021).

Assim sendo e de acordo com as equações 34 e 35, a corrente terá 95 elos ($L_p[]$) e 3016,25 mm de comprimento ($L_c[mm]$). Em fase de construção, os carretos deverão apresentar uma distância de entre eixos de 1207 mm, tal como se pode calcular através da equação (36).

$$Lp = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2c}{P} + \frac{\left(\frac{Z_2 - Z_1}{2P}\right)^2 \times P}{c} \quad (34)$$

$$Lc = Lp \times P \quad (35)$$

$$C = \frac{P}{8} \times \left[2 \times Lp - Z_2 - Z_1 + \sqrt{(2 \times Lp - Z_2 - Z_1)^2 - \left(\frac{\pi}{3.88} \times (Z_2 - Z_1)^2\right)} \right] \quad (36)$$

Onde:

- Z_1 - representa o número de dentes do veio mandante [];
- Z_2 - representa o número de dentes do veio mandado [];

Escolhida a corrente encarregue do acionamento do transportador, o próximo passo será a escolha da corrente e potência necessária para a movimentação do mesmo no interior do armazém. É esperado que o transportador número 3 tenha uma massa de 9000 kg. Para o movimentar terá que se exercer uma força de tração de pelo menos 90000 N. De acordo com Fenner (2021), a corrente mais apropriada é uma corrente de 1" 1/4", com capacidade máxima de 105 KN de força de tração. Para o cálculo da potência, é necessário calcular o momento tursor através da equação (37). Para isso foi estabelecida uma força (F[N]) de 100 KN e diâmetro primitivo(dp[m]) do respetivo carreto. O carreto utilizado terá 19 dentes.

$$Mt = F \times \frac{Dp}{2} \quad (37)$$

$$Mt = 9600 \text{ N.m}$$

A translação do transportador quando acionado deverá ser de 1 m/min e assim a rotação (n[RPM]) será de 1,65 RPM. O cálculo da potência é dado pela equação abaixo, sendo necessário utilizar um motoredutor com 1,66 kW.

$$P = \frac{Mt \times 2\pi \times n}{60000} \quad (38)$$

4.3 - Desenhos CAD

Numa fase inicial, foram criadas versões do modelo de estrutura a utilizar, através do programa “AutoCad”. Após estudo e aceitação do modelo mais apropriado para a situação em causa, precedeu-se assim à sua modelação 3D. De recordar que, todos os cálculos de dimensionamento da estrutura para o projeto em causa foram realizados através do software “Robot” e todas as estruturas metálicas são construídas em aço de construção da série S275JR. Este é um aço estrutural de qualidade de construção básica, bastante utilizado em peças de média resistência, apresentando boa tenacidade e fácil deformação para construção.

Escolhidos todos os componentes a colocar nos transportadores, o processo de modelação começou então por construir toda a estrutura metálica dimensionada para a construção dos três transportadores, nomeadamente os pilares de apoio, as galerias, passadiços e guarda-corpos. Para isto foi utilizado o programa “Inventor”. Na Figura 66 e Figura 67, apresentam-se a modelação 3D da torre de suporte e do módulo de transportador horizontal, respetivamente.

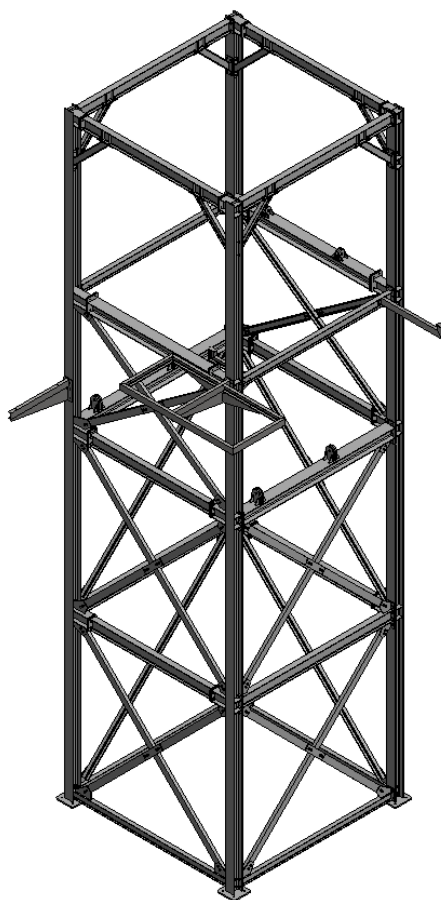


Figura 66 - Modelação da torre de suporte para transportadores no exterior.

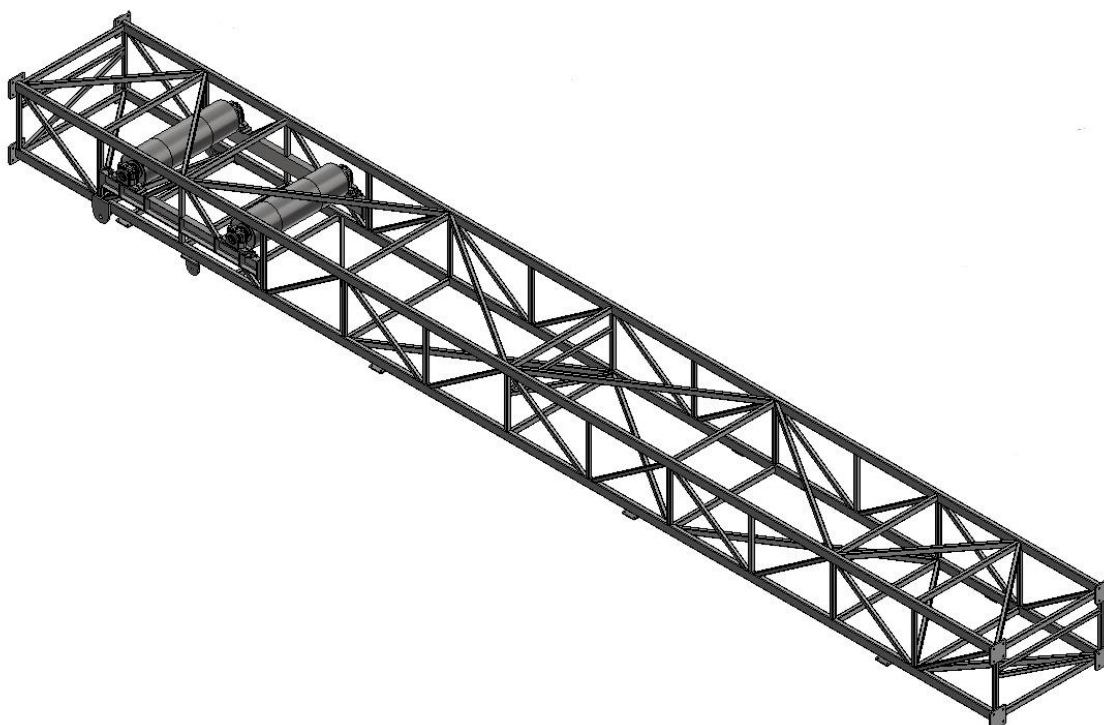


Figura 67 - Modelação do módulo de transportador horizontal com tambores de desvio devidamente instalados.

A figura seguinte, apresenta os módulos utilizados para as galerias que serão utilizadas no interior do armazém, de modo a suportarem parte do transportador horizontal e o transportador móvel. Estas galerias serão ligadas à estrutura metálica do telhado através de ligações aparafusadas.

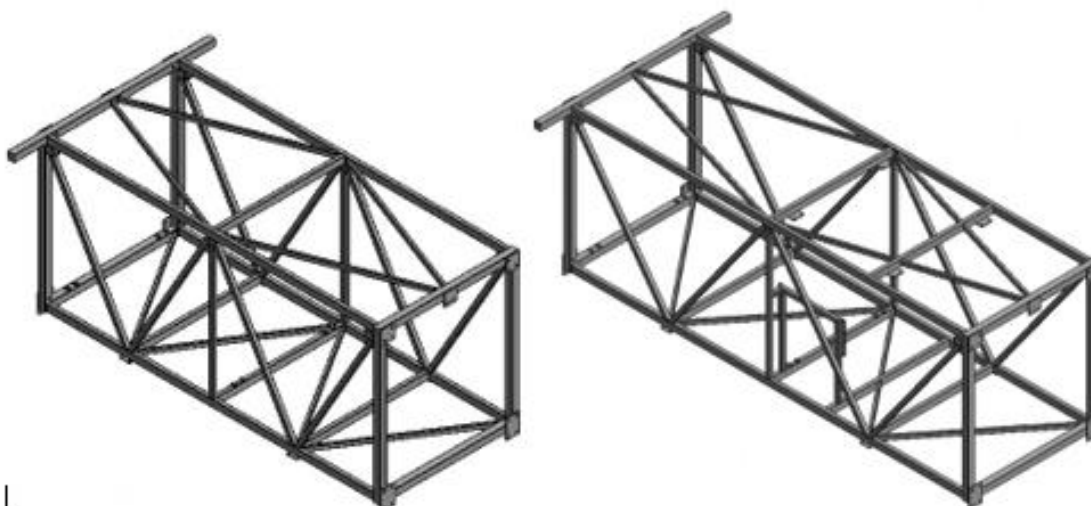


Figura 68 - Modelação dos módulos desenvolvidos para transportador horizontal interior.

Na Figura 69, apresenta-se a modelação 3D da secção inicial do transportador número 1, zona onde irá haver o recebimento de material. Nessa imagem é possível observar as estações de impacto que serão utilizadas, espaçadas entre si com os rolos seleccionados anteriormente. É também construída parte da tremonha que será

utilizada para simulação e estudo da zona de queda do material. Foi também estabelecida a distância de transição aconselhada anteriormente, sendo que não existe a necessidade de montagem de estações de transição devido a esta distância não ser superior ao passo entre estações de carga.

Todos os transportadores apresentam esta configuração, com exceção do transportador número três em virtude de este ser do tipo móvel, tal como referido anteriormente.

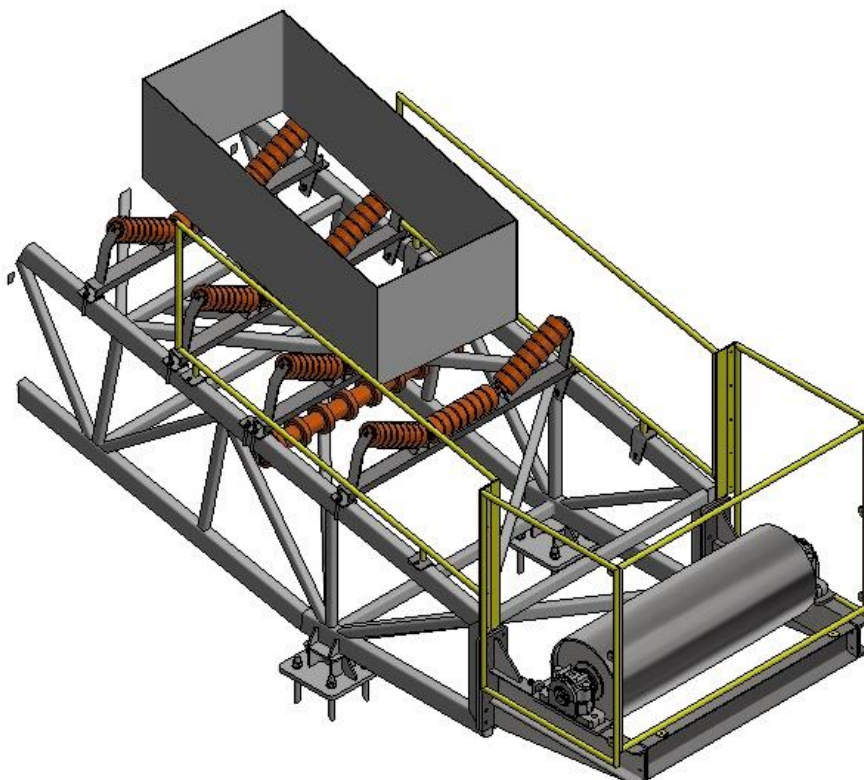


Figura 69 - Modelação da zona de queda do material e características de transição da tela.

A Figura 70 expõe a tremonha construída para o controlo da transferência de forma a não haver transbordo ou perda de material no momento de queda entre o transportador número 1 e 2. Esta estrutura foi modelada em vários componentes em virtude de não ser possível de construir um único elemento (peça inteira) e colocar esse elemento no interior da torre.

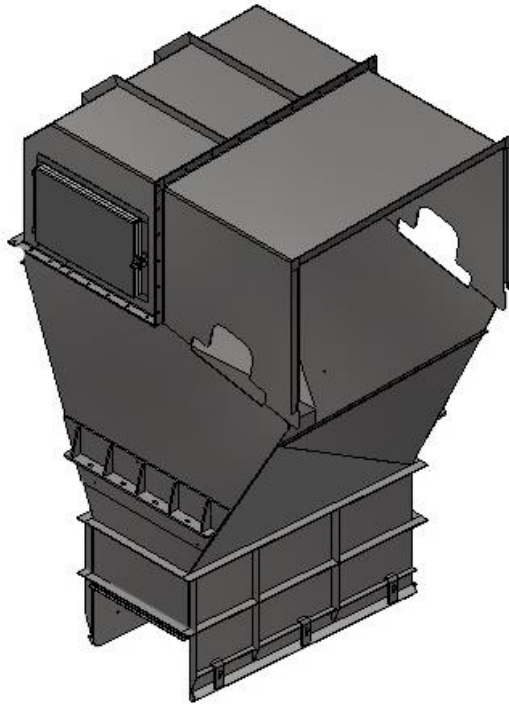


Figura 70 - Modelação da tremonha para auxílio de transferência de material.

Terminada toda a modelação dos transportadores que se encontram no exterior do armazém, sucedeu-se a construção dos transportadores que se encontravam no interior. A Figura 71 mostra parte da estrutura modelada do transportador número três, sendo esta também composta por perfis tubulares e assentar sobre rodas. Como foi mencionado anteriormente, houve a necessidade de utilizar um meio de transmissão por corrente entre o motoredutor e o tambor devido a este necessitar de ser móvel, e à inexistência de espaço entre o transportador e a galeria onde estava inserido. O motoredutor escolhido apresenta a característica de ser reversível possibilitando a descarga de material nos dois sentidos.

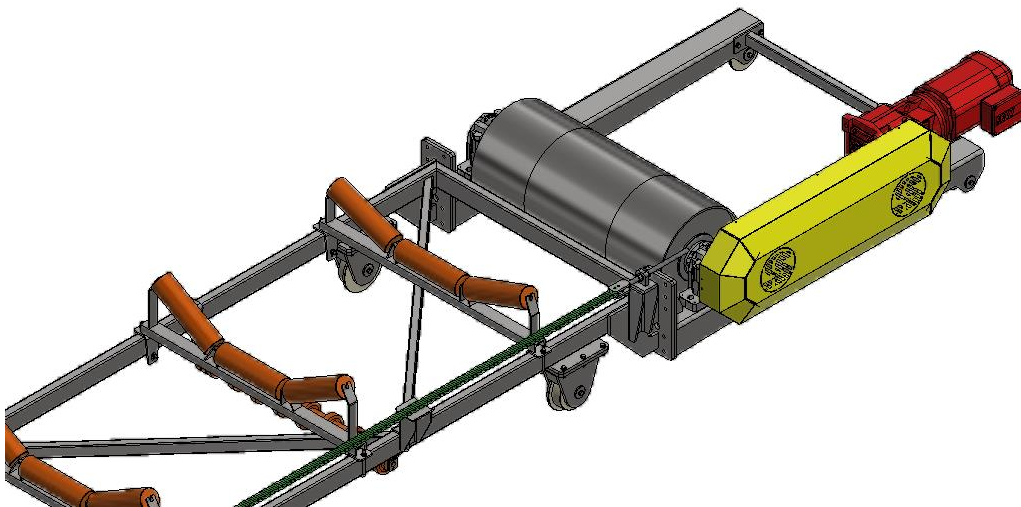


Figura 71 - Modelação da configuração e motorização do transportador número três.

A Figura 72 mostra a implementação do transportador móvel assente em carris no interior da galeria, com a particularidade de ter presente o sistema utilizado para a translação do transportador, através de corrente.

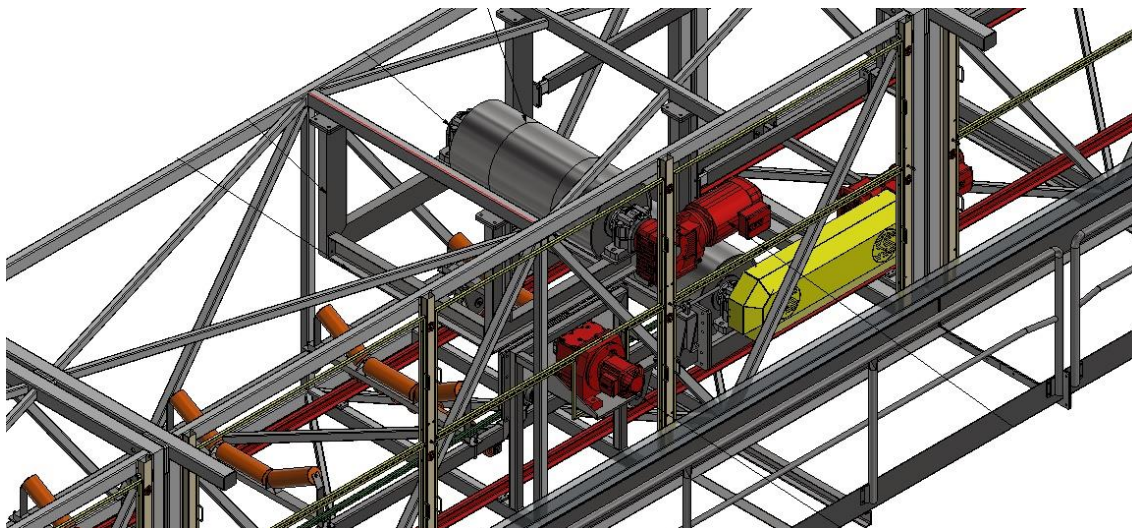


Figura 72 – Modelação da implementação de transportador móvel no interior da galeria.

Este sistema incorpora a corrente, sendo a mesma esticada em todo o comprimento do transportador. Para além de apresentar uma estrutura fixa à galeria com o motoredutor e três carretos, sendo um fixo ao eixo do moto redutor e os restantes com a função de envolverem e tracionar a corrente (Figura 73).

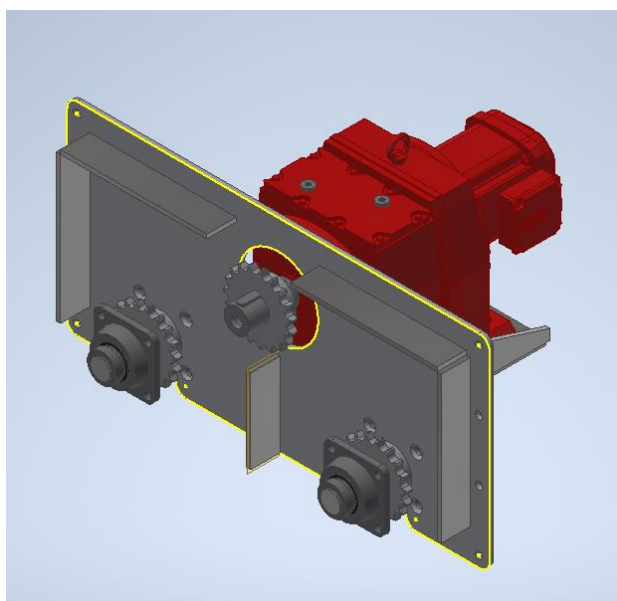


Figura 73 - Modelação do sistema de translação do transportador número três.

4.4 - Produção

Após todo o projeto ter sido aprovado pelo cliente, a estrutura seguiu para o processo de fabrico. Apesar de não ter sido possível um acompanhamento regular do fabrico de todas as estruturas em fábrica, foi sempre que possível efetuar esse acompanhamento. Todos os processos de fabrico estão de acordo com a norma EN 1090-2- “Execução de estruturas metálicas – Requisitos técnicos para as estruturas de aço”.

Tal como foi referido anteriormente, um dos requisitos do cliente era a inexistência de processos de soldadura em obra. Assim sendo, todas as estruturas que necessitavam deste processo foram executadas em chão de fábrica. Para que tudo corra dentro do que é expectável durante todo o processo de fabrico, nos desenhos técnicos que acompanhavam a obra foram sempre dadas todas as informações e especificações necessárias para o processo produtivo, garantido desta forma não ser necessário qualquer tipo de retificação em obra.

A Figura 74 mostra alguns dos tubos construídos para os pilares de fundação em betão (a serem construídos para o transportador inclinado), de modo a desempenharem o papel de molde para construção dos mesmos. Para além da função anteriormente referida, que é a função principal, os tubos construídos também servem para proteger os pilares contra possíveis choques de maquinaria pesada.



Figura 74 - Imagem do resultado final da construção de tubos em aço para proteção de pilares.

Na Figura 75 apresenta-se um dos suportes do transportador inclinado, onde é possível identificar o processo de soldadura que foi utilizado para produzir o suporte estando a aguardar pelo processo de decapagem e pintura.



Figura 75 - Suporte finalizado aguardar por processo de acabamento.

Nas figuras seguintes apresentam-se as galerias construídas para os transportadores horizontais no processo de soldadura (Figura 76), estando depois a aguardar por validação de construção, para posterior acabamento superficial (Figura 77).



Figura 76 - Galeria em processo de soldadura.



Figura 77 - Galerias em espera por validação e acabamento superficial.

Na Figura 78, apresenta-se uma das estruturas que irá sustentar o transportador inclinado, já finalizada, após construção e pintura. Estas estruturas foram construídas em módulos de 11000 mm, de modo a ser possível o seu transporte por via terrestre e para uma rápida montagem em obra. Estas estruturas saíram de fábrica com as estações de rolos instaladas, de forma a precaver qualquer tipo de erro de construção.



Figura 78 - Módulo do transportador inclinado em fase de finalização.

4.5 - Montagem

Relativamente ao processo de montagem dos transportadores em obra, seguidamente apresenta-se de forma resumida alguns dos passos realizados durante a montagem de toda a estrutura e alguns dos sistemas de segurança instalados. Assim sendo, a Figura 79 e a Figura 80 revelam a fase de construção das fundações em betão armado para suporte de pilares metálicas, que sustentarão os transportadores. Esta fase foi realizada por uma empresa exterior de construção civil.



Figura 79 - Construção de sapatas de fundação para os transportadores



Figura 80 - Colocação de tubo em aço para construção de pilares em betão

Após estarem concluídas as fundações, procedeu-se à instalação da estrutura metálica que suportará os transportadores no exterior do armazém (Figura 81 e Figura 82).



Figura 81 - Instalação de Torre e Pilares metálicos



Figura 82 - Montagem de transportador no exterior do armazém

Posicionado parte do transportador horizontal no exterior, procedeu-se então à montagem das galerias no interior do armazém. Estas eram fixas às vigas metálicas do telhado do armazém através de ligações aparafusadas, tal como se apresenta na Figura 83 e Figura 84.



Figura 83 - Montagem do 1º Módulo no interior do armazém



Figura 84 - Processo de instalação de transportadores no interior do armazém.

Na figura seguinte mostra-se a montagem do transportador móvel, que irá assentar num carril.



Figura 85 - Início de instalação do transportador móvel.

Na Figura 86 e Figura 87 mostram-se os módulos do transportador inclinado a serem montados na estrutura metálica.



Figura 86 - Montagem do transportador inclinado.



Figura 87 - Finalização da montagem estrutural do transportador.

4.6 - Resultado Final

De seguida, serão expostas imagens do resultado, e a implementação de alguns dos sistemas de segurança instalados em todos os transportadores. É possível observar nas Figura 88 e Figura 89 o resultado do transportador inclinado, tendo este os guarda-corpos e as coberturas já instalados a fim de proteger o operador de qualquer risco associado, assim como o material das condições atmosféricas.



Figura 88 - Resultado final do transportador inclinado.



Figura 89 - Zona de transferência de material para o transportador nº1.

É também visível na figura seguinte o sistema instalado para a interrupção do funcionamento da máquina (corda vermelha), em casos de emergência. Este sistema foi instalado em todo o comprimento dos transportadores.



Figura 90 - Visualização de passadiço, guarda corpos e corda de emergência.

As figuras seguintes mostram a tremonha construída para transferência de material entre transportadores, com a existência de uma porta de visita. Nesta imagem é também visível a posição final do motoredutor utilizado no transportador inclinado, tendo este incorporado um sistema de antirretorno.



Figura 91 - Tremonha de descarga com porta de visita.



Figura 92 - Zona de carregamento de material no transportador nº2.

Em todos os transportadores foram instalados no início e no fim de curso sensores de contato de forma a controlar e informar o possível desvio da tela. Este sensor emite um alerta ao controlador de um possível desvio e se esse sinal não for interrompido após 30 segundos, o funcionamento será interrompido.

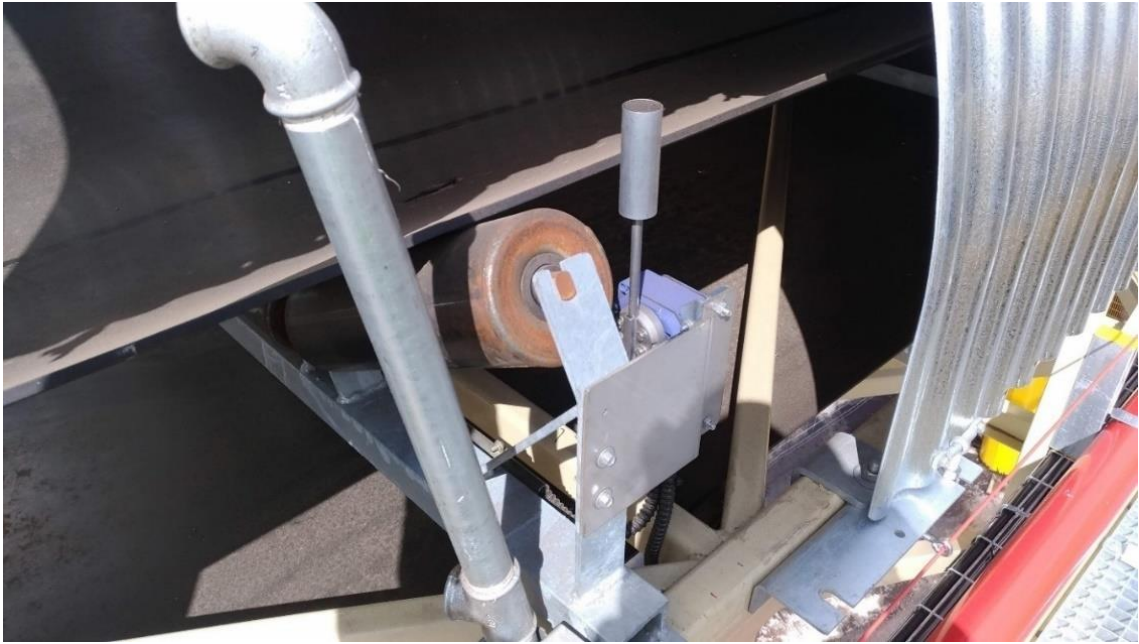


Figura 93 - Sensor de contacto para controlo de desvio de tela.

Para segurança do trabalhador e para o bom funcionamento dos transportadores foi também colocado gradeamento em volta dos contrapesos utilizados. Este foram pintados os pilares com uma cor “viva” de forma a ser mais perceptível ao trabalhador a presença de um tipo de perigo, de modo a evitar qualquer tipo de acidente.



Figura 94 - Gradeamento envolvente de contrapeso para proteção

Para que o material fosse depositado uniformemente ao longo do pavilhão, foi instalado um sistema de leitura de altura de pilhas de material que aciona o motor de translação do transportador quando estiver alcançado o máximo estabelecido. Desta forma são então criadas pilhas de material semelhantes entre si (Figura 95).



Figura 95 - Deposição de material em pilhas de forma uniforme.

Foram também instaladas grades com um sistema próprio de fixação em todo o comprimento do transportador (Figura 96), bem como a corda de emergência.

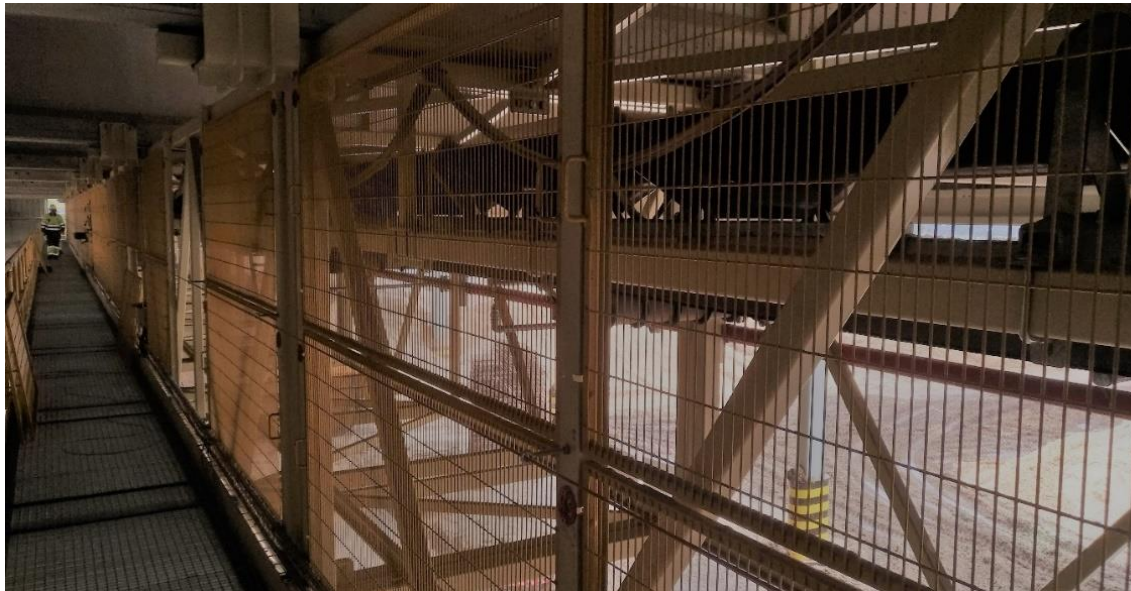


Figura 96 - Gradeamento colocado ao longo do transportador.

Tendo em vista a proteção da corrente de transmissão utilizada entre o moto redutor e o tambor do transportador, foi colocada uma proteção como é visível na figura abaixo. Esta tampa além de proteger a corrente em termos de lubrificação, protege também o material de qualquer tipo de sujidade proveniente da mesma.



Figura 97 - Tapa de proteção para corrente de transmissão.

CAPÍTULO 5 - OUTROS PROJETOS DESENVOLVIDOS

Durante o período de estágio foi necessário desenvolver outros tipos de projetos para satisfazer as necessidades dos clientes. Este capítulo pretende mostrar de uma forma muito breve outro desses projetos, desde a fase de modelação ao resultado pretendido.

5.1 - Transportador do tipo Redler

Com este projeto procurava-se encontrar uma solução para o transporte de pó de serrim para uma empresa de produção de pellets. O objetivo era o recebimento de material proveniente de ciclones e posterior transporte. Os transportadores não poderiam ser largos, pois o local onde seriam colocados não permitia tal condição. A solução encontrada para a necessidade e condições existentes do cliente foi a produção de 2 redlers de 7000 e 10000 mm de comprimento e uma largura de transporte de 150 mm. O primeiro iria receber o material proveniente de 3 ciclones e encaminharia para o segundo. Posteriormente o serrim irá ser transportado até um transportador de tela. A figura seguinte mostra o modelo 3D projetado para o transportador de 7000 mm.

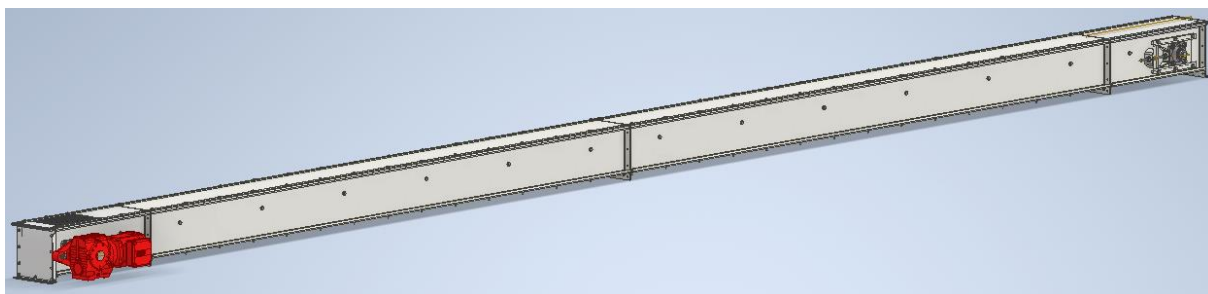


Figura 98 - Modelo 3D do transportador projetado.

Estes transportadores foram construídos em módulos de forma a haver o menor desperdício possível de chapa no momento de corte a laser e também para permitir uma maior facilidade de transporte e montagem.

Um transportador deste tipo apresenta um módulo intermédio com perto de 3000 mm respeitando o comprimento final necessário (Figura 99), um módulo de descarga onde é colocado o motoredutor (Figura 100) e um outro módulo de carga (Figura 101), onde é carregado o material como também é colocado o sistema de esticamento da corrente.



Figura 99 - Construção e montagem dos dois transportadores.

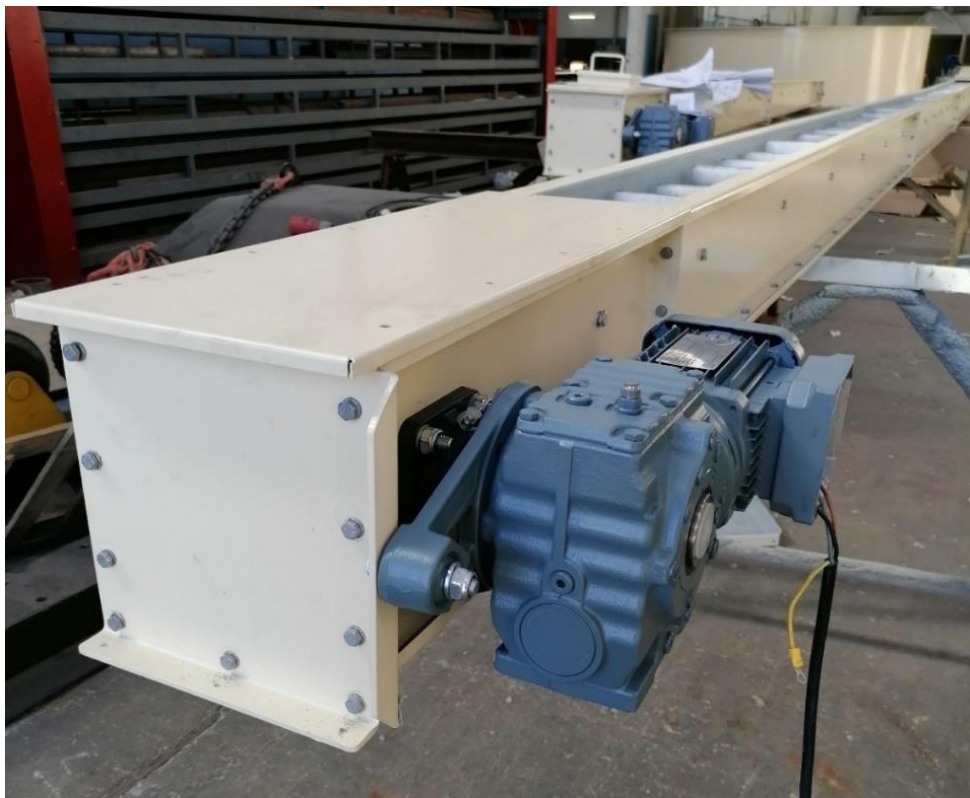


Figura 100 - Montagem e posicionamento final do motoredutor.



Figura 101 - Sistema de transporte através de arrastadores.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

O estágio curricular realizado na SILVAS, S.A. foi enriquecedor, quer a nível pedagógico, quer a nível profissional, pela possibilidade que foi concedida de explorar e aplicar conceitos teóricos à prática de uma empresa de metalomecânica.

Uma das principais competências adquiridas foi a capacidade de articular todos os conhecimentos académicos adquiridos, com as competências e experiências vividas neste processo de produção.

Ao participar nos principais sectores da empresa, diretamente relacionados com a produção, foram desenvolvidas competências e ferramentas fundamentais nesta indústria. Alguns exemplos são: a capacidade de calcular o tempo necessário para a produção e maquinação de uma determinada peça, identificar e melhorar procedimentos existentes em produção, assim como o tempo necessário para montagem de qualquer tipo de estrutura. Um dos pontos importantes a referir é a existência de dificuldades no dia-a-dia, problemas derivados de situações reais e a capacidade de ultrapassar as adversidades. Considera-se assim que todo o trabalho desenvolvido ao longo deste estágio foi útil para o estagiário, assim como para a empresa.

Numa fase inicial do estágio houve dificuldade em estabelecer o conteúdo de trabalho para este relatório, visto a empresa em questão não produzir em série, mas sim consoante a necessidade do cliente. Assim foi necessário aguardar e enfrentar os desafios propostos, até surgir o pedido para a construção de três transportadores de tela.

Do projeto inicial desenvolvido destaca-se toda a complexidade que este requereu, desde os cálculos necessários para o seu dimensionamento, à pesquisa de componentes existentes no mercado, à fase de conceção de um modelo de transportador que conseguisse oferecer as condições que o cliente exigia e até à fase de entrega, tendo este de estar de acordo com as normas europeias de segurança no trabalho. Tudo isto foi possível graças a uma equipa multidisciplinar com vários anos de experiência no mercado. Concluído assim todo o processo de construção e montagem dos transportadores, o objetivo proposto inicialmente foi alcançado.

Por fim e não menos importante, todos os outros trabalhos desenvolvidos ao longo do estágio e que não estão presentes neste relatório foram também de elevada importância, pois demonstraram que todos os detalhes, podem significar uma diminuição de custos de fabrico e uma maior satisfação do cliente.

É importante mais uma vez salientar que no prazo em que decorreu o estágio, o país enfrentava uma pandemia devido a uma doença infecciosa (COVID-19), e com isto houve por parte do estagiário extrema preocupação e cuidado em não perturbar o bom funcionamento da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APequipamentos. (26 de Maio de 2021). Obtido de <http://www.apequipamentos.com.br/transportadores-de-correia/>
- Arndt. (2012). *Transportadores por Correia*. Obtido de http://www.transportedegraneis.ufba.br/apostila/cap5_tc.pdf
- Asgard-eng. (26 de Maio de 2021). Obtido de <https://www.asgard-eng.com/en/scrapers>
- BannerEngineering. (27 de Maio de 2021). Obtido de <https://www.bannerengineering.com/br/pt/solutions/other/emergency-stopping-end-mounted-rope-pull.html>
- BelgoProtec. (26 de Maio de 2021). Obtido de <https://www.belgoprotec.com.br/>
- Bullivant, D. A. (1987). Current surface mining techniques. *Bulk Solids Handl.; (Germany, Federal Republic of); Journal Volume: 7:6*, 827-833.
- CEMA, C. E. (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials (Sixth Edition)*. Florida: Naples.
- Fenner. (abril de 2021). *Chain Drives*. Obtido de https://www.fptgroup.com/dss/docs/679_02_Fenner_Chain_Drives.pdf
- Goodmaxgroup. (25 de Maio de 2021). Obtido de <https://www.goodmaxgroup.com/Belt-Alignment-pd41616515.html>
- HIC. (2021). *HIC International CO*. Obtido de <https://rubber-steel-industrial-products.com/portugues-language/food-conveyor-belt.htm>
- Juncor. (16 de Maio de 2021). Obtido de <https://www.juncor.pt/pt/noticias/?id=9&idn=181>
- Paulista, F. d. (1991). *Manual de Transportadores Contínuos*. Brasil: Allis Mineral Systems.
- Potomacrubber. (16 de Maio de 2021). Obtido de https://www.potomacrubber.com/conveyor_belting.html
- Rulmeca. (2019). *Bulk Handling Rollers and Components*. Italy.
- SEW. (22 de Maio de 2021). Obtido de <https://www.sew-eurodrive.pt/inicio.html>
- Sopetra. (25 de Maio de 2021). Obtido de <http://sopetra.com.br/view/catalogo/roletes-catalogo.pdf>
- Standardization, E. C. (2008). *Brussels Patente N° EN 1090-2:2008-en*.
- Stieberclutch. (27 de Maio de 2021). Obtido de <https://www.stieberclutch.com/products/self-contained-freewheels>
- Swinderman, R. T., D. Marti, A., Goldbeck, L., Marshall, D., & G. Strebel, M. (2012). *The Practical Resource for Total Dust & Material Control* (Fourth ed.). Neponset, Illinois, USA: Martin Engineering, Ltda.

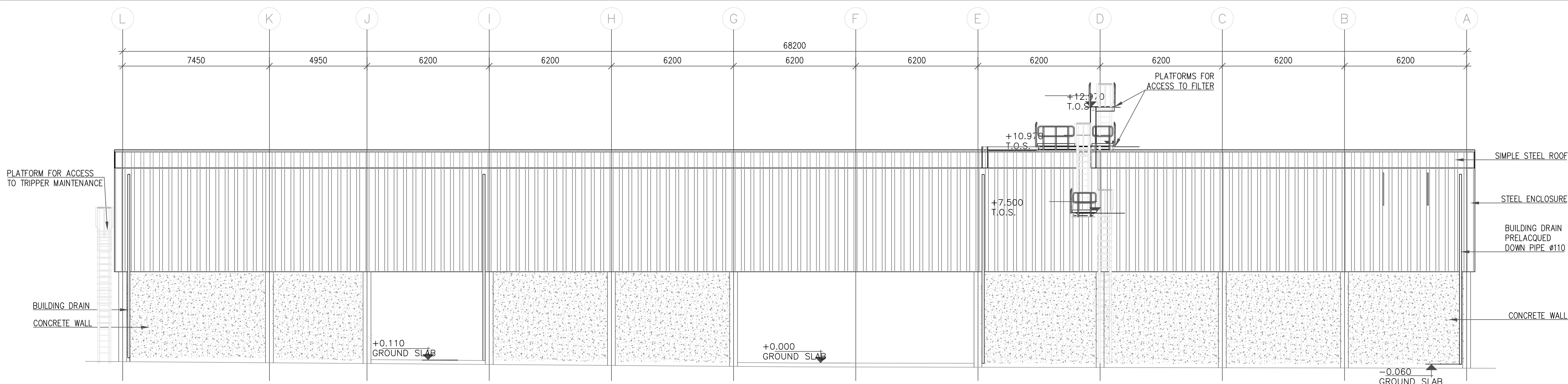
Technocast. (23 de Maio de 2021). Obtido de <https://technocast.dz/standard-idlers/>

Tecnoflex. (26 de Maio de 2021). Obtido de <https://tecnoflexmg.com.br/cobertura-de-correia-flexivel/>

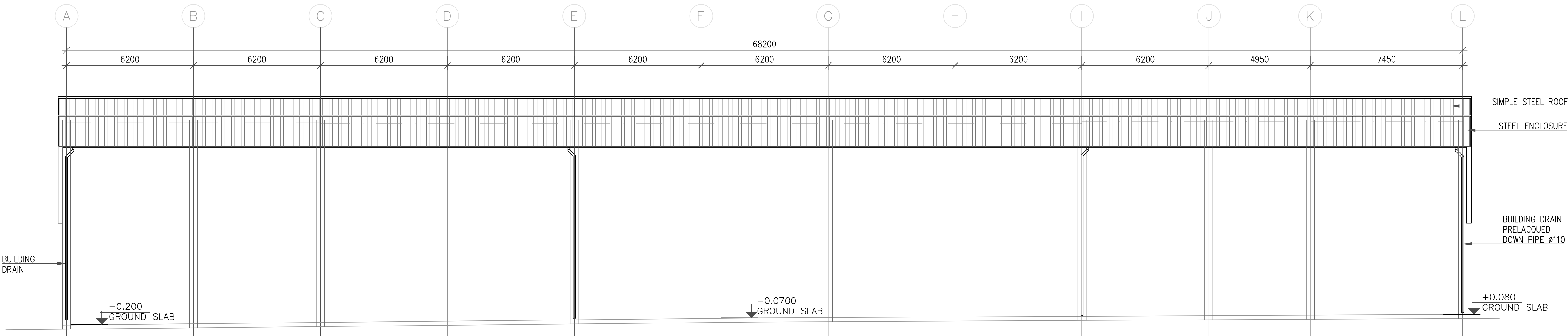
ANEXOS

Anexo 1 – Alçado Principal do Pavilhão de Armazenamento

Anexo 2 – Vistas laterais do Pavilhão de Armazenamento



ELEVATION
AXIS "1"
1:100



ELEVATION
AXIS "5"
1:100

Execution Class	
Materials	Class
Concrete "in situ"	CE 2
Precast Concrete	CE 2
Steel	EXC 2

JRP JOSÉ R. PIMENTA
Serviços de Engenharia, Lda.
Tel: +351 222 100 081 Fax: +351 222 100 081 Transmissão de Dados: 919 11 2475 - 120 Bonvalde
www.jrpenh.com

ACC
ENGENHARIA&CONSTRUÇÃO
GRUPO ANIBAL CRISTINA
Tel: +351 224 770 000 Fax: +351 224 734 100 Rua dos Carvalhos, 15 - Apartado 9035
e-mail: gpc@anibalcristina.com Cascais de Cruz - 2671-901 Cascais

Project Manager
Eng. Hugo Pimenta

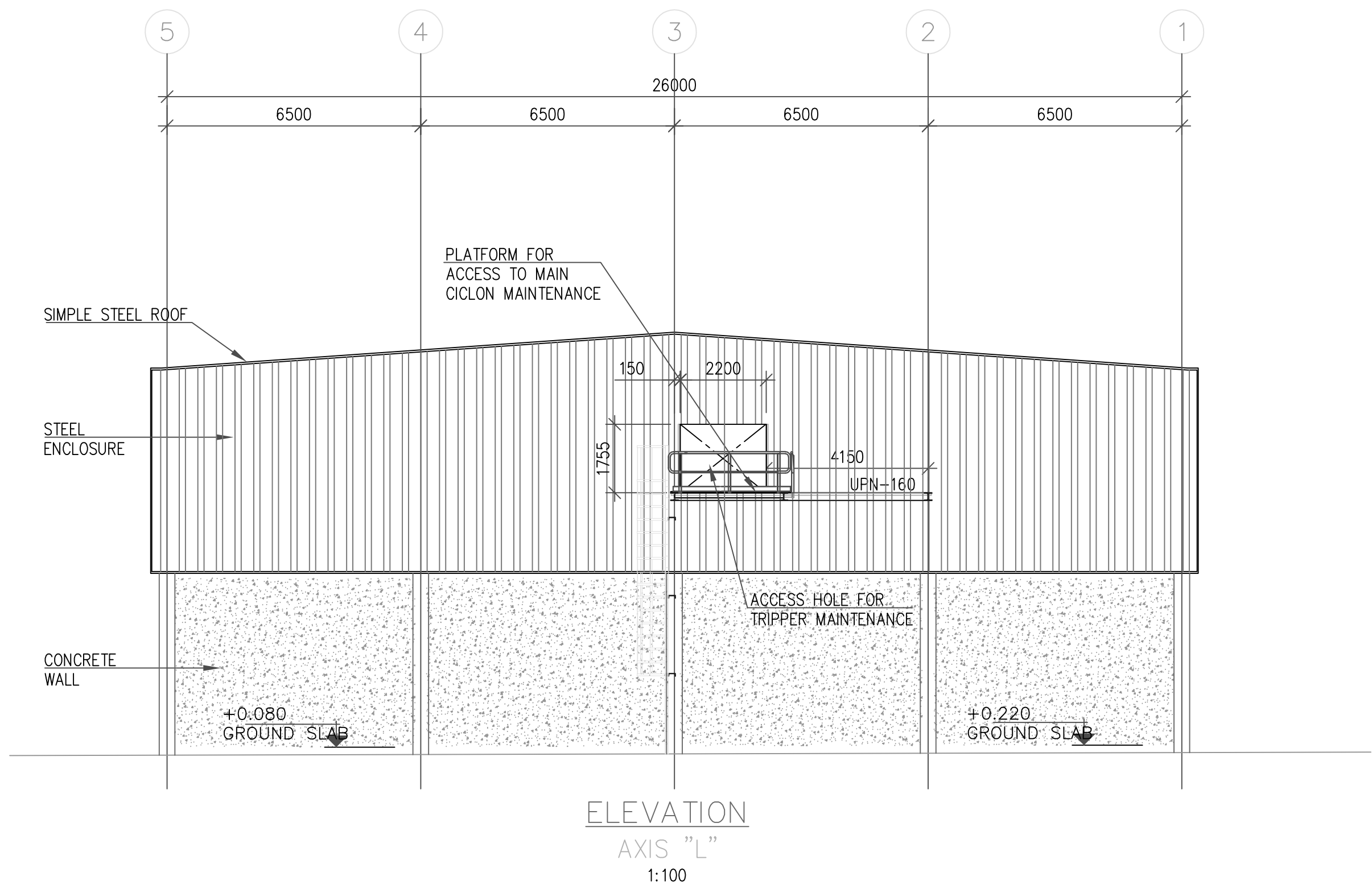
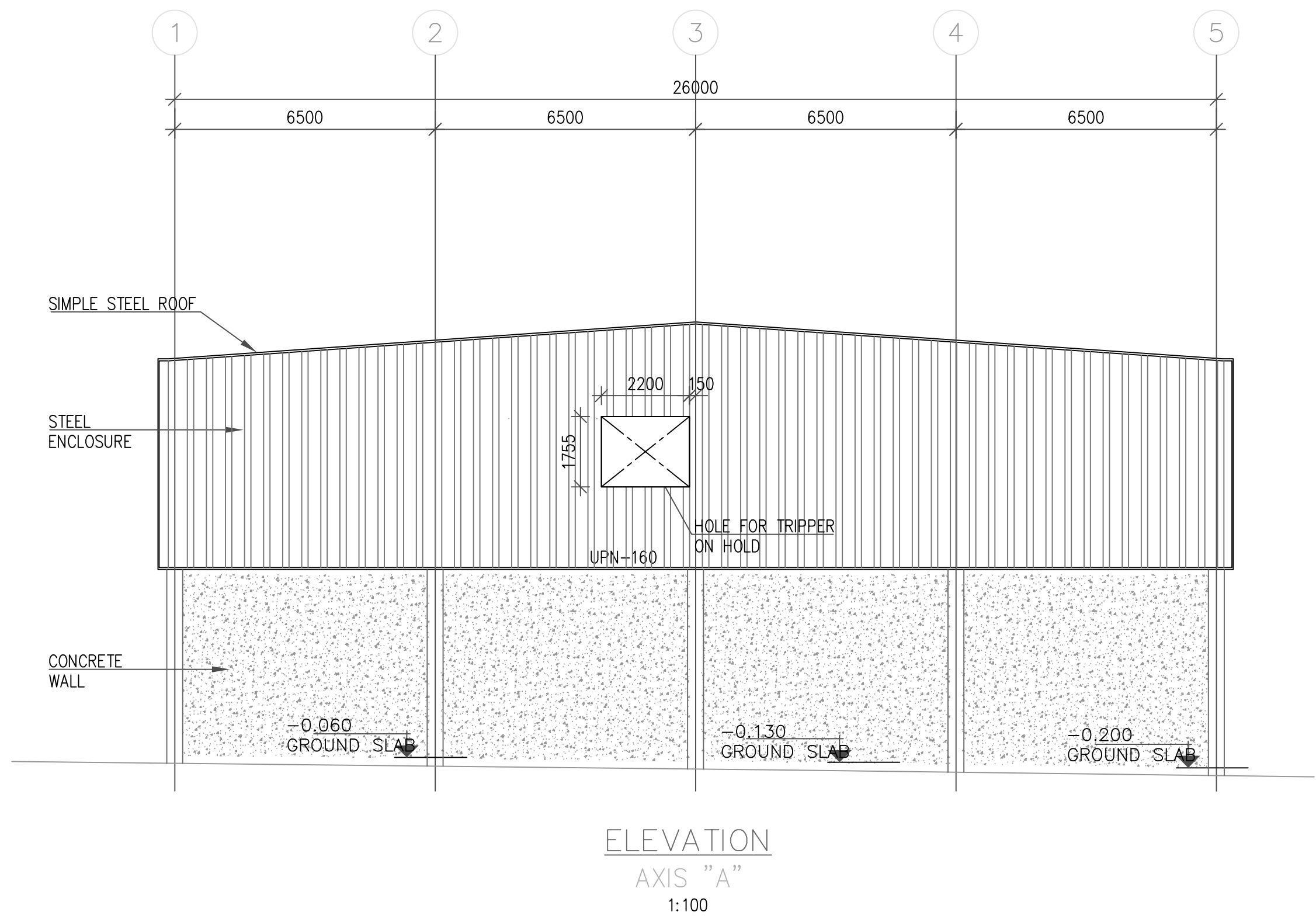
Client CapWatt

Construction Work Central de Cogeração a Biomassa

Site Mangualde
Viseu

Drawing Title Elevations

Scale	units	units	drawing number
1:100	[mm]		11
process	1816AC01	date	05.ABR.2018



Execution Class	
Materials	Class
Concrete "in situ"	CE 2
Precast Concrete	CE 2
Steel	EXC 2



JOSÉ R. PIMENTA
Serviços de Engenharia, Lda.



ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO
GRUPO ANIBAL CRISTINA

Tel: +351 254 735 000 Fax: +351 254 734 100
e-mail: gpc@anibalcristina.com

Rua São Cristóvão, 18 - Apartado 8023
Casal da Cruz - 2421-601 Corroimão

Project Manager
Eng. Hugo Pimenta

Client
CapWatt

Construction Work
Central de Cogeração a Biomassa

Site
Mangualde
Viseu

Drawing Title
Elevations

Scale
1:100

units
[mm]

process
1816AC01

date
05.ABR.2018

drawing number
12