



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS
MESTRADO PROFISSIONAL

ADEQUAÇÃO DE MÁQUINAS INJETORAS HORIZONTAIS ÀS NORMAS REGULAMENTADORAS NR 17 E NR 35: ESTUDO DE CASO

Rick Rocha de Oliveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos - Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Jandecy Cabral Leite

Belém

Junho de 2021

**ADEQUAÇÃO DE MÁQUINAS INJETORAS HORIZONTAIS ÀS NORMAS
REGULAMENTADORAS NR 17 E NR 35: ESTUDO DE CASO**

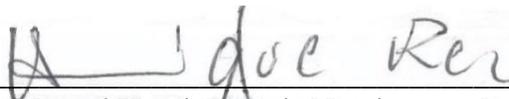
Rick Rocha de Oliveira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS - MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

Examinada por:



Prof. Jandecy Cabral Leite, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. Manoel Henrique Reis Nascimento, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. David Barbosa de Alencar, Dr.
(ITEGAM-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

JUNHO DE 2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Oliveira, Rick Rocha de, 1989-
Adequação de máquinas injetoras horizontais às normas regulamentadoras NR 17 e NR 35: estudo de caso / Rick Rocha de Oliveira - 2021.

Orientador: Prof. Jandecy Cabral Leite

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Belém, 2021

1.Máquina injetora 2. Plástico 3. NR 17 4. NR 35 5. NR 12
I. Título

CDD 670.42

Dedico este trabalho à minha querida família, que tanto amo: Carla, Melissa, Evaldo, Rozenilda e Yuri, pelo apoio incondicional na realização de meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela graça de ter alcançado mais este grande objetivo em minha vida.

Aos meus pais, Evaldo José Batista de Oliveira e Rozenilda de Oliveira Rocha, por terem me dado todas as condições e todos os incentivos para me aprofundar nos estudos e seguir meus sonhos. À minha amada Carla Brasil de Araújo Ramos, pelo apoio e cumplicidade nas horas difíceis deste trabalho, e à minha linda filha Melissa Brasil de Oliveira, que veio a este mundo para tornar seu pai o homem mais feliz do mundo. Agradeço também ao meu irmão, Yuri Rocha de Oliveira, que sempre esteve ao meu lado. Sou muito grato pelo seu amor e carinho, sem vocês eu não teria conseguido!

Ao meu professor orientador, Dr. Jandecy Cabral Leite, pela sua paciência e inúmeras horas disponibilizadas para a revisão e orientação no decorrer deste trabalho.

Aos professores e colegas do PPGEP e do ITEGAM, que disponibilizaram todos os recursos possíveis para tornar este desafio mais fácil de ser concluído.

E agradeço a todos os outros que indiretamente contribuíram e, com injustiça, não estão relacionados aqui. Porém, deixo registrada minha gratidão.

“Ele não sabia que era impossível... foi lá e fez.”

(Jean Cocteau)

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

ADEQUAÇÃO DE MÁQUINAS INJETORAS HORIZONTAIS ÀS NORMAS REGULAMENTADORAS NR 17 E NR 35: ESTUDO DE CASO

Rick Rocha de Oliveira

Junho/2021

Orientadores: Jandecy Cabral Leite

Área de Concentração: Engenharia de Processos

Os riscos de segurança com máquinas injetoras de plástico representam um problema sério na cadeia produtiva do plástico. Mesmo com a implementação da NBR 13536/16 para estabelecer os requisitos mínimos de segurança de máquinas injetoras e sua posterior inclusão na norma regulamentadora NR 12, existem riscos referentes a trabalhos em altura e ergonomia que não estão devidamente especificados, principalmente durante atividades de manutenção do funil de alimentação ou troca de cor da resina plástica. Para mitigar tais riscos, o presente trabalho desenvolveu dois protótipos de adequação de segurança de máquinas injetoras às normas NR 17 e NR 35, baseados em seu tamanho e força de fechamento, sendo o primeiro um protótipo de escada de acesso e suporte metálico do funil de alimentação e o segundo um protótipo de plataforma na parte superior da máquina injetora. Após a implementação dos protótipos, observaram-se melhorias de produtividade, como a diminuição de aproximadamente 45% na duração do tempo de manutenção do funil e a redução de 33% na duração do tempo de troca de cor de resina plástica, além do atendimento aos requerimentos de segurança e ergonomia das normas NR 17 e NR 35. Por meio de pesquisa de satisfação, as mudanças viabilizadas pelos protótipos foram avaliadas como extremamente positivas por 80% do corpo técnico envolvido.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

INJECTION MOLDING MACHINES ADEQUANCY TO REGULATORY STANDARDS NR 17 AND NR 35

Rick Rocha de Oliveira

June/2021

Advisor: Jandecy Cabral Leite

Research Area: Process Engineering

Safety risks with plastic injection machines represent a serious problem in the plastic production chain. Even with the implementation of NBR 13536/16 to establish the minimum safety requirements for injection machines and its subsequent inclusion in the NR 12 regulatory standard, there are risks related to work at heights and ergonomics that are not properly specified, especially during activities of maintenance of the feed hopper or resin change-over. To mitigate such risks, the present work developed two prototypes of safety adequacy of injection machines to NR 17 and NR 35 standards, based on their size and clamping force, the first being a prototype of access ladder and metallic support of the feed hopper and the second a prototype of platform on top of the injection molding machine. After the implementation of the prototypes, productivity improvements were observed, such as a decrease of approximately 45% in the duration of hopper maintenance time and a 33% reduction in the duration of time for resin change-over, in addition to meeting the safety and ergonomics requirements of the NR 17 and NR 35 standards. Through a satisfaction survey, the changes enabled by the prototypes were evaluated as extremely positive by 80% of the technical staff involved.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 - OBJETIVOS.....	4
1.2.1 - Objetivo geral.....	4
1.2.2 - Objetivos específicos.....	4
1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO.....	4
1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	5
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	6
2.1 - PROCESSO DE INJEÇÃO PLÁSTICA.....	6
2.1.1 - Máquina injetora.....	7
2.1.2 - Molde de injeção plástica.....	10
2.1.3 - Parâmetros de processo.....	12
2.1.4 - Matéria-prima.....	13
2.2 - CONCEITOS BÁSICOS DAS PRINCIPAIS NORMAS APLICÁVEIS.....	16
2.2.1 - Análise do Anexo IX da NR 12.....	18
2.2.2 - Análise da NBR 13536.....	19
2.2.3 - Análise da NR 35 e ANSI 1264.1.....	21
2.2.4 - Análise da NR 18.....	22
2.2.5 - Análise da NBR 6118.....	23
2.3 - RISCOS DE SEGURANÇA NOS PROCESSOS DE INJEÇÃO PLÁSTICA.....	23
2.4 - PROTÓTIPOS DAS ADAPTAÇÕES DE SEGURANÇA PROPOSTAS.....	25
2.4.1 - Máquinas de pequeno porte: escadas de acesso e suportes metálicos.....	25
2.4.2 - Máquinas de médio porte: plataformas fixas de acesso.....	27
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA.....	29
3.1 - LOCAL DE ESTUDO.....	29
3.2 - METODOLOGIA UTILIZADA.....	29
3.3 - MATERIAIS UTILIZADOS.....	31
3.3.1 - Características dos aços utilizados.....	31
3.3.2 - Materiais utilizados para a construção das escadas de acesso.....	32
3.3.3 - Materiais utilizados para a construção dos suportes de funis.....	33
3.3.4 - Materiais utilizados para a construção das plataformas de acesso.....	33

3.3 - ABRANGÊNCIA DA METODOLOGIA.....	34
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 - CUSTOS ESTIMADOS DAS ADAPTAÇÕES DE SEGURANÇA.....	35
4.1.1 - Custos dos materiais para construção da escada de acesso.....	35
4.1.2 - Materiais utilizados para a construção das escadas de acesso.....	35
4.1.3 - Custos dos materiais para construção das plataformas de acesso.....	36
4.2 - DETALHES DO PROJETO DAS ADAPTAÇÕES.....	37
4.2.1 - Projeto das escadas de acesso.....	37
4.2.2 - Projeto das funis de alimentação.....	38
4.2.3 - Projeto das plataformas de acesso.....	39
4.3 - MEMORIAL DESCRITIVO E CÁLCULO.....	41
4.3.1 - Verificação do Estado Limite Último (ELU) completo e resumido.....	41
4.3.2 - Verificação de resistências.....	46
4.4 - CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO PRÁTICA DOS PROTÓTIPOS.....	47
4.4.1 - Construção dos suportes e escadas de acesso.....	47
4.4.2 - Atividades de manutenção com escadas de acesso e suporte.....	49
4.4.3 - Construção das plataformas de acesso.....	51
4.4.4 - Atividades de manutenção com plataformas de acesso.....	52
4.5 - PESQUISA DE SATISFAÇÃO.....	53
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	54
5.1 - CONCLUSÕES.....	54
5.2 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
APÊNDICE A - DETALHES DE DESENHO DA ESCADA DE ACESSO.....	62
APÊNDICE B - DETALHES DE DESENHO DO SUPORTE DE FUNIL.....	65
APÊNDICE C - DETALHES DE DESENHO DA PLATAFORMA DE ACESSO.....	67
APÊNDICE D - HIPÓTESES DO MEMORIAL DE CÁLCULO.....	70
APÊNDICE E - COMBINAÇÕES DO MEMORIAL DE CÁLCULO.....	73
APÊNDICE F - DETALHES DOS RESULTADOS DE ENVOLUTÓRIAS....	79
APÊNDICE G - DETALHES DOS RESULTADOS DE FLECHA.....	82
ANEXO II - MODELO DE PESQUISA DE SATISFAÇÃO.....	83
ANEXO II - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART).....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Tecnologias de transformação plástica no Brasil.....	2
Figura 2.1	Máquina injetora horizontal.....	7
Figura 2.2	Conjunto de plastificação cilindro e rosca.....	8
Figura 2.3	Relação L/D em uma rosca plastificadora.....	9
Figura 2.4	Unidade de fechamento de uma máquina injetora.....	10
Figura 2.5	Partes de um molde de injeção plástica.....	11
Figura 2.6	Polímeros com estrutura cristalina (1) e estrutura amorfa (2).....	14
Figura 2.7	Tensão vs deformação para plásticos.....	15
Figura 2.8	Exemplo de escada marinheiro.....	19
Figura 2.9	Áreas de perigo de máquina injetora horizontal.....	23
Figura 2.10	Riscos observados durante atividade de manutenção do funil.....	24
Figura 2.11	Conceito da adequação para máquinas injetora de pequeno porte.	25
Figura 2.12	Desenho base da escada de acesso sem guarda corpo - Escala 1:25.....	26
Figura 2.13	Desenho base da do guarda-corpo montado - Escala 1:25.....	26
Figura 2.14	Desenho base do suporte metálico para funil de alimentação de resinas.....	27
Figura 2.15	Desenho base da plataforma de acesso - Escala 1:25.....	27
Figura 3.1	Fluxograma da metodologia utilizada.....	29
Figura 4.1	Vista lateral (esquerda) e frontal (direita) da escada - Escala 1:25	37
Figura 4.2	Vista lateral (esquerda) e baixa (direita) do suporte - Escala 1:25.	38
Figura 4.3	Vista geral da estrutura de metálica da plataforma - Escala 1:25...	39
Figura 4.4	Vista frontal (esquerda) e lateral (direita) da plataforma - Escala 1:25.....	39
Figura 4.5	Detalhes de construção da escada de acesso.....	47
Figura 4.6	Detalhes de construção do suporte de funil de alimentação.....	48
Figura 4.7	Protótipo finalizado de escada de acesso.....	48
Figura 4.8	Protótipo finalizado de suporte de funil de alimentação.....	49
Figura 4.9	Manutenção utilizando o protótipo de escada e suporte de funil...	50
Figura 4.10	Vista superior do suporte do funil de alimentação - Escala 1:25...	50
Figura 4.11	Descarte de matéria-prima pelo suporte do funil - Escala 1:25.....	51

Figura 4.12	Detalhes de construção da plataforma de acesso.....	52
Figura 4.13	Plataforma de acesso.....	52
Figura 4.14	Mangueira plástica conectando funil ao cilindro.....	53
Figura A.1	Detalhes para encaixe do guarda-corpo - Sem escala.....	62
Figura A.2	Detalhes do desenho do guarda-corpo - Escala 1:25.....	62
Figura A.3	Detalhes da ligação do guarda-corpo - Escala 1:25.....	63
Figura A.4	Detalhe de execução dos degraus - Escala 1:25.....	63
Figura A.5	Detalhe da portinhola para gaiola - Escala 1:25.....	64
Figura B.1	Detalhe do ponto DET1 - Escala 1:25.....	65
Figura B.2	Detalhe do corte - Escala 1:5.....	65
Figura B.3	Detalhe da placa Tipo 2 - Escala 1:20.....	66
Figura B.4	Detalhe da base da placa - Escala 1:20.....	66
Figura B.5	Detalhe da ancoragem do parafuso - Escala 1:20.....	66
Figura C.1	Detalhes do piso da plataforma de acesso - Escala 1:25.....	67
Figura C.2	Detalhes da ligação Tipo 1 - Escala 1:15.....	67
Figura C.3	Detalhes da ligação Tipo 2 - Escala 1:15.....	68
Figura C.4	Detalhes da ligação Tipo 3 - Escala 1:15.....	68
Figura C.5	Detalhes da ligação Tipo 4 - Escala 1:15.....	69
Figura C.6	Detalhe 1 da ligação entre plataforma e máquina - Escala 1:25.....	69
Figura C.7	Detalhe 1 da ligação entre plataforma e máquina - Escala 1:25.....	69
Figura I.1	Pesquisa de satisfação.....	83
Figura II.1	Anotação de responsabilidade técnica.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Principais polímeros e seus respectivos símbolos e tipos.....	14
Tabela 2.2	Normas regulamentadoras e suas referências.....	17
Tabela 2.3	Referências da NBR 13536.....	20
Tabela 3.1	Coeficientes parciais e de combinação do aço dobrado.....	31
Tabela 3.2	Coeficientes parciais e de combinação do aço laminado.....	31
Tabela 3.3	Ações variáveis sem sismo.....	31
Tabela 3.4	Descrição dos aços utilizados.....	32
Tabela 3.5	Características físicas dos aços utilizados.....	32
Tabela 3.6	Especificação e quantidade de chapas.....	32
Tabela 3.7	Especificação e quantidade de elementos para aparafusar.....	32
Tabela 3.8	Especificação e quantidade de placas base.....	33
Tabela 3.9	Especificação e quantidade de elementos para aparafusar.....	33
Tabela 3.10	Especificação e quantidade de chapas.....	33
Tabela 3.11	Especificação e quantidade de placas base.....	33
Tabela 3.12	Lista de máquinas injetoras afetadas pela adequação de segurança.....	34
Tabela 3.13	Lista de máquinas injetoras afetadas pela adequação de segurança.....	34
Tabela 4.1	Custo dos materiais para construção da escada de acesso.....	35
Tabela 4.2	Custo dos materiais para construção dos suportes de funis de alimentação.....	36
Tabela 4.3	Custo dos materiais para construção das plataformas de acesso....	36
Tabela 4.4	Tabela resumo (comprimento) - Escadas de acesso.....	37
Tabela 4.5	Tabela resumo (volume) - Escadas de acesso.....	38
Tabela 4.6	Tabela resumo (peso) - Escadas de acesso.....	38
Tabela 4.7	Tabela resumo (comprimento) - Plataformas de acesso.....	40
Tabela 4.8	Tabela resumo (volume) - Plataformas de acesso.....	40
Tabela 4.9	Tabela resumo (peso) - Plataformas de acesso.....	40
Tabela 4.10	ELU (resumido) das Barras N36/N33 e N15/N14 das escadas de acesso.....	41

Tabela 4.11	ELU (resumido) da Barra N41/N42 do suporte do funil de alimentação.....	41
Tabela 4.12	ELU (resumido) da Barra N85/N71 das plataformas de acesso....	42
Tabela 4.13	ELU (resumido) da Barra N41/N42 das plataformas de acesso....	42
Tabela 4.14	Verificações de ELU (completo) das Barras N36/N33 e N15/N14 das escadas de acesso.....	43
Tabela 4.15	Verificações de ELU (completo) da Barra N5/N7 dos suportes dos funis de alimentação.....	44
Tabela 4.16	Verificações de ELU (completo) das Barras N41/N42 e N85/N71 das plataformas de acesso.....	45
Tabela 4.17	Verificação de resistências.....	46
Tabela 4.18	Carga nas barras N5/N7, N13/N155, N41/N42 e N85N/71.....	47
Tabela 4.19	Resultado da pesquisa de satisfação dos colaboradores.....	53
Tabela D.1	Esforços em barras, por hipóteses/ações na Barra N36/N33.....	70
Tabela D.2	Esforços em barras, por hipóteses/ações na Barra N15/N14.....	70
Tabela D.3	Esforços em barras, por hipóteses/ações na Barra N5/N7.....	71
Tabela D.4	Esforços em barras, por hipóteses/ações na Barra N13/N155.....	71
Tabela D.5	Esforços em barras, por hipóteses/ações na Barra N41/N42.....	72
Tabela D.6	Esforços em barras, por hipóteses/ações na Barra N85/N71.....	72
Tabela E.1	Esforços em barras, por combinação na Barra N36/N33.....	73
Tabela E.2	Esforços em barras, por combinação na Barra N15/N14.....	74
Tabela E.3	Esforços em barras, por combinação na Barra N5/N7.....	75
Tabela E.4	Esforços em barras, por combinação na Barra N13/N155.....	76
Tabela E.5	Esforços em barras, por combinação na Barra N41/N42.....	77
Tabela E.6	Esforços em barras, por combinação na Barra N85/N71.....	78
Tabela F.1	Envoltória dos esforços na Barra N36/N33.....	79
Tabela F.2	Envoltória dos esforços na Barra N15/N14.....	79
Tabela F.3	Envoltória dos esforços na Barra N5/N7.....	80
Tabela F.4	Envoltória dos esforços na Barra N13/N155.....	80
Tabela F.5	Envoltória dos esforços na Barra N41/N42.....	81
Tabela F.6	Envoltória dos esforços na Barra N85/N71.....	81
Tabela G.1	Resultados de flechas.....	82

NOMENCLATURA

ABIPLAST	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO
ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ANSI	INSTITUTO NACIONAL AMERICANO DE PADRÕES
ART	ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA
ELU	ESTADO LIMITE ÚLTIMO
ELS	ESTADO LIMITE DE SERVIÇO
EN	PADRÕES EUROPEUS
IAP	INSTITUTO AVANÇADO DO PLÁSTICO
NBR	NORMA BRASILEIRA
NR	NORMA REGULAMENTADORA
PIM	PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS
SESI	SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA
SPI	SOCIEDADE DAS INDÚSTRIAS DE PLÁSTICOS.
SST	SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NO BRASIL
STIQSP	SIND. DOS TRAB. NA IND. QUÍM. E PLÁST. DE SÃO PAULO
SUFRAMA	SUPERINTENDÊNCIA DA ZONA FRANCA DE MANAUS

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - MOTIVAÇÃO

A Norma Técnica NBR 13757 define uma máquina injetora como uma máquina utilizada para a fabricação descontínua de produtos moldados, pela injeção de material plastificado no molde, que contém uma ou mais cavidades, onde o produto é formado. A evolução deste maquinário para processamento de plásticos e borrachas começou no início do século XIX, como uma parte integral da grande Revolução Industrial, caracterizada por mudanças que transformaram o mundo moderno (LANDES, 2001). Em 1849, as primeiras máquinas injetoras foram usadas em indústrias metalúrgicas para produção de peças metálicas volumosas e compactas. Em 1872, John Wesley Hyatt inventou a máquina injetora baseada no uso de resinas termoplásticas como acetato de celulose (HYATT, 1914), contribuindo assim para muitas inovações de processamento, incluindo moldagem a sopro. As invenções de Hyatt também contribuíram para que Leo Bakeland pudesse desenvolver parâmetros de processamento de resinas fenólicas como o fenol-formaldeído, também conhecido como baquelite (DUBOIS, 1975). Desde então, a indústria de moldagem por injeção plástica evoluiu de uma simples produção de pentes e botões para uma vasta gama de produtos para muitas indústrias, incluindo automotiva, médica, aeroespacial, produtos de bens de consumo, brinquedos, encanamento, embalagem e construção (BRYCE, 1996).

Atualmente, a injeção plástica e a extrusão são as técnicas mais utilizadas na manufatura de produtos plásticos (KULKARNI, 2017), sendo responsáveis por 35% de todos os artigos plásticos produzidos mundialmente (ROSATO, 2000). Nos Estados Unidos, no ano de 2000, a produção plástica aparecia na quarta posição das indústrias americanas, em termos econômicos e de manufatura, com valor aproximado de US\$ 90 bilhões, segundo a Sociedade das Indústrias de Plásticos (SPI). No Brasil, a tecnologia de transformação plástica mais utilizada é a injeção plástica, conforme Figura 1.1.

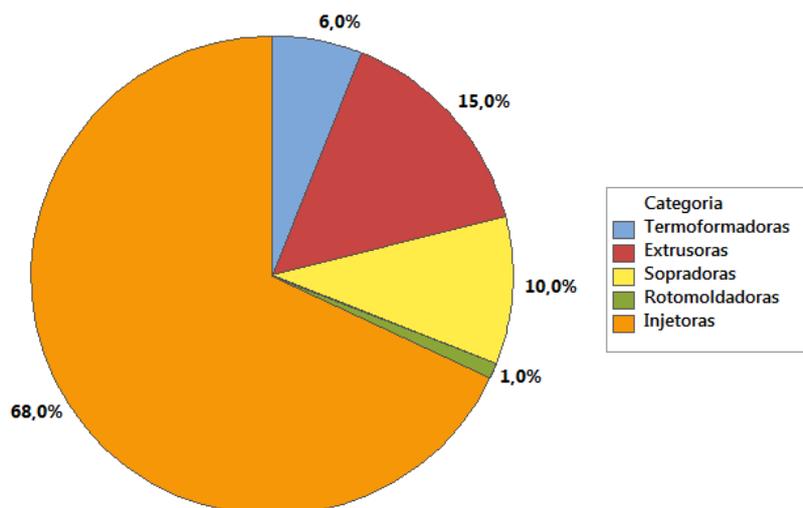


Figura 1.1 - Tecnologias de transformação plástica no Brasil.
 Fonte: IAP, 2002.

As indústrias plásticas, na maioria microempresas, estão distribuídas em todo o Brasil, no Sudeste (58%), Sul (27%), Nordeste (10%), Centro-Oeste (3%) e Norte (2%). Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST) o faturamento do setor está em torno de R\$ 50 bilhões, representando cerca de 3% da indústria da transformação brasileira. Estima-se que no ano de 2011, as exportações brasileiras de produtos transformados totalizaram US\$ 1,5 bilhão, aumento de 2% em relação ao mesmo período do ano anterior, e as importações totalizaram US\$ 3,4 bilhões, aumento de 20% em relação à igual período de 2010. O cenário do Polo Industrial de Manaus (PIM) não podia ser diferente, já que engloba cerca de 140 indústrias nas quais o processo de injeção plástica está direta ou indiretamente presente. O foco de tais indústrias é a produção de motocicletas, bicicletas, condicionadores de ar, TVs, filmes fotográficos, aparelhos de som e telefônicos, fornos micro-ondas e outros (SUFRAMA, 2017).

Devido à esta alta concorrência e a regulamentos ambientais cada vez mais exigentes, as indústrias plásticas estão sendo cobradas para minimizar seus custos de produção e manter a qualidade necessária de seus produtos. Da mesma forma cresce de a necessidade de garantir a segurança e ergonomia dos trabalhadores envolvidos no processo de injeção plástica, desde engenheiros até os técnicos de processo. Para tal, as principais máquinas envolvidas na indústria de transformação do plástico possuem regras e procedimentos específicos no intuito de prevenir a ocorrência de acidentes de trabalho nas indústrias, preservando a saúde e a segurança dos trabalhadores (SESI-SP, 2012).

Os acidentes de trabalho com máquinas injetoras representam um problema sério de segurança na cadeia produtiva de plásticos, principalmente com evolução tecnológica levou para dentro das indústrias máquinas injetoras semiautomáticas e automáticas, que acabam constituindo um sério risco à segurança no ambiente de trabalho, se não providas dos devidos sistemas de segurança ou operadas por profissionais não capacitados (TORRES, 2007).

Durante o ano de 1992, os acidentes com máquinas representaram cerca de 78% dos casos de doenças e acidentes graves sendo que, desse percentual, metade foram com máquinas injetoras de plástico, segundo levantamento efetuado pelo Sindicato dos Trabalhadores na Indústria Química e Plástica de São Paulo (STIQSP). O nível de escolaridade entre a população acidentada situa-se majoritariamente na faixa entre a 1ª e a 4ª séries do ensino fundamental e as funções atingidas dividem-se entre aquelas de baixa qualificação (ajudante geral) e operadores de máquina, conformando ambos 86% de todas as ocupações dos acidentados (COELHO *et al.*, 1996). Em 2011, um funcionário de uma empresa do PIM morreu esmagado por uma falha nos sensores de segurança de uma das máquinas injetoras. Essas indicações já seriam suficientes para justificar uma intervenção pública orientada especificamente para esse tipo de realidade (MELO, 2003).

Para mudar este cenário ocorreu, em 1995, a Convenção Coletiva de Trabalho Segurança em Máquinas Injetoras de Plástico no Estado de São Paulo, onde foi elaborada a norma técnica da ABNT NBR 13536 para estabelecer os requisitos de segurança de máquinas injetoras. Considerando o resultado positivo obtido, com significativa redução dos acidentes graves em máquinas injetoras no Estado de São Paulo, o Ministério do Trabalho e Emprego realizou em 2000 uma alteração na Norma Regulamentadora - NR12, onde foi estabelecida a obrigação para em todo território brasileiro do seguimento dos requisitos da NBR 13536, tanto para projeto, construção e utilização de máquinas injetoras.

Conclui-se que é de extrema importância para a segurança dos funcionários das indústrias plásticas que todo o maquinário estejam em conformidade com as normas técnicas vigentes, garantindo assim a entrega de bons resultados produtivos e de saúde ocupacional da empresa. Portanto, este trabalho tem como principal motivação garantir a aplicação das normas NBR 13536, NR12 e, principalmente, NR17 e NR35.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Desenvolver protótipos de adaptação de máquinas injetoras para conformidade com a NR 17 (Ergonomia) e NR 35 (Trabalhos em Altura), complementando as exigências do subitem 16.3 da NBR 13536/1995 e do Anexo IX da NR 12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos).

1.2.2 - Objetivos específicos

- Desenvolver protótipo de escada de acesso e suporte de alimentador plástico em conformidade com a NR 17 e NR 35 para utilização em máquinas injetoras de pequeno porte, com força de fechamento entre $200 \leq kN \leq 250$;
- Desenvolver protótipo de plataforma de acesso em conformidade com a NR 17 e NR 35 para utilização em máquinas injetoras de médio porte, com força de fechamento entre $450 \leq kN \leq 500$;
- Determinar os custos estimados da adequação de máquinas injetoras com a NR 17 e NR 35, incluindo materiais para execução;
- Determinar o impacto nos resultados de produtividade e de saúde laboral da empresa após a adequação de máquinas injetoras com a NR 17 e NR 35.

1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Mesmo com o avanço da regulamentação recente envolvendo segurança do maquinário de injeção plástica, sendo norteadas principalmente pelas Normas Regulamentadoras NR 10, NR 12, e Normas Brasileiras NBR 13536, NBR 13757 e NBR 13852, percebe-se que ainda existem oportunidades no que se refere à aplicação das Normas NR 17 (Ergonomia) e NR 35 (Trabalhos em Altura). Atualmente, tais normas não são explicitamente abordadas e envolvidas na discussão de segurança do processo produtivo de plástico. Por meio deste trabalho, espera-se contribuir com melhorias da NBR 13852 expondo a importância da inclusão de aspectos relacionados às Normas Regulamentadoras NR 17 e NR 35 neste tema. Tal proposta pode ser largamente

implementada pela indústria plástica, com o objetivo de tornar seu processo produtivo mais seguro e eficiente através da redução de acidentes e aumento de valor agregado.

1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho é organizado em cinco capítulos.

O Capítulo 1 é composto pela contextualização, motivação, objetivos, contribuições da dissertação e a forma de organização do trabalho.

O Capítulo 2 trata da revisão da literatura do trabalho, dividida em três partes. A primeira parte aborda o processo de produção plástica em si, detalhando as características da máquina de injeção, molde de injeção, parâmetros de processo e matéria-prima. A segunda parte enfatiza aos conceitos básicos das Normas Regulamentadoras e Normas Brasileiras que norteiam o processo de injeção plástica, incluindo Normas Internacionais. Por fim, a terceira parte cobre os riscos atuais inerentes ao processo de injeção plástica e as contramedidas recomendadas.

O Capítulo 3 é dedicado aos materiais e métodos do trabalho, composto pelo local de estudo, metodologia e os conceitos básicos das propostas de adaptação de segurança nas máquinas injetoras.

O Capítulo 4 expõe os resultados e discussões obtidos pelo trabalho, especificando os materiais, suas características e custos, detalhes dos projetos das escadas de acesso, suporte do funil de alimentação e plataformas de acesso, memoriais descritivos, resultados de cálculo e a construção física e aplicação prática dos mesmos.

O Capítulo 5 demonstra as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

As Referências Bibliográficas listam todos as fontes consultadas para o desenvolvimento deste trabalho, como fontes de livros, artigos de periódicos científicos, normas nacionais e internacionais, monografias, teses e dissertações, arquivos eletrônicos e manuais técnicos foi importante

A sessão de Apêndices mostram os detalhes complementares dos memoriais de cálculo utilizados para a construção dos modelos de escada de acesso, suporte de alimentador plástico e plataforma de acesso.

A sessão de Anexos lista as Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) obtidas pelo trabalho.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - PROCESSO DE INJEÇÃO PLÁSTICA

A moldagem por injeção envolve dois processos distintos: o primeiro se trata do transporte da resina polimérica, plastificação e homogeneização, pressurização e fluxo, ocorrendo na unidade de injeção da máquina; o segundo é a formação do produto, ocorrendo dentro do molde (TADMOR e GOGOS, 2006), obtendo todos os detalhes de suas cavidades reproduzidos na peça acabada (COSTA, 1999).

A análise teórica da injeção plástica envolve os regimes contínuo e transiente, resultado da rotação da rosca de injeção, cujo movimento axial é imposto. Trabalhos experimentais revelaram que o mecanismo de plastificação da resina é similar a plastificação observada na extrusão, o que foi utilizado para formular um modelo matemático para o processo de plastificação (LIPSHITZ, 1974). O processo de injeção plástica é intermitente, ou seja, após cada peça ser extraída do molde, um novo ciclo já teve início. Segundo Rosato (2000), o processo é caracterizado pelas seguintes etapas.

1. *Alimentação*: abastecimento de resina plástica através do funil;
2. *Plastificação*: aquecimento e homogeneização da resina plástica dentro do cilindro de injeção;
3. *Injeção*: injeção da resina plástica para dentro da cavidade do molde, sob pressão e volumes controlados;
4. *Recalque*: manutenção da resina plástica sob pressão por um tempo específico para prevenir o retorno de material e compensar a diminuição de massa durante a solidificação;
5. *Resfriamento*: resfriamento da resina plástica até que a peça formada esteja suficientemente rígida para ser extraída;
6. *Abertura do molde e extração*: extração da peça formada por meio dos pinos de extração, em movimento concomitante a abertura do molde.

Outros fatores que influenciam o processo de injeção plástica são o maquinário, o tipo molde de injeção, o polímero a ser injetado, os parâmetros de processos utilizados, a refrigeração necessária para o molde e o sistema de aquecimento adequado para a melhor plastificação do material (JUNIOR, 2010).

2.1.1 - Máquina injetora

Uma máquina injetora é constituída de uma unidade de injeção para injetar o material plástico e de uma unidade de fechamento, usada para manter o molde fechado durante a fase de injeção (BRICE, 1996). As máquinas utilizadas para este processo são de tamanhos variáveis, indo desde pequenos modelos manuais até modelos de grande capacidade (BLASS, 2002), representando o máximo volume de matéria-prima que é injetada dentro do molde, normalmente entre 30 a 70% do volume real dentro do cilindro de injeção (ROSATO, 2000). Um esquema ilustrativo de uma máquina injetora horizontal com seus principais componentes é mostrado na Figura 2.1.

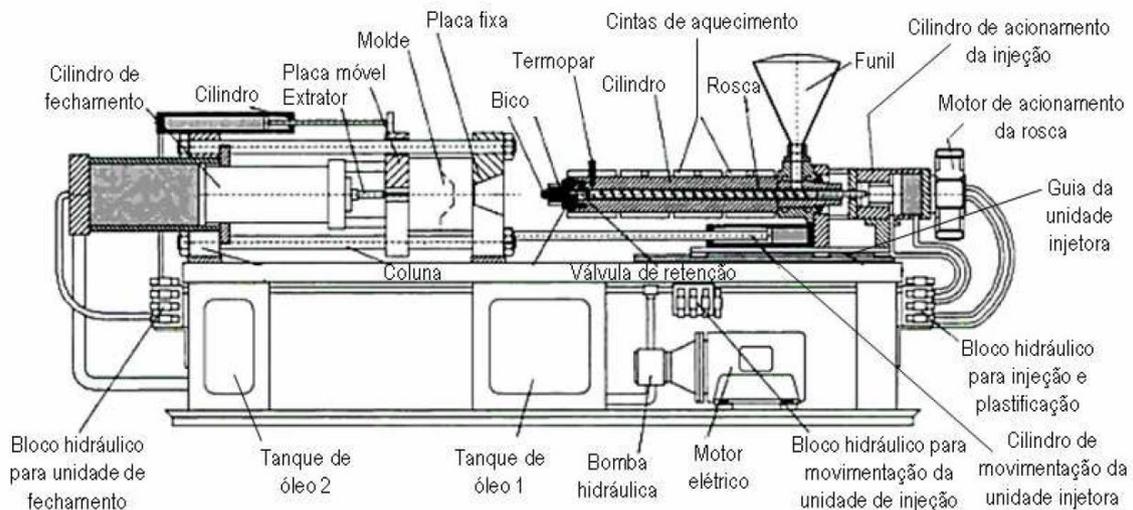


Figura 2.1 - Máquina injetora horizontal.

Fonte: JOHANNABER (2001).

O cilindro de injeção é onde reside a rosca plastificadora que, de forma geral, é fabricada com aço 8550 e revestida por material específico para aumentar a dureza. Sua principal função é transportar e plastificar a resina polimérica através de sua rotação e cisalhamento, funcionando como um pistão que irá empurrar, através de movimento axial, o termoplástico para o interior do molde de injeção (ROSATO, 2000). A homogeneidade da massa polimérica afeta o processo de enchimento da cavidade e também a qualidade do produto final (TADMOR e GOGOS, 2006).

A Figura 2.2 representa um conjunto de plastificação cilindro e rosca.

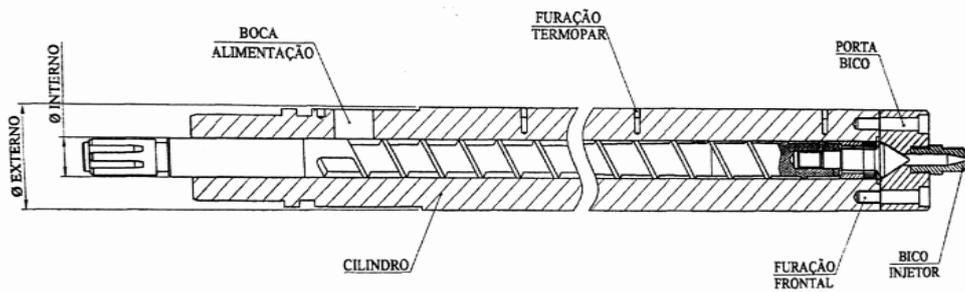


Figura 2.2 - Conjunto de plastificação cilindro e rosca.
 Fonte: ROSATO (2000).

Os cilindros de aquecimento são fabricados em aço 8550 nitretado ou bimetálico (liga níquel-cromo-cobalto) e sua superfície interna deve ser lisa, mas não polida, para aumentar a troca térmica, podendo ser recoberta com *carbide* (metal duro) para resistir a pressões entre 20.000 a 30.000 psi. As características do plástico processado determinam qual é a pressão requerida dentro do molde para obter produtos de boa qualidade. A uma determinada pressão dentro da cavidade do molde, o cilindro deve possuir pressão suficiente para superar as tensões internas das cavidades. Externamente, o cilindro é encamisado com resistências elétricas cujo objetivo é manter a temperatura da resina plástica uniforme. Os elementos de aquecimento podem ser dos tipos cinta, com fios resistores envolvidos com mica e protegidos por uma folha de aço flexível, e, recentemente desenvolveu-se um sistema de blocos de alumínio que contêm as resistências e que aderem à superfície do cilindro (IAP, 2002). Além disso, os cilindros possuem dispositivos de segurança onde, se a pressão exceder a máxima permitida, é acionado um sistema de alívio de pressão (ROSATO, 2000). Estes dispositivos precisam ser manipulados com cuidado durante os procedimentos de manutenção do cilindro de plastificação.

O comprimento L de uma rosca é expresso em relação ao seu diâmetro D . Para definição desta relação, deve ser levado em consideração que, quanto maior a relação L/D , maior é o tempo de trabalho mecânico que o material sofre, bem como maior é o tempo de resistência sob ação do calor. Comercialmente, existem roscas com relação L/D maiores, mas os chamados plásticos de engenharia devem ser processados em máquinas com relação L/D intermediária, já para plásticos de alta performance a relação L/D deve ser menor (ROSATO, 2000).

A Figura 2.3 mostra no detalhe a relação L/D em uma rosca plastificadora.

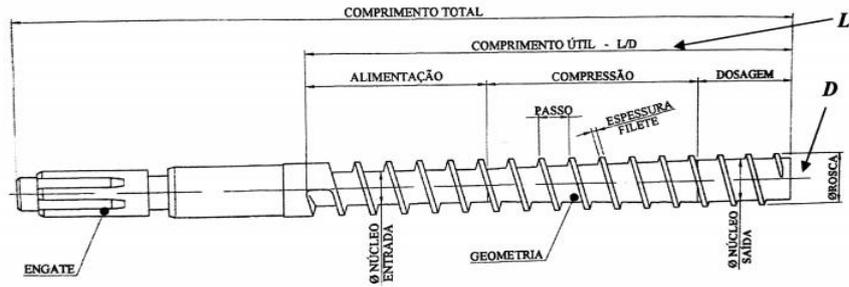


Figura 2.3 - Relação L/D em uma rosca plastificadora.
Fonte: IAP (2002).

Geometricamente, a rosca de uma máquina injetora é dividida em três partes, chamadas de zonas: de alimentação, de compressão (ou plastificação) e de dosificação (ou homogeneização).

- *Zona de alimentação*: localizada logo abaixo do funil de alimentação de resinas. Sua finalidade é pré-aquecer e transportar os grânulos para a zona posterior. Nesta zona, a rosca possui o seu menor diâmetro e se mantém constante, com um ângulo de inclinação dos filetes situado entre 15 e 20°;
- *Zona de compressão (ou plastificação)*: é onde se inicia a plastificação do termoplástico devido ao aumento constante do diâmetro do núcleo da rosca, que irá comprimir e cisalhar a massa fundida, caracterizando assim a taxa de compressão. Com a diminuição do volume disponível entre os filetes, o ar incluso entre os *pellets* é eliminado, saindo pelo funil de alimentação;
- *Zona de dosificação (ou homogeneização)*: é a parte da rosca onde os filetes possuem profundidade mínima e o diâmetro do núcleo é constante. Nesta zona o termoplástico está completamente fundido e com homogeneização máxima.

Na ponta da rosca encontra-se a válvula de não retorno, cuja função é impedir que o termoplástico fundido retorne para a rosca, quando esta exerce a função de um pistão, ou seja, empurrar a massa acumulada para dentro do molde. Os bicos de injeção são dispositivos acoplados na ponta dos cilindros, por onde passa o termoplástico plastificado antes de entrar na cavidade do molde (IAP, 2002).

A unidade de fechamento é uma parte da máquina injetora onde o molde é montado sob placas de suporte e normalmente é guiado por quatro colunas, sendo capaz de controlar de maneira acurada a força para abrir e fechar o molde e também de manter o molde fechado durante a injeção (ROSATO, 2000). Existem basicamente três tipos de unidades de fechamento: hidráulicas, alternadas e hidromecânicas. Em uma injetora, a

alavanca consiste de duas barras que são unidas em uma de suas extremidades, por um pivô. As outras extremidades são ligadas à placa móvel e fixa. Na posição de abertura do molde, o pistão hidráulico está retraído, puxando a cruzeta para perto da placa estacionária. Este movimento retrai a placa móvel, afastando-a da placa estacionária e o molde se abre. Um esquema ilustrativo de uma unidade de fechamento é mostrado na Figura 2.4.

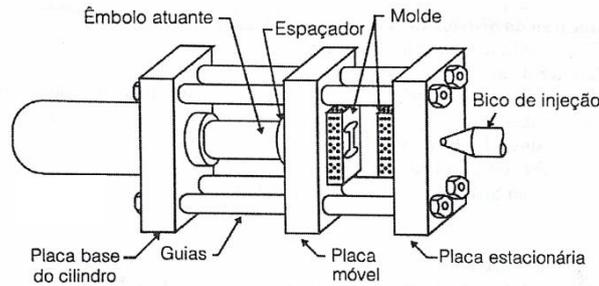


Figura 2.4 - Unidade de fechamento de uma máquina injetora.
Fonte: IAP (2002).

Dependendo do plástico que está sendo injetado, a força de fechamento pode ser de 20 até milhares de toneladas sendo medida por diferentes métodos, como o uso de transdutores de pressão entre as placas de fechamento, através da determinação do alongamento das colunas quando o molde está fechado ou utilizando a Eq. (2.1), onde F é a força de fechamento (kN), E é o módulo de elasticidade do aço ($210 \text{ kN}\cdot\text{mm}^{-2}$), A_{col} é a área seccional da coluna (mm^2), ΔL_{col} é o alongamento das colunas (mm), L_{col} é o comprimento das colunas (mm) e n_{col} é o número de colunas, onde normalmente equivale à quatro unidades.

$$F = \frac{n_{col} EA_{col} \Delta L_{col}}{L_{col}} \quad (2.1)$$

2.1.2 - Molde de injeção plástica

Os moldes de injeção plástica possuem vários desenhos para atingir diferentes requerimentos de produtos. Na moldagem por injeção, a função do molde é receber a massa do polímero fundido proveniente do bico de injeção, de modo que ela se distribua uniformemente em sua cavidade por intermédio de um sistema de canais, dando o formato desejado à peça (ROSATO, 2000). O molde é constituído do lado fixo (fêmea), que

reproduz em negativo o formato do produto, e o lado móvel (macho), que além de completar o formato do produto, funciona como pistão de compressão da carga (PROTEC, 2002). O alinhamento entre as cavidades fêmeas e machos é importante, devendo ser de $\pm 0,0002$ in. No lado fixo do molde é onde o plástico é injetado e no lado móvel é onde as peças são extraídas, a linha de separação entre estas duas metades é conhecida como linha de partição.

Para se projetar convenientemente um molde, é necessário conhecer as características da prensa em que irá trabalhar, como por exemplo, capacidade da prensa, força de fechamento, pressão de injeção, sistema de fixação do molde às placas da prensa, sistema de refrigeração, sistema de extração, dimensões das placas, distância máxima entre as placas, distância livre entre as colunas, diâmetro do furo entre as colunas, e diâmetro do furo de localização. Além disso, informações como peso do material a ser injetado, ciclo de moldagem, quantidade de cavidades também são imprescindíveis. A Figura 2.5 mostra as principais partes de um molde de injeção plástica.

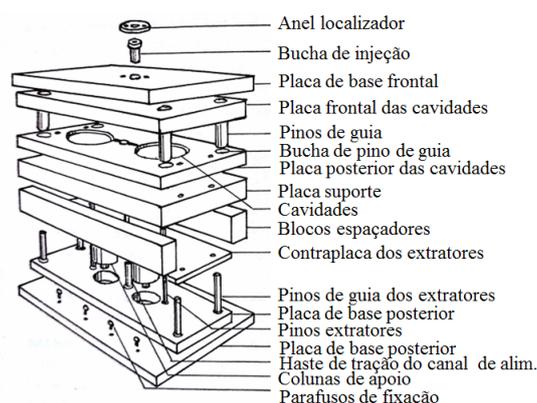


Figura 2.5 - Partes de um molde de injeção plástica.
Fonte: BLASS (2002).

O molde é um dispositivo mecânico controlável complexo que também deve ser um trocador de calor eficiente. A massa plástica fundida deve se mover rapidamente, sob pressão, pelos canais do molde, enquanto os gases são liberados das cavidades para evitar a degradação do material. Para ajudar na rápida solidificação do plástico, água ou outro meio refrigerante circula pelo molde para refrigeração. O sistema de extração mecânica de peças pode também ser uma fonte de desgaste no molde de injeção, por isso várias empresas buscam soluções utilizando extração pneumática, desde pequenas peças medicinais até grandes caixas industriais, pois não há contato mecânico e o tempo de ciclo é otimizado (ROSATO, 2000).

A determinação da temperatura de operação do molde deve considerar a geometria da peça, acabamento de superfície desejado, tensão, encolhimento, delaminação, ejeção e tempo de ciclo. Temperaturas mais elevadas ajudam no preenchimento de paredes finas, reduzindo o estresse e a cristalinidade parcial (TADMOR e GOGOS, 2006).

Muitos dos elementos de moldes foram pré-projetados ou padronizados e podem ser incorporados na maioria das ferramentas, enquanto a base do molde pode ser de metal fundido. Pesquisas estão sendo realizadas para entender e identificar fatores críticos em moldes de injeção plástica. A maior parte do trabalho realizado na última década baseou-se em modelos teóricos, de simulação computacional e ensaios experimentais práticos (SINGH, 2016). Através do perfil de pressão da cavidade no molde, é possível produzir um peso de produto mais uniforme que qualquer método tradicional, basta estudar a condição de enchimento no molde. Entende-se que o tempo de recalque pode ser mais determinante durante o processo de injeção que a temperatura da injeção (REZAVAND, 2007).

Os moldes de canal quente, também chamados de moldes sem canais, apresentam a característica de dispensarem a remoção total ou parcial, do sistema de alimentação. Nos moldes convencionais, o sistema de alimentação é resfriado e removido ao mesmo tempo que a moldagem. As vantagens no uso desse tipo de sistema são: melhor fluxo do termoplástico fundido, eliminação da bucha e canais de distribuição, suprimindo suas recuperações, eliminação da operação de acabamento do ponto de injeção, automatização do ciclo e aumento de produtividade. Neste tipo de molde, é necessário manter o plástico no interior do bico, a uma temperatura superior à de solidificação e inferior à de livre escoamento, quando o molde estiver aberto.

2.1.3 - Parâmetros de processo

Como observado experimentalmente, a qualidade das peças moldadas depende dos parâmetros de temperatura, tempo, pressão e velocidade de injeção. O controle de temperatura é fundamental para os aspectos de tensões internas, contração, estabilidade dimensional e acabamento de uma peça injetada, afetando significativamente a qualidade geral do produto. O processamento de polímeros por injeção plástica é o método mais amplamente utilizado em tecnologia e um requisito essencial que o produto não sofra degradação significativa na alta temperatura de processamento e sob cisalhamento (BRAUN *et al.*, 2013). Desta maneira, as três zonas do cilindro de aquecimento devem

ser altamente controladas, pois influenciam criticamente a qualidade do produto final (LIU, 2009), evitando o sobreaquecimento e degradação do plástico (SELVAKARTHI, 2014). Parâmetros dinâmicos de controle de temperatura impactam de maneira positiva a eficiência energética e qualidade dos produtos (KHOMENKO, 2016).

No processo de injeção plástica, o controle do tempo é dividido em: tempo de injeção, tempo de recalque, tempo de resfriamento e tempo de abertura/fechamento do molde. O tempo de resfriamento deve ser suficientemente longo para peça solidificar e ser extraída sem deformações. Esse tempo costuma ser um dos mais longos do ciclo de injeção e é onde a otimização consegue ganhos significativos na redução do ciclo. Parâmetros como tempo de resfriamento e pressão da massa na cavidade dependem principalmente da temperatura na zona de plastificação (DIDUCH, 2004).

A pressão de injeção é a pressão necessária para o preenchimento da cavidade do molde e é limitada pela capacidade da máquina injetora, enquanto a pressão de recalque é a pressão exercida pela rosca imediatamente após a pressão de injeção, dentro de um tempo preestabelecido (IAP, 2002).

A velocidade de injeção é a velocidade de avanço da rosca, quando esta funciona como um pistão no momento da injeção, e está diretamente relacionada com a pressão e o tempo de injeção. A velocidade que se injeta o material na cavidade é um importante fator na obtenção de peças de boa qualidade. Esta velocidade é uma medida da entrada do material no molde durante o tempo de enchimento. A velocidade de resfriamento controla o acabamento superficial da peça e grau de cristalinidade (IAP, 2002).

2.1.4 - Matéria-prima

Polímero define-se como uma macromolécula cuja estrutura é composta por múltiplas unidades repetidas, chamadas monômeros, das quais se origina uma característica de alta massa molecular relativa e propriedades associadas repetidas. Devido à sua ampla gama de propriedades (PAINTER, 1997), os polímeros sintéticos e naturais desempenham um papel essencial na vida cotidiana.

Existem dois tipos de polímeros, também referidos como resinas, que são utilizados no processo de injeção plástica: os termoplásticos e termorrígidos. Polímeros comuns como epóxi e fenólicos são exemplos de plásticos termorrígidos, enquanto que o nylon, polietileno e poliestireno são termoplásticos (TODD, 1994). Os materiais termoplásticos podem ser plastificados, solidificados e re-plastificados sem uma mudança

significativa das propriedades químicas do material. Em algumas situações, materiais termoplásticos são remoldados e inseridos novamente no processo através de mistura com material virgem. Dependendo de quantas vezes e sob quais condições o remoldo foi processado, algumas de suas propriedades químicas e mecânicas podem sofrer alterações. Os plásticos termorrígidos estão sujeitos a uma mudança química quando aquecidos a certa temperatura, portanto, uma vez solidificados, não podem ser fundidos ou reutilizados (OLMSTED, 2001). No estado sólido, algumas moléculas de polímeros são dispostas de maneira ordenada e com um padrão repetitivo e são chamadas de materiais cristalinos. Outras estruturas são dispostas em um arranjo randômico sem nenhuma ordem ou padrão repetitivo e são chamadas de materiais amorfo. Na Tabela 2.1 estão expostos os principais polímeros usados na indústria e seus respectivos símbolos e tipos:

Tabela 2.1 - Principais polímeros e seus respectivos símbolos e tipos.

Polímero	Símbolo	Tipo
Polietileno	PE	Cristalino
Polipropileno	PP	Cristalino
Poliestireno	PS	Amorfo
Acrilonitrila Butadieno Estireno	ABS	Amorfo
Poliamida (nylon)	PA	Cristalino
Policarbonato	PC	Amorfo
Polioximetileno (acetal)	POM	Cristalino
Policloreto de Vinila	PVC	Amorfo
Estireno Acrilonitrila	SAN	Amorfo

Fonte: IAP (2002).

A Figura 2.6 expõe as diferenças entre a estrutura cristalina e amorfa.

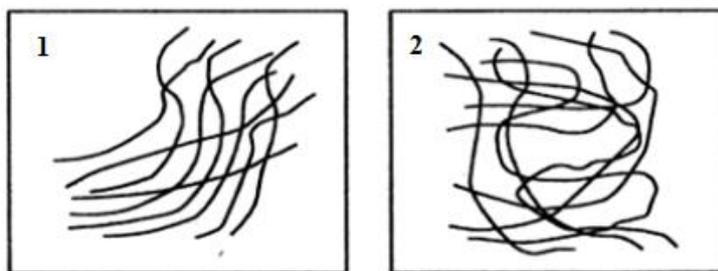


Figura 2.6 - Polímeros com estrutura cristalina (1) e estrutura amorfa (2).

Fonte: OLMSTED (2001).

Os polímeros sintéticos abrangem uma larga faixa de propriedades, podendo ser agrupados em três classes principais quanto ao comportamento mecânico: plásticos,

fibras e elastômeros. Os plásticos são materiais que contêm como componente principal um polímero orgânico sintético e se caracterizam pela capacidade de se tornarem fluidos e capazes de serem moldados, por ação do calor e pressão. Fibra é um corpo que tem uma razão elevada entre o comprimento e as dimensões laterais e é composto principalmente de macromoléculas lineares, orientadas longitudinalmente. Os elastômeros são materiais macromoleculares que exibem elasticidade em longa faixa, à temperatura ambiente. Apesar de não existir uma divisão bem limitada entre os grupos, esta classificação é útil do ponto de vista tecnológico (LUCAS, 2001). Os polímeros industriais obtidos através dessas rotas sintéticas podem ser utilizados como materiais de engenharia, tanto individualmente quanto em sistemas mistos, mais complexos. A Figura 2.7 descreve o comportamento mecânico das três categorias.

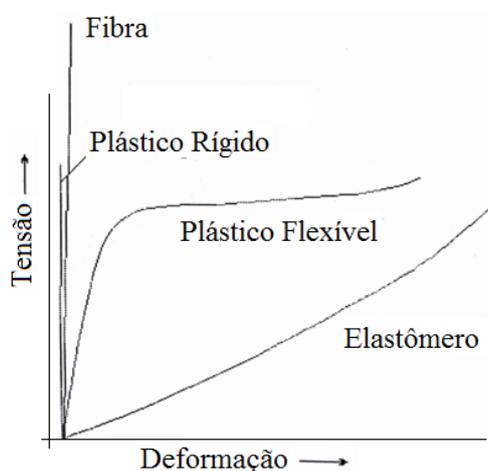


Figura 2.7 - Tensão vs deformação para plásticos.
Fonte: LUCAS (2001).

Há três tipos gerais de reação pelos quais se pode produzir um polímero: a poliadição, a policondensação e a modificação química de outro polímero. Conforme a natureza química do monômero, o tipo de reação visada e a aplicação desejada para o polímero, varia a técnica de sua preparação, em massa, em solução, em emulsão, em suspensão e interfacial (MANO, 1991).

Os principais critérios para a seleção de um polímero são:

- Propriedades do material necessárias para formação da peça final;
- Condutividade térmica, que influencia a velocidade com a qual os plásticos podem ser aquecidos, fundidos e moldados;
- Tensão de cisalhamento, pois altas tensões de cisalhamento implicam um rápido aumento de temperatura enquanto o material é plastificado;

- Viscosidade do polímero;
- Custo da matéria-prima.

Para uma proporção muito grande de materiais poliméricos em uso comercial, as propriedades mecânicas são de extrema importância, pois são utilizados como materiais estruturais, fibras ou revestimentos e estas as propriedades determinam sua utilidade (RAVVE, 2012). As propriedades do polímero influenciam diretamente os parâmetros de processo, portanto, deve-se conhecer a fundo as propriedades do polímero utilizado. A cromatografia de permeação em gel (GPC) é uma técnica de cromatografia líquida baseada na separação segundo o tamanho molecular, sendo amplamente utilizada para processos de desalifcação preparatória, purificação de tampões, remoção de substâncias radioativas de pequena massa molecular, determinação da massa molecular de polímeros naturais, entre outras aplicações (COLLINS, 2011). O equipamento consiste de uma bomba, um conjunto de colunas e um detector (índice de refração). Após a solubilização do polímero em um solvente adequado, este é injetado no conjunto de colunas onde ocorre a separação dos pesos moleculares e as respectivas frações são transformadas em sinais pelo detector, sendo possível sua interpretação pelo software. A utilização da GPC no estudo da interação de contaminantes e fração da matéria orgânica possibilita a avaliação da extensão das associações entre os metais e a matéria orgânica no ambiente, pois permite a determinação simultânea das concentrações de carbono orgânico e metais tóxicos sob condições muito próximas dos sistemas naturais (JANOS, 2003).

2.2 - CONCEITOS BÁSICOS DAS PRINCIPAIS NORMAS APLICÁVEIS

As Normas Regulamentadoras (NR's) revolucionaram a área de Segurança e Saúde no Trabalho no Brasil (SST), e possuem um papel importante na diminuição dos índices de acidente no trabalho e ao mesmo tempo geram uma demanda de profissionais especializados para atuarem nas empresas. Os pontos positivos dessa iniciativa vêm sendo observados ao longo dos anos, com a queda dessas assustadoras estatísticas, com o incentivo à uma cultura prevencionista dentro das empresas, na formação de profissionais da área e no crescimento do mercado de equipamentos e serviços direcionados à proteção dos trabalhadores (WARTCHOW, 2018).

Atualmente existem 36 Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho, listadas na Tabela 2.2 abaixo, juntamente com as suas referências.

Tabela 2.2 - Normas regulamentadoras e suas referências.

NR	Referência
NR 1	Disposições Gerais
NR 2	Inspeção Prévia
NR 3	Embargo ou Interdição
NR 4	SESMT (Serviços Especializados em Eng. de Seg. e em Medicina do Trabalho)
NR 5	CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes)
NR 6	EPI (Equipamento de Proteção Individual)
NR 7	PCMSO (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional)
NR 8	Edificações
NR 9	PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais)
NR 10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
NR 11	Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais
NR 12	Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos
NR 13	Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulação
NR 14	Fornos
NR 15	Atividades e Operações Insalubres
NR 16	Atividades e Operações Perigosas
NR 17	Ergonomia
NR 18	Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção
NR 19	Explosivos
NR 20	Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis
NR 21	Trabalhos a céu aberto
NR 22	Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração
NR 23	Proteção contra Incêndios
NR 24	Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho
NR 25	Resíduos Industriais
NR 26	Sinalização de Segurança
NR 27	Registro Profissional do Técnico de Segurança do Trabalho (revogada)
NR 28	Fiscalização e Penalidades
NR 29	Segurança e Saúde no Trabalho Portuário
NR 30	Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário
NR 31	Seg. e Saúde no Trab. na Agric., Pecu., Silv., Expl. Florestal e Aquicultura
NR 32	Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde
NR 33	Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados
NR 34	Cond. e Meio Amb. de Trab. na Ind. da Const., Reparação e Desmonte Naval
NR 35	Trabalho em Altura
NR 36	Seg. e Saúde no Trab. em Empresas de Abate e Proc. de Carnes e Derivados
NR 37	Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo

Fonte: SECRETARIA DE TRABALHO (2021).

2.2.1 - Análise do Anexo IX da NR 12

Esta NR e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização e em todas as atividades econômicas. O Anexo IX da NR 12 é dedicado para a segurança de máquinas injetoras, listados abaixo:

- 1.2.1. Perigos relacionados à área do molde;
- 1.2.2. Área do mecanismo de fechamento;
- 1.2.3. Proteção do cilindro de plastificação e bico injetor;
- 1.2.4. Área da alimentação de material - Funil;
- 1.2.5. Área da descarga de peças;
- 1.2.6. Requisitos adicionais de seg. associados com máquinas de grande porte;
- 1.2.7. Máquinas com movimento vertical da placa móvel;
- 1.2.8. Máquinas carrossel;
- 1.2.9. Máquina com mesa porta-molde de deslocamento transversal;
- 1.2.10. Máquina multiestações com unidade de injeção móvel;
- 1.2.11. Equipamentos periféricos;

O item 12.16 do Anexo IX da NR 12 é específico para os requerimentos para escadas fixas tipo marinheiro, exemplificado pela Figura 2.8, listados são:

- a) Dimensionamento, construção e fixação seguras e resistentes, de forma a suportar os esforços solicitantes;
- b) Constituição de materiais ou revestimentos resistentes a intempéries e corrosão, caso estejam expostas em ambiente externo ou corrosivo;
- c) Gaiolas de proteção, caso possuam altura superior a 3,50 m, instaladas a partir de 2,0 m do piso, ultrapassando a plataforma de descanso ou o piso superior em pelo menos de 1,10 m a 1,20 m;
- d) Corrimão ou continuação dos montantes da escada ultrapassando a plataforma de descanso ou o piso superior de 1,10 m a 1,20 m;
- e) Largura de 0,40 m a 0,60 m;
- f) Altura total máxima de 10,00 m, se for de um único lance;

- g) Altura máxima de 6,00 m entre duas plataformas de descanso, se for de múltiplos lances, construídas em lances consecutivos com eixos paralelos, distanciados no mínimo em 0,70 m;
- h) Espaçamento entre barras horizontais de 0,25 m a 0,30 m;
- i) Barras horizontais com superfícies, formas ou ranhuras a fim de prevenir deslizamentos.



Figura 2.8 - Exemplo de escada marinheiro.

2.2.2 - Análise da NBR 13536

Esta Norma fixa os requisitos para projeto, construção e utilização de máquinas injetoras para plástico (termoplásticos e termofixos) e elastômeros, evidenciando os requisitos de segurança da interface entre as máquinas injetoras, moldes e equipamentos periféricos. Não se aplica a máquinas em que a unidade de fechamento somente pode ser operada por meio de força física do operador; máquinas injetoras de moldagem por reação (RIM) e equipamentos periféricos para máquinas injetoras.

A NBR 13536 faz referência diversas organizações estrangeiras, como por exemplo, os Padrões Europeus (EN), o Instituto Nacional Americano de Padrões (ANSI) e a Organização Internacional de Padronização (ISO), conforme exposto na Tabela 2.3:

Tabela 2.3 - Referências da NBR 13536.

Norma	Referência
NBR 5410	Instalações elétricas de baixa tensão - Procedimento
ANSI Z35.1	<i>Specifications for accident preventions signs</i>
ISO 3864	<i>Safety colours and safety signs</i>
EN 294	<i>Safety of machinery: Safety distancies to prevent danger zones being reached</i>
EN 349	<i>Safety of machinery: Minimum gaps to avoid crushing of the human body</i>
EN 418	<i>Safety of machinery: Emergency stop equipment - principles for design</i>

Fonte: ABNT - NBR 13536 (2016).

A NBR 13536 indica os cuidados adequados a serem tomados no projeto e na construção de máquinas injetoras, de forma que pessoas trabalhando na máquina ou em seus arredores não sejam expostas a riscos, em particular por movimento de partes da unidade de fechamento, movimento da unidade de injeção, partes cisalhantes ou perfurantes, correntes elétricas; partes quentes da máquina ou materiais moldáveis quentes, ruídos gerados pelas partes dinâmicas da máquina e fumos resultantes da queima de materiais processados.

As proteções de segurança especificadas pela NBR 13536 são proteções fixas, proteções móveis com um sistema de supervisão, proteções móveis com dois sistemas de supervisão, proteções móveis com dois sistemas de supervisão e acionamento de segurança mecânica. O projeto de proteções deve levar em consideração as distâncias de segurança (EN 294) e os espaços mínimos permitidos para acesso (EN 349). Proteções devem ser previstas para impedir acesso aos movimentos de risco da unidade de fechamento. Quando estiverem abertas, além dos movimentos de risco da própria unidade de fechamento, devem ser impedidos todos os movimentos associados à pressurização de material plastificado. A NBR 5410 especifica os requisitos gerais para o escopo elétrico do equipamento. O acesso a qualquer movimento de risco pela abertura da descarga de peças deve ser impedido no seu projeto ou pela adoção de coberturas. Em todas as posições da unidade de injeção, excluindo as posições de manutenção, devem possuir proteções para a área do bico.

2.2.3 - Análise da NR 35 e ANSI 1264.1

Esta Norma estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade. Considera-se trabalho em altura toda atividade executada acima de 2,00 m do nível inferior, onde haja risco de queda.

A NR 35 faz referência também a Norma EN 365 que especifica os requisitos gerais relativos à utilização, manutenção, exame periódico, reparação, marcação e embalagem de EPI, que incluem dispositivos de prensão do corpo, bem como de outros equipamentos utilizados juntamente com dispositivos de prensão do corpo e destinados a prevenir quedas, para acesso, saída e posicionamento na execução de trabalhos, para reter quedas e para salvamento.

Outra referência é a Norma ANSI 1264.1, que estabelece requisitos de segurança em situações industriais e de trabalho para proteger pessoas em áreas existe perigo de pessoas ou objetos caindo de superfícies elevadas de caminhada e trabalho, como piso, teto ou aberturas de parede, plataformas, pistas, rampas, escadas fixas ou telhados em condições normais, temporárias e de emergência. A Norma ANSI A1264.1 também estabelece critérios para construções de:

I. Plataformas fixas de acesso:

- a) Receber uma carga viva mínima de 488 kg/m²;
- b) Tamanho mínimo 0,60 m x 0,60 m;
- c) Desenho da capacidade deve incluir a massa de carga viva, massa da própria plataforma e corrimão e qualquer outra carga de acessório que a plataforma possua.

II. Guarda-corpo:

- a) O corrimão superior deve possuir superfície lisa e formato cilíndrico, de forma a permitir um contato adequado, ser localizado a aproximadamente 1,20 m da superfície (plataforma, chão), suportar 90 kg em qualquer direção;
- b) O corrimão intermediário deve: estar localizado a 0,48 m abaixo do corrimão superior, suportar 22.5 kg em qualquer direção;
- c) A máxima abertura entre as vigas do corrimão deve ser de 0,48 m;
- d) Os rodapés devem ter mínimo de 104 mm de altura, ter espaçamento entre base da plataforma e o rodapé de 6 mm, suportar 22.5 kg em qualquer direção;

- e) Espaçamento entre suportes verticais devem ser de no máximo 1,8 m;
- f) Material de construção deve ser tubular
- g) Diâmetro mínimo de 38 mm

2.2.4 - Análise da NR 18

Esta Norma estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção. Consideram-se atividades da Indústria da Construção: serviços de demolição, reparo, pintura, limpeza e manutenção de edifícios em geral, de qualquer número de pavimentos ou tipo de construção, inclusive manutenção de obras de urbanização e paisagismo. Os itens principais para o presente trabalho estão listados abaixo:

- 18.10 Estruturas Metálicas;
- 18.12 Escadas, Rampas e Passarelas;
- 18.13 Medidas de Proteção contra Quedas de Altura;
- 18.15 Andaimos e Plataformas de Trabalho.

2.2.5 - Análise da NBR 6118

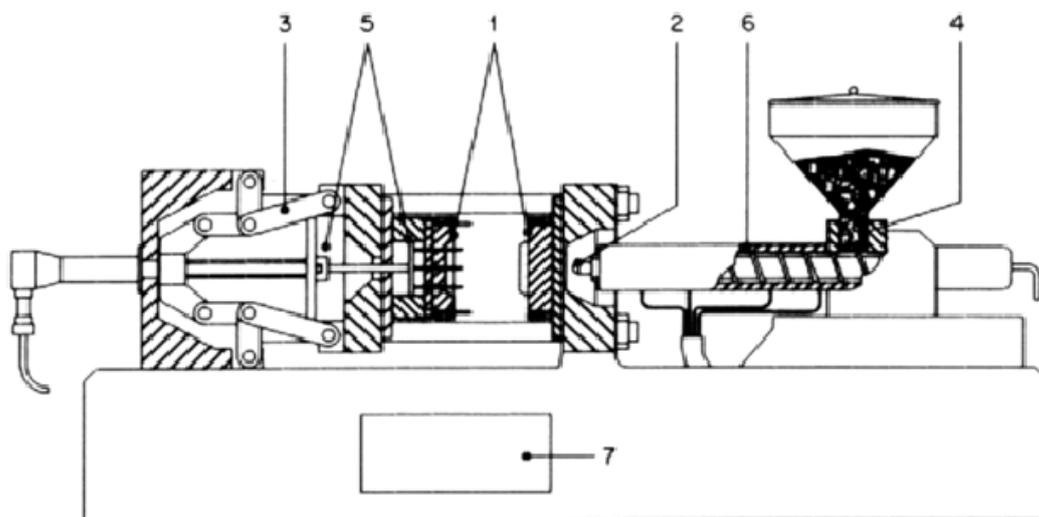
De acordo com a ABNT NBR 6118, o Estado Limite Último (ELU) trata-se do estado-limite relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura, estando relacionado diretamente com a resistência da estrutura. Como exemplos de situações em que o ELU é atingido, cita-se: Pilar mal dimensionado que ocasiona a ruína de um prédio, Laje mal dimensionada que desaba após a retirada do escoramento, terça metálica de cobertura que rompe por flexão devido ao carregamento (NICOLETTI, 2020).

O Estado Limite de Serviço (ELS) está relacionado à durabilidade das estruturas, aparência, conforto do usuário e à boa utilização funcional das mesmas, seja em relação aos usuários, seja em relação as máquinas e aos equipamentos utilizados. Como exemplos de situações em que o ELS é atingido, cita-se: fissuras em uma viga que provocam desconforto no usuário, Janela emperrada em decorrência de deformações excessivas em

uma viga, alvenarias trincadas devido ao deslocamento excessivo da edificação (NICOLETTI, 2020).

2.3 - RISCOS DE SEGURANÇA NOS PROCESSOS DE INJEÇÃO PLÁSTICA

Na área do molde há perigos de esmagamento, corte e/ou impacto causados por: movimento de fechamento da placa, incluindo o movimento descendente devido à gravidade; movimento de fechamento da placa para o ajuste da altura do molde; movimento de fechamento da placa móvel com um molde fixado a ela durante o ajuste do molde, quando a área do molde é acessível através da abertura para o bico na placa fixa; movimento da ponta do bico da unidade injetora, através da abertura para o bico na placa fixa; movimento da ponta do bico de qualquer unidade de injeção adicional, quando entra em contato com o molde; movimento de machos e extratores e seus mecanismos de acionamento; movimentos do molde, machos e extratores, e seus mecanismos de acionamento, originados por acúmulo de energia potencial, (por exemplo, por molas ou ação da gravidade); movimento dos tirantes. Na Figura 2.9 estão expostas as principais áreas de perigo em uma máquina injetora horizontal.



- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1 - Área do molde | 5 - Área dos extratores de machos e peças |
| 2 - Área da unidade de injeção | 6 - Área das resistências de aquecimento |
| 3 - Área do mecanismo de fechamento | 7 - Área da descarga de peças |
| 4 - Área da alimentação de material | |

Figura 2.9 - Áreas de perigo de máquina injetora horizontal.
Fonte: ABNT - NBR 13536 (2016).

Na área do mecanismo de fechamento ou atrás da placa móvel, há perigo de esmagamento, corte e impacto, causados por: movimentos dos atuadores dos mecanismos de fechamento da placa; movimento de abertura da placa; movimentos de machos e mecanismos do atuador do extrator; movimento de abertura da placa devido à gravidade em máquinas com unidade de fechamento ascendente; movimento de abertura das proteções da área do molde operadas por energia.

Na área de alimentação de material existem riscos referentes à queda do operador e também à ergonomia, principalmente durante a manutenção ou troca de cor da resina plástica do funil, onde o funcionário em muitas vezes dispõe de recursos adequados para realizar esta atividade, conforme mostra a Figura 2.10. A NBR 13536 não é específica em relação aos riscos e ações preventivas e corretivas desta área, tendo em vista que trabalho em altura é considerado acima de 2,0 m de altura, o que na maioria das máquinas injetoras horizontais não é o que acontece. Esta lacuna dentro da regulamentação foi um dos motivos para a realização deste trabalho.



Figura 2.10 - Riscos observados durante atividade de manutenção do funil.

Na área da unidade de plastificação e/ou área da unidade de injeção, há perigo de esmagamento, corte e/ou aprisionamento, causados por: movimento não intencional das unidades de injeção e/ou plastificação verticais ou inclinadas devido à gravidade; movimento da rosca e/ou pistão de injeção no cilindro de plastificação e/ou injeção, acessível através da abertura de alimentação; movimento do funil fixado à unidade de

plastificação e/ou injeção em direção à placa fixa (especialmente no caso de máquinas pequenas); movimento do mecanismo da injeção; movimento do mecanismo de plastificação.

2.4 - PROTÓTIPOS DAS ADAPTAÇÕES DE SEGURANÇA PROPOSTAS

2.4.1 - Máquinas de pequeno porte: escadas de acesso e suportes metálicos

Para máquina de pequeno porte, ou seja, com força de fechamento entre $200 \leq \text{kN} \leq 250$, a adequação proposta baseia-se na combinação de duas soluções: construção de um suporte metálico, estilo mão francesa, e uma escada de acesso para a parte superior do funil de alimentação de resinas plásticas, conforme mostra a Figura 2.11.

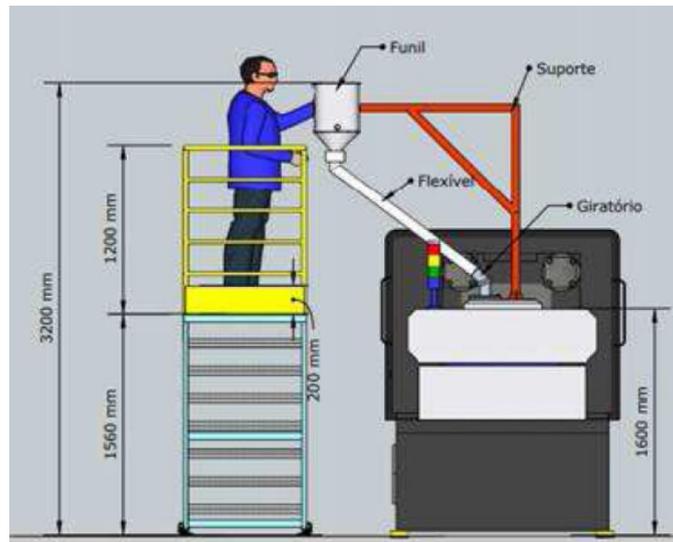


Figura 2.11 - Conceito da adequação para máquinas injetoras de pequeno porte.

Por meio do protótipo, o operador é capaz de realizar a manutenção do funil de alimentação e/ou troca de resina plástica de maneira ereta e com os pés bem apoiados, ergonomicamente correta, evitando riscos de queda, queimadura, esmagamento, entre outros.

O desenho base para as escadas de acesso considera uma resistência de até 200 kg um sistema de rodízio com rodas, viabilizando a fácil movimentação e deslocamento do equipamento dentro do ambiente produtivo. O conceito é mostrado pelas Figuras 2.12 e 2.13.

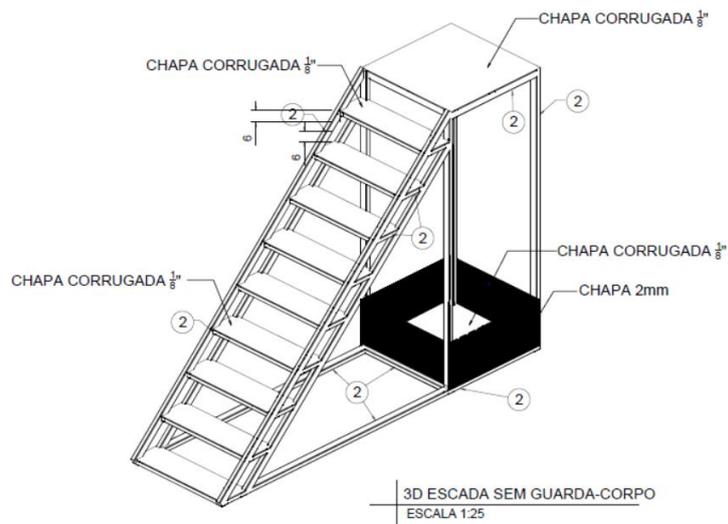


Figura 2.12 - Desenho base da escada de acesso sem guarda-corpo - Escala 1:25.

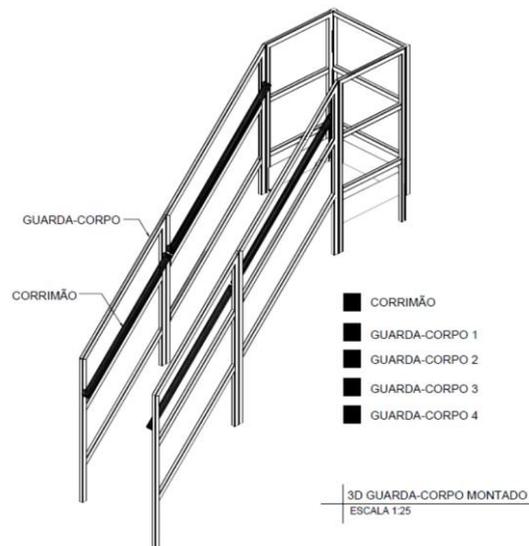


Figura 2.13 - Desenho base da do guarda-corpo montado - Escala 1:25.

O desenho base para os suportes metálicos para os funis de alimentação de resinas considera uma resistência de até 20 kg e é mostrado pela Figura 2.14, contemplando dois furos para entrada e descarte de matéria-prima.

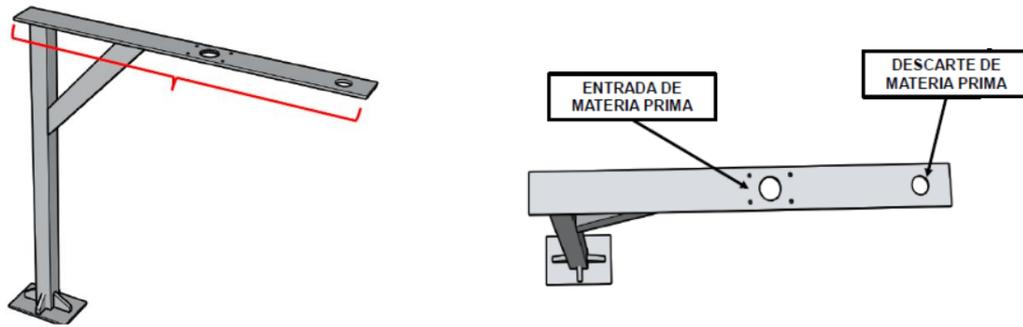


Figura 2.14 - Desenho base do suporte metálico para funil de alimentação de resinas.

2.4.2 - Máquinas de médio porte: plataformas fixas de acesso

Para máquinas de médio porte, ou seja, com força de fechamento entre $450 \leq \text{kN} \leq 500$, a adequação proposta baseia-se no projeto e construção de uma plataforma de acesso acima da unidade de injeção e adaptada para sustentar os funis de alimentação de resina, conectados ao cilindro de injeção plástica por uma mangueira flexível. A visão geral do desenho está exposto pela Figura 2.15.

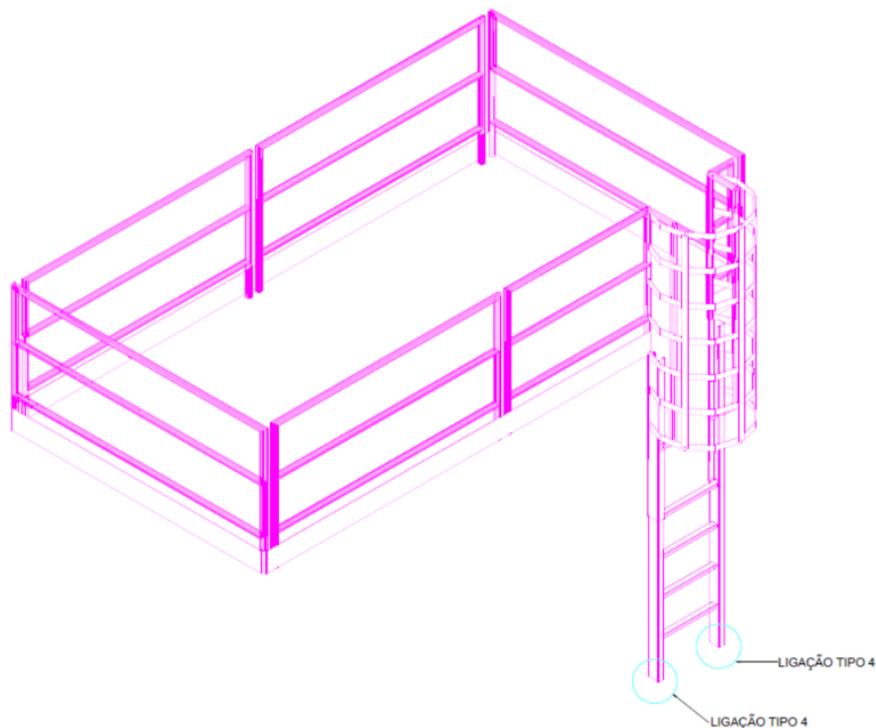


Figura 2.15 - Desenho base da plataforma de acesso - Escala 1:25.

Similar à adaptação das máquinas injetoras de pequeno porte, os requisitos referentes à NR 17 e NR 35 podem ser observados quando o operador é capaz de realizar a atividades de rotina de maneira ergonomicamente correta e evitando riscos de queda. A escada marinho deve seguir rigorosamente os requerimentos listados pela NR 12.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.1 - LOCAL DE ESTUDO

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado em uma empresa multinacional de bens de consumo instalada no Polo Industrial de Manaus, localizada no Distrito Industrial I. Esta empresa é especializada em uma ampla gama de saúde pessoal, saúde do consumidor e produtos de cuidados pessoais e higiene.

3.2 - METODOLOGIA UTILIZADA

O desenvolvimento do projeto foi realizado conforme fluxograma da Figura 3.1.

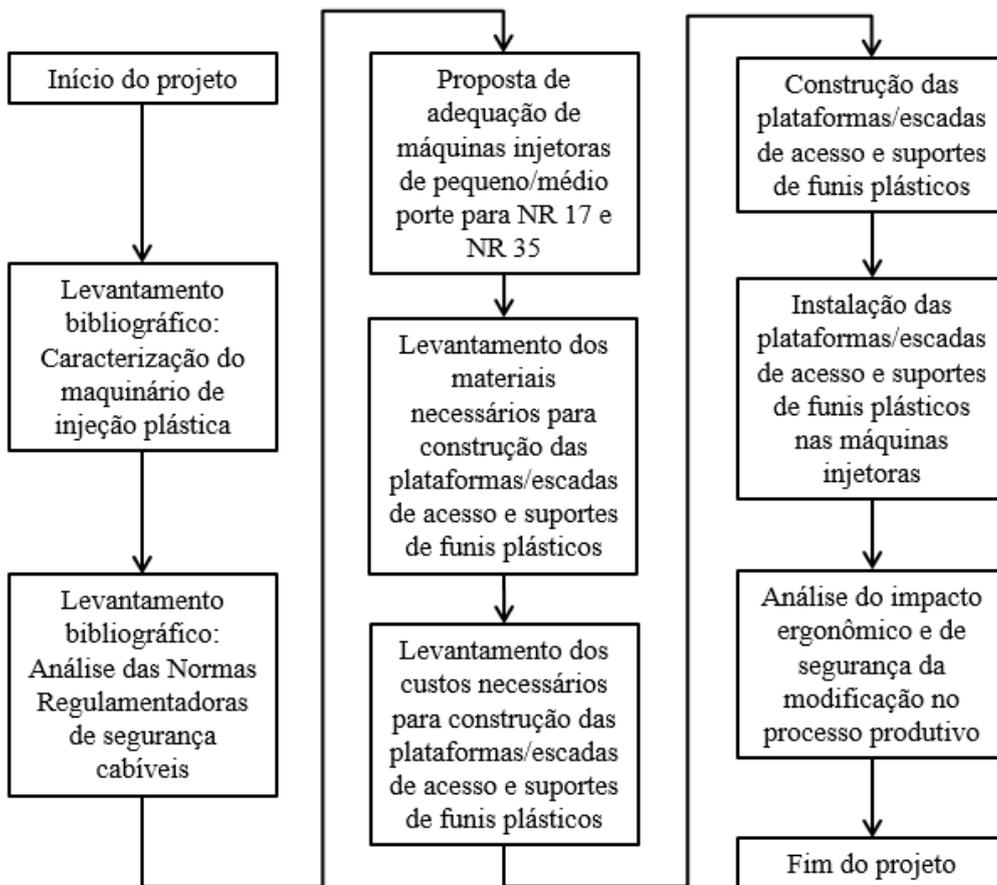


Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia utilizada.

Para a elaboração do trabalho, o levantamento bibliográfico foi dividido em duas partes: a parte técnica do processo de injeção plástica e a parte de normas baseada nas regulamentações vigentes.

O levantamento bibliográfico do processo de injeção plástica foi realizado utilizando fontes de livros, artigos de periódicos científicos, monografias, teses e dissertações, arquivos eletrônicos e manuais técnicos. Além do processo de injeção plástica em si, foi revisada também a literatura do maquinário, equipamentos periféricos, matéria-prima polimérica e parâmetros de processo importantes para a boa qualidade do produto. A revisão de literatura da parte de regulamentações vigentes foi feita por meio de consulta às normas brasileiras vigentes, como NR 12, NR 17, NR 18, NBR 13536, NBR 6118, e normas internacionais, como ANSI 1264.1 e EM 365.

Com base nas normas abordadas, foi possível projetar protótipos para os dois tipos de máquina injetoras do escopo do trabalho, sendo o primeiro protótipo composto de um suporte metálico, estilo mão francesa, e uma escada de acesso para a parte superior do funil de alimentação de resinas plásticas, e o segundo protótipo constituído de uma plataforma de acesso acima da unidade de injeção.

Dessa maneira, foi feito o levantamento dos materiais necessários para a construção e instalação dos protótipos de adaptação de segurança nas máquinas injetoras. A maioria dos materiais para construção dos protótipos foram adquiridos localmente na cidade de Manaus, com poucas exceções vindas de fora do estado do Amazonas. Para determinar o melhor custo-benefício tanto em tempo de entrega como orçamento, foi realizada uma licitação entre diversos fornecedores, onde foi possível determinar o custo de cada protótipo de segurança.

Os protótipos foram construídos em ambiente de fornecedor externo à empresa, observando-se todos os requisitos de segurança e de qualidade relacionada aos materiais, soldas e montagem, sendo supervisionados pela equipe técnica do projeto.

Por fim, foi conduzida uma pesquisa de satisfação junto aos principais colaboradores envolvidos no processo de injeção plásticas, mais especificamente relacionados às atividades de manutenção onde existe a necessidade de ter acesso às partes altas da máquina. A pesquisa abordou a percepção de segurança e produtividade de cada colaborador, tempo consumido durante a atividade, sugestões de melhoria e avaliação do material utilizado para construção dos protótipos.

3.3 - MATERIAIS UTILIZADOS

3.3.1 - Características dos aços utilizados

Levaram-se em consideração materiais seguindo as normas ABNT NBR 6118 (fundação), ABNT NBR 14762 (aço dobrado) e ABNT NBR 8800 (aços laminados e soldados). Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações foram definidas de acordo com os seguintes critérios com coeficientes de combinação e sem coeficientes de combinação, conforme exposto nas Tabelas 3.1 a 3.3.

Tabela 3.1 - Coeficientes parciais e de combinação do aço dobrado.

	Coeficientes parciais de segurança (γ)		Coeficientes de combinação (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.250	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.700

Fonte: ABNT - NBR 14762 (2010)

Tabela 3.2 - Coeficientes parciais e de combinação do aço laminado.

	Coeficientes parciais de segurança (γ)		Coeficientes de combinação (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.500	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.700

Fonte: ABNT - NBR 8800 (2008)

Tabela 3.3 - Ações variáveis sem sismo.

	Coeficientes parciais de segurança (γ)	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

Fonte: ABNT - NBR 6118 (2014)

As características e descrições dos aços utilizados estão listadas abaixo nas Tabelas 3.4 e 3.5.

3.3.3 - Materiais utilizados para a construção dos suportes de funis

A lista estimada de materiais para a construção dos suportes de funis de alimentação está demonstrada por meio da Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Especificação e quantidade de placas base.

Placas de base				
Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
ASTM A307	Placas base	1	150 x 150 x 7	1.24
ISSO 898.C.4.6	Parafusos	4	Ø 12 - L = 189	-

3.3.4 - Materiais utilizados para a construção das plataformas de acesso

A lista estimada de materiais para a construção das plataformas de acesso está demonstrada por meio das Tabelas 3.9 a 3.11.

Tabela 3.9 - Especificação e quantidade de elementos para aparafusar.

Elementos para aparafusar			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Parafusos	ASTM A325M	24	M16x45, Tipo 1, ASTM A325MT
Porcas	Classe 8S	24	M16, ASTM A563M
		8	M20 ASTM A563M
Anilhas	Tipo 1	48	M16, ASTM F436M
		8	M20 ASTM F436M

Tabela 3.10 - Especificação e quantidade de chapas.

Chapas				
Material	Tipo	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-36 250MPa	Chapas	12	90 x 115 x 8	7.8

Tabela 3.11 - Especificação e quantidade de placas base.

Placas de base				
Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-36 250MPa	Placa base	2	200 x 250 x 12	7.85
ISSO 898.C4.6 (liso)	Parafusos	8	Ø 20 - L = 250	4.93

3.4 - ABRANGÊNCIA DA METODOLOGIA

A adequação com suporte metálico e escada de acesso possuiu um impacto sobre 10 máquinas injetoras que atuam diariamente no processo produtivo, conforme exposto pela Tabela 3.12. Devido a quantidade significativa de intervenções, um cronograma detalhado de instalação se fez necessário para evitar comprometimento da capacidade de produção, tendo em vista que as máquinas devem estar desligadas durante a execução do projeto, por questões de segurança.

Tabela 3.12 - Lista de máquinas injetoras afetadas pela adequação de segurança.

Máquina Injetora	Força de Fechamento
Demag #23	200 kN
Demag #22	200 kN
Demag #25	250 kN
Demag #08	250 kN
Demag #03	250 kN
Demag #20	250 kN
Demag #26	200 kN
Demag #501	220 kN
Demag #502	220 kN
Demag #503	220 kN

A adequação com plataformas fixas de acesso possuiu um impacto sobre 6 máquinas injetoras, conforme exposto pela Tabela 3.13. Novamente, cronograma detalhado de instalação é de extrema importância para garantir a aderência de produção.

Tabela 3.13 - Lista de máquinas injetoras afetadas pela adequação de segurança.

Máquina Injetora	Força de Fechamento
Ferromatik-Milacron #49	450 Kn
Ferromatik-Milacron #50	450 kN
Ferromatik-Milacron #51	450 kN
Ferromatik-Milacron #57	450 kN
Engel #05	500 kN
Engel #06	500 kN

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - CUSTOS ESTIMADOS DAS ADAPTAÇÕES DE SEGURANÇA

4.1.1 - Custos dos materiais para construção da escada de acesso

Os custos dos materiais necessários para a construção da escada de acesso estão listados na Tabela 4.1. O custo unitário de cada escada de acesso foi de R\$ 8.422,02, com custo total para dez unidades de R\$ 84.220,20.

Tabela 4.1 - Custo dos materiais para construção da escada de acesso.

Descrição	Unidade	Quant.	Valor unitário	Valor total
Chapa cortada med. 1000x1000 mm	un	1,00	325,50	325,50
Chapa cortada med. 200x2400 mm	un	1,00	117,00	117,00
Tubo SCH-40	m	6,00	145,20	871,20
Rodízio giratório leve 312 (3x1.1/4)	pç	2,00	114,75	229,50
Rodízio fixo leve 312 (3x1.1/4)	pç	2,00	76,95	153,90
Viga U 6" x 5,08 mm x 12,20 kg/m	m	12,00	148,50	1.782,00
Metalon (O3) 80 x 40x 2.00 mm	pç	2,00	247,50	495,00
Tubo preto formato C NBR 5580	pç	9,00	190,50	1.714,50
Tubo preto formato E NBR 5580	pç	4,00	282,00	1.128,00
Eletrodo para solda 2,50 mm	kg	17,00	54,76	930,85
Disco de desbaste de 4.1/2 BDA 500	pç	5,00	14,84	74,18
Disco de corte de 4.1/2 AR 302	pç	10,00	5,48	54,81
Argônio	m ³	1,00	255,00	255,00
Vareta de Solda	un	10,00	29,05	290,50

4.1.2 - Custos dos materiais para construção dos suportes do funil de alimentação

Os custos dos materiais necessários para a construção dos suportes do funil de alimentação estão listados na Tabela 4.2. O custo unitário de cada suporte de funil de alimentação foi de R\$ 1.941,36, com custo total para dez unidades de R\$ 19.413,60.

Tabela 4.2 - Custo dos materiais para construção dos suportes de funis de alimentação.

Descrição	Unidade	Quant.	Valor unitário	Valor total
Mangueira flexível 60 mm PU 125C	m	1,50	348,79	523,19
Tubo inox OD 60 mm	m	1,00	235,91	235,91
Curva raio curto 45° Inox OD 60 mm	un	1,00	113,48	113,48
Metalon 50x50x3,75 mm	m	2,00	109,55	219,10
Chapa de ferro lisa 100x100x3/8	un	2,00	35,90	71,80
Conector giratório mangueira 60 mm	un	1,00	629,65	629,65
Abraçadeira pressão reforçada 60 mm	un	2,00	37,90	75,80
Esmalte sintético cinzo escuro	un	0,50	92,00	46,00
Disco de corte 4 1/2 ar Norton	un	1,00	7,12	7,12
Parafuso sextavado porca/arruela 3/8	un	4,00	4,83	19,32

4.1.3 - Custos dos materiais para construção das plataformas de acesso

Os custos dos materiais para a construção das plataformas listados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Custo dos materiais para construção das plataformas de acesso.

Descrição	Unidade	Quant.	Valor unitário	Valor total
Viga I 4" X 4,90 Mm X 11,4 Kg/Mt	m	12,00	133,00	1.596,00
Viga U 4" X 4,67 Mm X 8,04 Kg/Mt	m	12,00	92,40	1.108,80
Viga U 6" X 5,08 Mm X 12,20 Kg/Mt	m	18,00	148,50	2.673,00
Metalon (G1) 40 X 40 X 1.50mm	pç	6,00	131,60	789,60
Chapa #3/4" 500mm X 400mm	un	4,00	361,90	1.447,60
Chapa #3/4" 130mm X 400mm	m	4,00	108,36	433,44
Barra Chata (I1) 2" X 1/8	m	22,00	11,34	249,48
Tubo Sch-40 Format(F) 1.1/4" A	un	84,00	96,60	8.114,40
Chapa #3/4" 2220mm X 240mm	un	6,00	1.129,10	6.774,60
Chapa #3/4" 2840mm X 100mm	m	4,00	542,15	2.168,60
Cantoneira (G3) 1.1/2 X 1/4	un	12,00	30,80	369,60
Olhal 1/2	pç	8,00	30,80	246,40
Cabo De Aço Com Capa 6	m	8,00	30,80	246,40
Eletrodo P/ Solda Ok 46.00 2,50	kg	17,00	54,76	930,85
Disco Desbaste De 4.1/2 Bda 500	pç	5,00	14,84	74,18
Disco Corte De 4.1/2 Ar 302	pç	10,00	5,48	54,81
Argônio	m³	1,00	255,00	255,00
Vareta De Solda	un	10,00	29,05	290,50
Esmalte Sintetico 500 - Amarelo	un	2,00	61,78	123,55
Cantoneira L Alumínio 50x50x3/16	m	1,00	346,67	346,67
Chapa Xadrez De 2500 X 1000	un	6,00	947,45	5.684,71
Perfil Tub Alum 30x60	m	6,00	100,39	602,35

Tabela 4.5 - Tabela resumo (volume) - Escadas de acesso.

Aço	Designação	Série	Perfil	Volume (m ³)		
				Perfil	Série	Material
Dobrado	CF-36	P. Oco	#50 x 30 x 2.6	0,018	-	-
		P. Oco	#40 x 30 x 1.9	0,011	0,029	-
		Circular	Ø48,3 x 3,6	0,003	0,003	0,032

Tabela 4.6 - Tabela resumo (peso) - Escadas de acesso.

Aço	Designação	Série	Perfil	Peso (kg)		
				Perfil	Série	Material
Dobrado	CF-36	P. Oco	#50 x 30 x 2.6	143,59	-	-
		P. Oco	#40 x 30 x 1.9	87,67	231,26	-
		Circular	Ø48,3 x 3,6	23,32	23,32	254,58

4.2.2 - Projeto dos suportes dos funis de alimentação

Em combinação com o protótipo de escadas de acesso para as máquinas injetoras com força de fechamento entre $200 \leq kN \leq 250$, foi desenvolvido o também um outro protótipo de suporte de funil de alimentação adequado para viabilizar manutenções e troca de cor de resina plástica, conforme mostra a Figura 4.2.

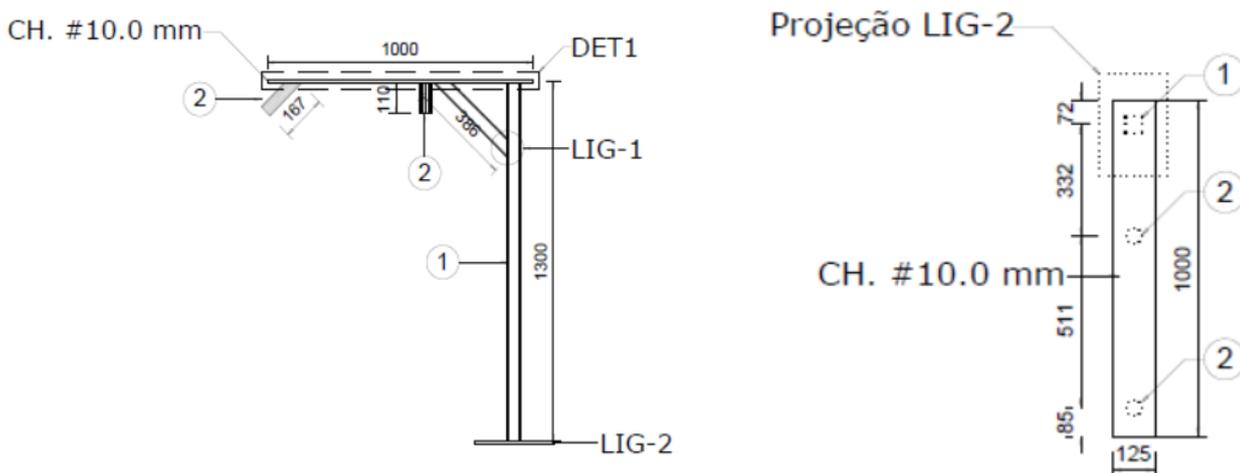


Figura 4.2 - Vista lateral (esquerda) e baixa (direita) do suporte - Escala 1:25.

4.2.3 - Projeto das plataformas de acesso

Para as máquinas injetoras com força de fechamento entre $450 \leq kN \leq 500$, foi desenvolvido o seguinte protótipo, conforme mostram as Figuras 4.3 e 4.4. Deve-se ressaltar que o protótipo da plataforma de acesso foi uma intervenção mecânica, sem nenhuma integração eletrônica com o CLP da máquina injetora. Além disso, as chapas da parte superior da plataforma foram construídas com o material de alumínio, devido à sua leveza, sendo parafusado na estrutura e facilmente removível em situação especial de manutenção no cilindro de injeção plástica.

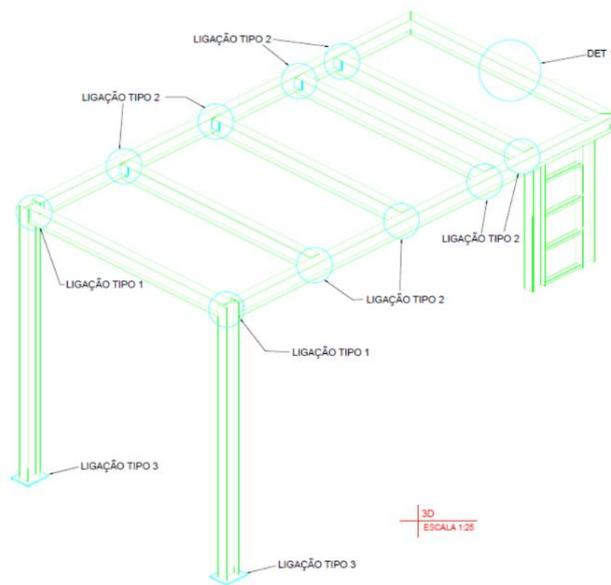


Figura 4.3 - Vista geral da estrutura de metálica da plataforma - Escala 1:25.

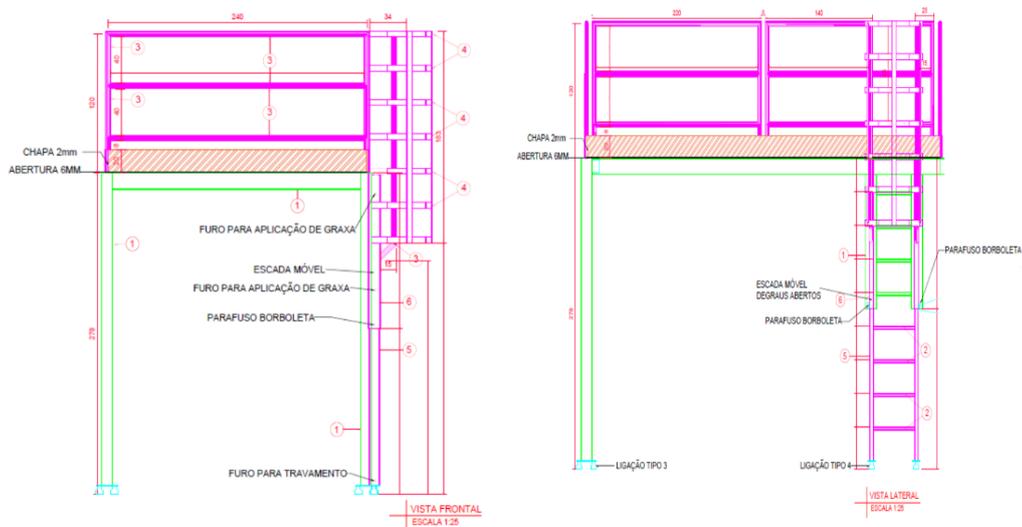


Figura 4.4 - Vista frontal (esquerda) e lateral (direita) da plataforma - Escala 1:25.

A Tabela 4.7 mostra o resumo do dimensionamento geral do projeto da plataforma de acesso, sendo seguida pela Tabela 4.8 com as referências de volume e Tabela 4.9 com as referências de peso.

Tabela 4.7 - Tabela resumo (comprimento) - Plataformas de acesso.

Aço	Designação	Série	Perfil	Comprimento (m)		
				Perfil	Série	Material
Laminado	A-36 250MPa	I	W150 x 13	31.700	31.700	-
		BC	BC-50.80 x 6,35	16.817	16.817	48.517
Dobrado	A-36	Circular	Ø48 x 3,6	55.200	55.200	-
		P. Oco	#50 x 39 x 2,6	38.000	-	-
		P. Oco	#100 x 50 x 3,2	2.700	40.700	-
		C	C108x58x17x3,04	2.700	2.700	98.600

Tabela 4.8 - Tabela resumo (volume) - Plataformas de acesso.

Aço	Designação	Série	Perfil	Volume (m ³)		
				Perfil	Série	Material
Laminado	A-36 250MPa	I	W150 x 13	0.053	0.053	-
		BC	BC-50.80 x 6,35	0.005	0.005	0.0058
Dobrado	A-36	Circular	Ø48 x 3,6	0.028	0.028	-
		P. Oco	#50 x 39 x 2,6	0.014	-	-
		P. Oco	#100 x 50 x 3,2	0.002	0.017	-
		C	C108x58x17x3,04	0.002	0.002	0.046

Tabela 4.9 - Tabela resumo (peso) - Plataformas de acesso.

Aço	Designação	Série	Perfil	Peso (kg)		
				Perfil	Série	Material
Laminado	A-36 250MPa	I	W150 x 13	413.08	413.08	-
		BC	BC-50.80 x 6,35	42.59	42.59	455.67
Dobrado	A-36	Circular	Ø48 x 3,6	219.06	219.06	-
		P. Oco	#50 x 39 x 2,6	110.71	-	-
		P. Oco	#100 x 50 x 3,2	18.91	129.62	-
		C	C108x58x17x3,04	15.32	15.32	364.01

4.3 - MEMORIAL DESCRITIVO E CÁLCULO

4.3.1 - Verificação do Estado Limite Último (ELU) completo e resumido

As Tabelas 4.10 a 4.16 expõem os resultados resumidos e completos das verificações de Estado Limite Último (ELU) da escada de acesso, suporte de funil de alimentador e plataforma de acesso, respectivamente.

Tabela 4.10 - ELU (resumido) das Barras N36/N33 e N15/N14 das escadas de acesso.

Perfil: #50x30x2.6 Material: Aço (CF-26) - Escada de Acesso						
Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N36	N33	0.320	3.71	11.56	5.15	12.08
N15	N14					

Notas:

(1) Inércia em relação ao eixo indicado.

(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba superior	Aba inferior
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L _K	0.320	0.320	0.000	0.000
C _m	-	-	1.000	1.000
C _b	-		1.000	

Notas: β : Coeficiente de flambagem.

C_m: Coeficiente de momentos.

L_K: Comprimento de flambagem (m).

C_b: Fator de modificação para o momento crítico.

Tabela 4.11 - ELU (resumido) da Barra N41/N42 do suporte do funil de alimentação.

Perfil: U50X25X3.04, Caixa dupla soldada Aço CF-26 - Suporte do funil de alimentação						
Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N5	N7	1.500	5.47	19.55	19.55	32.43

Notas:

(1) Inércia em relação ao eixo indicado.

(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba superior	Aba inferior
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L _K	1.500	1.500	0.000	0.000
C _m	-	-	1.000	1.000
C _b	-		1.000	

Notas: β : Coeficiente de flambagem.

C_m: Coeficiente de momentos.

L_K: Comprimento de flambagem (m).

C_b: Fator de modificação para o momento crítico.

Tabela 4.12 - ELU (resumido) da Barra N85/N71 das plataformas de acesso.

Perfil: #50x30x2.6 Material: Aço (A-36) - Plataforma de acesso						
Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_X⁽¹⁾ (cm⁴)	I_Y⁽¹⁾ (cm⁴)	I_t⁽²⁾ (cm⁴)
N85	N71	0.600	3.71	11.56	5.15	12.08

Notas:

(1) Inércia em relação ao eixo indicado.

(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba superior	Aba inferior
β	1.00	1.000	0.00	0.00
L_K	0.600	0.600	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

Notas: β : Coeficiente de flambagem.

C_m : Coeficiente de momentos.

L_K : Comprimento de flambagem (m).

C_b : Fator de modificação para o momento crítico.

Tabela 4.13 -ELU (resumido) da Barra N41/N42 das plataformas de acesso.

Perfil: Ø48.3x3.6 Material: Aço (A-36) - Plataforma de acesso						
Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_X⁽¹⁾ (cm⁴)	I_Y⁽¹⁾ (cm⁴)	I_t⁽²⁾ (cm⁴)
N41	N42	2.150	5.06	12.71	12.71	25.42

Notas:

(1) Inércia em relação ao eixo indicado.

(2) Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba superior	Aba inferior
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.150	2.150	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

Notas: β : Coeficiente de flambagem.

C_m : Coeficiente de momentos.

L_K : Comprimento de flambagem (m).

C_b : Fator de modificação para o momento crítico.

Nos Apêndices estão listadas as comparações entre as hipóteses e resultados das combinações de esforços em barras, envoltórias dos esforços em barras e flechas das escadas de acesso (N36/N33 e N15/N14), suportes dos funis de alimentação (N5/N7) e plataformas de acesso (N13/N155, N41/N42 e N85/N71).

Tabela 4.14 - Verificações de ELU (completo) das Barras N36/N33 e N15/N14 das escadas de acesso.

b/t	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$M_x V_y$	$M_y V_x$	$N_c M_x V_y$	$N_t M_x V_y$	M_t	Estado
Referência	(bw/t) \leq 500 (bw/t) \leq 500 Passa	$\lambda_{xx} \leq 200$ $\lambda_{yy} \leq 200$ Passa	$N_{t,Sd} = 0.00$	-	$M_{Sd} = 0.00$	$M_{Sd} = 0.00$	-	-	-	-	-	-	-	
N36/N33	(b/t) = 15 (b/t) = 8	$\lambda_{xx} = 18.1$ $\lambda_{yy} = 27.2$	N.A. ⁽¹⁾	x = 0 m $\eta = 2.0$	N.A. ⁽²⁾	N.A. ⁽²⁾	$\eta = 1.6$	x = 0 m $\eta = 1.1$	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	$\eta = 3.2$	PASSA $\eta = 3.2$
N15/N14	(b/t) = 15 (b/t) = 8	$\lambda_{xx} = 18.1$ $\lambda_{yy} = 27.2$	x = 0.32 m $\eta = 0.1$	x = 0 m $\eta = 0.2$	x: 0.32 m $\eta = 13.5$	N.A. ⁽²⁾	$\eta = 1.4$	x = 0 m $\eta = 2.7$	x = 0.32 m $\eta = 1.9$	N.A. ⁽³⁾	x = 0.32 m $\eta = 18.3$	N.A. ⁽⁵⁾	$\eta = 3.8$	PASSA $\eta = 18.3$

b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura

λ : Limitação de esbeltez

N_t : Resistência à tração

N_c : Resistência à compressão

M_x : Resistência à flexão eixo X

M_y : Resistência à flexão eixo Y

V_x : Resistência ao esforço cortante X

V_y : Resistência ao esforço cortante Y

$M_x V_y$: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados

$M_y V_x$: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados

$N_c M_x M_y$: Resistência à flexo-compressão '

$N_t M_x M_y$: Resistência à flexo-tração

M_t : Resistência à torção

x: Distância à origem da barra

η : Coeficiente de aproveitamento (%)

N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):

(1) A verificação não foi executada, já que não existe esforço axial de tração (NBR 14762, Artigo 9.6)

(2) A verificação não foi executada, já que não existe momento fletor (NBR 14762, Artigo 9.8.2)

(3) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não foi executada (NBR 14762, Artigo 9.8.4)

(4) Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não foi executada (NBR 14762, Artigo 9.9)

(5) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não foi executada (NBR 14762, Artigo 9.9)

Tabela 4.15 - Verificações de ELU (completo) da Barra N5/N7 dos suportes dos funis de alimentação.

b/t	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$M_x V_y$	$M_y V_x$	$N_c M_x V_y$	$N_t M_x V_y$	M_t	Estado
Referência	$(b_w/t) \leq 500$ Passa	$\lambda_{xx} \leq 300$ $\lambda_{yy} \leq 300$ Passa	$N_{t,Sd} = 0.00$	$N_{c,Sd} = 0.00$	-	$M_{Sd} = 0.00$	$V_{Sd} = 0.00$	-	-	-	-	-	$M_{t,Sd} = 0.00$	PASSA $\eta = 82.4$
Resultado N5/N7	$(b/t) = 12$ $b = 37.84 \text{ mm}$ $t = 3.04 \text{ mm}$	$\lambda_{xx} = 79.3$ $\lambda_{yy} = 79.3$	N.A. ⁽¹⁾	N.A. ⁽²⁾	$x = 1.5 \text{ m}$ $\eta = 82.4$	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽⁴⁾	$x = 1.5 \text{ m}$ $\eta = 3.2$	$x = 1.5 \text{ m}$ $\eta = 68.0$	N.A. ⁽⁵⁾	N.A. ⁽⁶⁾	N.A. ⁽⁷⁾	N.A. ⁽⁸⁾	

b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura

λ : Limitação de esbeltez

N_t : Resistência à tração

N_c : Resistência à compressão

M_x : Resistência à flexão eixo X

M_y : Resistência à flexão eixo Y

V_x : Resistência ao esforço cortante X

V_y : Resistência ao esforço cortante Y

$M_x V_y$: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados

$M_y V_x$: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados

$N_c M_x M_y$: Resistência à flexo-compressão

$N_t M_x M_y$: Resistência à flexo-tração

M_t : Resistência à torção

x: Distância à origem da barra

η : Coeficiente de aproveitamento (%)

N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):

(1) A verificação não foi executada, já que não existe esforço axial de tração.

(2) A verificação não foi executada, já que não existe esforço axial de compressão.

(3) A verificação não foi executada, já que não existe momento fletor.

(4) A verificação não foi executada, já que não existe esforço cortante.

(5) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não foi executada.

(6) Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não foi executada.

(7) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não foi executada.

(8) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Tabela 4.16 - Verificações de ELU (completo) das Barras N41/N42 e N85/N71 das plataformas de acesso.

b/t	b/t	λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$M_x V_y$	$M_y V_x$	$N_c M_x V_y$	$N_t M_x V_y$	M_t	Estado
Referência	$(b_w/t) \leq 500$ Passa	$\lambda_{xx} \leq 300$ $\lambda_{yy} \leq 300$ Passa	-	$N_{c,Sd} = 0.00$	$M_{Sd} = 0.00$	$M_{Sd} = 0.00$	-	-	-	-	-	-	-	-
Resultado N41/N42	N.A. ⁽¹⁾	$\lambda_{xx} = 135.6$ $\lambda_{yy} = 135.6$	$\eta = 0.1$	N.A. ⁽²⁾	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽³⁾	$\eta < 0.1$	$x = 0 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	N.A. ⁽⁶⁾	$\eta = 1.3$	PASSA $\eta = 1.3$
Resultado N85/N71	$(b/t) = 15$ $(b/t) = 8$	$\lambda_{xx} = 34.0$ $\lambda_{yy} = 50.9$	N.A. ⁽¹⁾	N.A. ⁽²⁾	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽⁸⁾	$x = 0 \text{ m}$ $\eta < 0.12$	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	N.A. ⁽⁶⁾	N.A. ⁽⁹⁾	PASSA $\eta < 0.1$

b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura

λ : Limitação de esbeltez

N_t : Resistência à tração

N_c : Resistência à compressão

M_x : Resistência à flexão eixo X

M_y : Resistência à flexão eixo Y

V_x : Resistência ao esforço cortante X

V_y : Resistência ao esforço cortante Y

$M_x V_y$: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados

$M_y V_x$: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados

$N_c M_x M_y$: Resistência à flexo-compressão

$N_t M_x M_y$: Resistência à flexo-tração

M_t : Resistência à torção

x: Distância à origem da barra

η : Coeficiente de aproveitamento (%)

N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):

(1) A verificação não procede, já que nenhum elemento da seção corresponde aos casos analisados na tabela 3 do item 7.1 (NBR 14762, Artigo 7.1 Tabela 3)

(2) A verificação não foi executada, já que não existe esforço axial de compressão (NBR 14762, Artigo 7.7)

(3) A verificação não foi executada, já que não existe momento fletor (NBR 14762, Artigo 7.8.1)

(4) Não há interação entre o momento fletor e o esforço cortante para nenhuma combinação. Assim a verificação não foi executada (NBR 14762, Artigo 7.8.3)

(5) Não há interação entre o esforço axial de compressão e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não foi executada (NBR 14762, Artigo 7.9.2)

(6) Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não foi executada (NBR 14762, Artigo 7.8.3)

(7) A verificação não foi executada, já que não existe esforço axial de tração (NBR 14762, Artigo 7.9.3)

(8) A verificação não foi executada, já que não existe esforço cortante (NBR 14762, Artigo 7.8.2)

(9) A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

4.3.2 - Verificação de resistências

Os esforços indicados são os correspondentes à combinação desfavorável, ou seja, aquela que solicita a máxima resistência da seção. Os resultados das verificações de resistências estão expostos na Tabela 4.17, todos atingindo o critério de sucesso positivamente, pois as barras cumprem as condições de resistência da Norma onde o aproveitamento da resistência $\eta \leq 100\%$.

Tabela 4.17 - Verificação de resistências.

Projeto	Barra	η (%)	Posição (m)	Esforços desfavoráveis						Origem	Estado
				η (t)	V_y (t)	V_z (t)	M_t (t·m)	M_y (t·m)	M_z (t·m)		
Escada de acesso	N36/N33	3.16	0.000	-0.154	-	-0.033	0.003	-0.004	-0.004	G	Passa
	N15/N14	18.33	0.320	-0.013	0.021	-0.080	0.004	0.015	-0.004	G	Passa
Sup. funil	N5/N7	82.42	1.500	0.000	0.000	0.107	0.000	-0.155	0.000	GA	Passa
Plataforma de acesso	N13/N15 5	8.40	0.000	1.418	-	-0.153	0.000	-0.043	-0.027	G	Passa
	N41/N42	1.35	0.000	0.005	-	-0.006	0.002	-0.003	-0.002	G	Passa
	N85/N71	0.04	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	G	Passa

N: Esforço axial (t)

M_t: Momento torsor (t·m)

V_y: Esforço cortante segundo o eixo local Y da barra. (t)

M_y: Momento fletor no plano 'XZ'. (t·m)

V_z: Esforço cortante segundo o eixo local Z da barra. (t)

M_z: Momento fletor no plano 'XY' (t·m)

Todos os resultados das análises estruturais indicaram estabilidade e confiabilidade dentro dos coeficientes de segurança estabelecidos, sendo recomendada a construção dos protótipos para aplicação prática.

Na Tabela 4.18 abaixo estão os detalhes complementares das cargas nas barras N5/N7, N13/N155, N41/N42 e N85N/71, onde as referências são:

- Cargas pontuais, uniformes, em faixa e momentos pontuais, onde P1 é o valor da carga e P2 não se utiliza;
- Cargas trapezoidais, onde P1 é o valor da carga no ponto onde começa (L1) e P2 é o valor da carga no ponto onde termina (L2);
- Cargas triangulares, onde P1 é o valor máximo da carga e P2 não se utiliza.
- Incrementos de temperatura, onde P1 e P2 são os valores da temperatura nas faces exteriores ou paramentos da peça.

Tabela 4.18 - Carga nas barras N5/N7, N13/N155, N41/N42 e N85N/71.

Barra	Hipótese	Tipo	Valores		Posição		Direção			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Eixos	X	Y	Z
N5/N7	Peso próprio	Uniforme	0.004	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N13/N155	Peso próprio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N41/N42	Peso próprio	Uniforme	0.004	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000
N85/N71	Peso próprio	Uniforme	0.003	-	-	-	Globais	0.000	0.000	-1.000

4.4 - CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO PRÁTICA DOS PROTÓTIPOS

4.4.1 - Construção dos suportes e escadas de acesso

Os protótipos de escada de acesso e de suporte de funil de alimentação foram construídos em ambiente de fornecedor externo à empresa, observando-se todos os requisitos de segurança e de qualidade relacionada aos materiais, soldas e montagem. As Figuras 4.5 e 4.6 expõem algumas fases da construção da escada de acesso e dos suportes dos funis de alimentação, respectivamente.

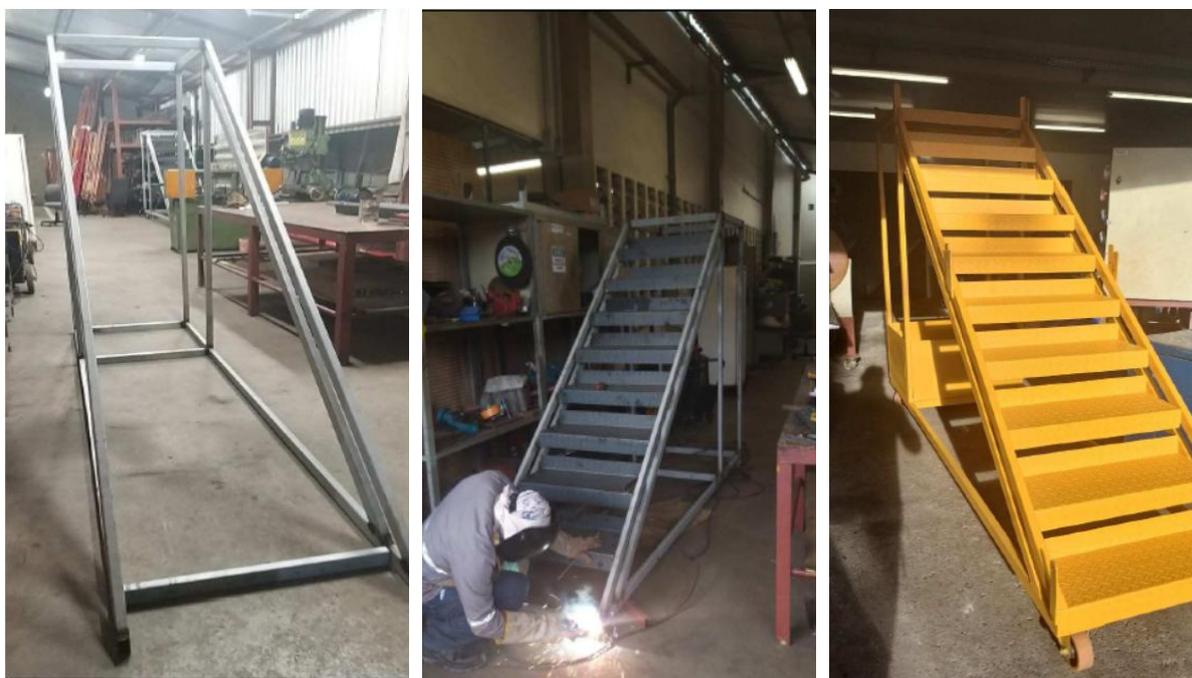


Figura 4.5 - Detalhes de construção da escada de acesso.



Figura 4.6 - Detalhes de construção do suporte de funil de alimentação.

As Figuras 4.7 e 4.8 mostram o resultado da construção dos protótipos de escada de acesso e de suporte de funil de alimentação, respectivamente.



Figura 4.7 - Protótipo finalizado de escada de acesso.



Figura 4.8 - Protótipo finalizado de suporte de funil de alimentação.

4.4.2 - Atividades de manutenção com escadas de acesso e suporte

A Figura 4.9 mostra o procedimento de manutenção do funil de alimentação de uma máquina injetora de pequeno porte, utilizando o protótipo da escada de acesso e o suporte para funil de alimentação. Observa-se que o operador consegue realizar a manutenção de maneira segura, com os braços facilmente alcançando os pontos críticos do equipamento e com a postura ereta. Além disso, o risco de queda foi completamente eliminado ao ser observada a existência do guarda-corpo ao redor do ambiente da atividade.

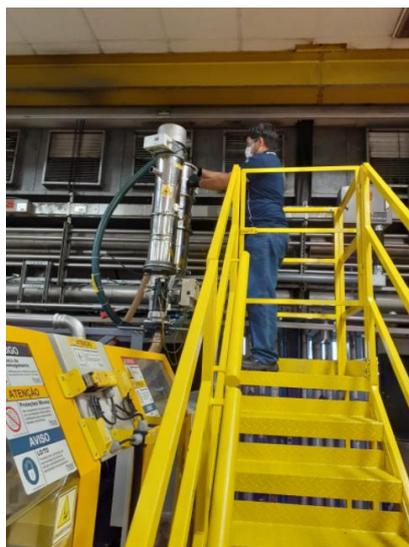


Figura 4.9 - Manutenção utilizando o protótipo de escada e suporte de funil.

O funil foi instalado em um suporte com base fixa e base deslizante, onde é possível alocar o funil no local de abastecimento do cilindro de plastificação da máquina injetora e também alocar o mesmo no ponto de manutenção e troca de cor, onde existe uma saída para a matéria-prima a ser trocada, conforme detalha a Figura 4.10.



Figura 4.10 - Vista superior do suporte do funil de alimentação - Escala 1:25.

O procedimento de troca de resina plástica, comumente conhecido como troca de cor (*change-over*), foi otimizado por meio do descarte imediato da resina plástica. Por motivos ergonômicos, foi desenvolvida uma solução de descarga da resina a ser trocada por uma mangueira que guiava o material para uma caixa plástica localizada na base da escada de acesso, conforme mostra a Figura 4.11.



Figura 4.11 - Descarte de matéria-prima pelo suporte do funil - Escala 1:25.

Por meio da adaptação proposta pelo trabalho, observou-se que a duração da atividade de manutenção do funil de alimentação diminuiu em aproximadamente 45% e a duração da atividade de troca de cor e limpeza diminuiu em aproximadamente 33%. Após pesquisa de satisfação, o feedback dos operadores foi extremamente positivo, com cerca de 80% dos participantes aprovando a mudança como extremamente positiva e o restante como positiva.

4.4.3 - Construção das plataformas de acesso

Da mesma maneira que os protótipos anteriores, as plataformas de acesso foram construídos em ambiente de fornecedor externo à empresa, também respeitando todos os requisitos de segurança e de qualidade. A Figura 4.12 expõe algumas fases da construção das plataformas de acesso.



Figura 4.12 - Detalhes de construção da plataforma de acesso.

4.4.4 - Realização de atividades de manutenção com plataformas de acesso

A Figura 4.13 mostra a plataforma de acesso instalada em uma das máquinas injetoras do escopo do trabalho. Similar ao observado com o protótipo de suporte metálico e escada de acesso, o operador consegue realizar a manutenção de maneira segura, tendo acesso em 360° ao funil de alimentação e com a postura ergonomicamente correta. O risco de queda foi completamente eliminado ao ser observada a existência do guarda-corpo.



Figura 4.13 - Plataforma de acesso.

A Figura 4.14 mostra o detalhe da conexão entre o funil de alimentação e o cilindro de injeção plástica, feita por meio de mangueira flexível, permitindo assim o avanço e recuo do sistema para injeção e purga de material, sem comprometer a segurança do equipamento.



Figura 4.14 - Mangueira plástica conectando funil ao cilindro.

4.5 - PESQUISA DE SATISFAÇÃO

Foram entrevistados 10 colaboradores envolvidos nas atividades de manutenção e troca de cor do processo de injeção plástica. Os resultados da pesquisa de satisfação estão expostos na Tabela 4.19.

Tabela 4.19 - Resultado da pesquisa de satisfação dos colaboradores.

Perguntas	Sim	Não	Indiferente
As condições de segurança foram melhoradas?	100%	0%	0%
As condições de trabalho foram melhoradas?	100%	0%	0%
As condições de qualidade do produto foram melhoradas?	0%	10%	90%
A Empresa valoriza a segurança do funcionário?	100%	0%	0%
Pergunta: como você classificaria a mudança implementada?			
Extremamente positiva	80%	Negativa	0%
Positiva	10%	Extremamente negativa	0%
Indiferente	0%	Não tem como opinar	10%

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 - CONCLUSÕES

O levantamento bibliográfico realizado com fontes de livros, artigos de periódicos científicos, monografias, teses e dissertações, arquivos eletrônicos e manuais técnicos foi importante para o entendimento profundo do processo de injeção plástica, especificando a máquina e molde de injeção plástica, parâmetros de processo e as características principais dos polímeros mais utilizados. Além disso, foi possível consolidar os requerimentos básicos relacionados à segurança do processo de injeção plástica seguindo as normas brasileiras, como NR 12, NR 17, NR 18, NBR 13536, NBR 6118, e normas internacionais, como ANSI 1264.1 e EM 365.

Para mitigar os riscos de trabalho em altura encontrados durante a manutenção do funil de alimentação e troca de cor de matéria-prima (*change-over*) do processo de injeção plástica, foi necessário desenvolver dois conceitos de protótipos para adequação de segurança. As máquinas injetoras enquadradas no escopo de adequação de segurança foram divididas em duas categorias conforme seu tamanho e força de fechamento, sendo a primeira parte considerada de pequeno porte com força de fechamento entre $200 \leq \text{kN} \leq 250$ e a segunda parte considerada de médio porte com força de fechamento entre $450 \leq \text{kN} \leq 500$.

Para as máquinas de pequeno porte foi desenvolvido um protótipo de escada de acesso ao funil de alimentação, permitindo um acesso ao funil de alimentação de maneira segura, além de um protótipo de suporte do funil de alimentação que possibilita o movimento horizontal do funil para o ponto de abastecimento da máquina e área de manutenção. Da mesma forma, para máquinas com médio porte foi desenvolvido um protótipo de plataforma no topo da máquina injetora, de modo que o operador pudesse ter acesso 360° ao funil de alimentação. Para ambos os protótipos, concluiu-se que o processo manutenção do funil de alimentação e troca de cor de matéria-prima (*change-over*) pôde ser realizado de maneira ergonomicamente correta e os riscos de queda, esmagamento, queimaduras foram eliminados, atendendo conseqüentemente as normas regulamentadoras NR 17 e NR 35.

Como parte do desenvolvimento dos protótipos, também foram determinados os custos de materiais para construção dos protótipos de escada de acesso e suporte de funil de alimentação, totalizando um custo de R\$ 10.363,39 por máquina injetora, sendo divididos em R\$ 8.422,02 para a escada de acesso e R\$ 1.941,36 e suporte de funil. Como o escopo de máquinas de pequeno porte totalizava dez equipamentos, o total investido foi de R\$ 100.363,39. O custo de materiais para a plataforma de acesso foi determinada em R\$ 34.480,54 por máquina injetora. Como o escopo de máquinas de médio porte totalizava seis equipamentos, o total investido foi de R\$ 207.483,24.

Para a comprovação de segurança dos protótipos, foram feitos memoriais de cálculos para a verificação do Estado Limite Último (ELU), combinações de esforços nas barras críticas, envoltórias dos esforços em barras e flechas das escadas de acesso (N36/N33 e N15/N14), suportes dos funis de alimentação (N5/N7) e plataformas de acesso (N13/N155, N41/N42 e N85/N71). A conclusão do memorial de cálculo indica que os protótipos atendem todos os requisitos dentro da margem de segurança, estando estruturalmente dentro dos critérios de projeto.

Os protótipos propostos por este trabalho não só apresentaram impacto positivo na parte de segurança e ergonômica do processo de injeção plástica, mas também teve resultados de produtividade, onde se observou que a duração da atividade de manutenção do funil de alimentação diminuiu em aproximadamente 45% e a duração da atividade de troca de cor e limpeza diminuiu em aproximadamente 33%.

Conforme pesquisa de satisfação, o intuito do projeto foi atingindo de maneira satisfatória. O feedback dos operadores foi extremamente positivo, com cerca de 80% dos participantes aprovando a mudança como extremamente positiva e o restante como positiva.

Por fim, as normas e regulamentações brasileiras indiscutivelmente avançaram bastante nas duas últimas décadas no quesito de segurança relacionada à máquinas injetoras plásticas, especialmente devido a implementação da ABNT NBR 13536 de 1995. Porém, ainda observa-se espaços de oportunidade de melhoria em relacionar a NR 12, em específico o Anexo IX, com outras normas regulamentadoras, como de trabalho em altura e ergonomia. Por meio deste trabalho, recomenda-se uma profunda análise neste assunto por parte dos órgãos técnicos responsáveis para que, em uma próxima revisão da NBR 13536 e do Anexo IX da NR 12, sejam incluídos requerimentos específicos de projeto para atender as NR 17 e NR 35.

5.2 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido à grande abrangência do assunto abordado neste estudo, são apresentadas, a seguir, algumas sugestões para a continuação do presente trabalho:

- Realizar um estudo mais detalhado das normas internacionais que referenciam a parte de segurança e ergonomia voltada à máquinas horizontais de injeção plásticas;
- Realizar uma análise para a inclusão de outras normas regulamentadoras como parte do processo de desenvolvimento de protótipos de segurança para máquinas horizontais de injeção plástica. Este trabalho recomenda fortemente, como por exemplo, o estudo detalhado e aplicação da NR 18 de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção;
- Revisar e atualizar as normas NBR 13536 e o Anexo IX da NR 12, de modo que, em suas próximas revisões por parte dos órgãos técnicos responsáveis, sejam incluídos requerimentos específicos de projeto para atender as NR 17 e NR 35.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 13536: **Máquinas injetoras para plástico e elastômeros-Requisitos técnicos de segurança para o projeto, construção e utilização.** São Paulo, 2016.

ABNT. NBR 6118: **Máquinas injetoras para plástico e elastômeros- Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** São Paulo, 2003.

ABNT. NBR 14762: **Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.** São Paulo, 2010.

ABNT. NBR 8800: **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.** São Paulo, 2008.

ABNT. NBR 6618: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** São Paulo, 2014.

AGASSANT, J. F.; AVENAS, J.; SERGENT, P.; CARREAU, P. J. **Polymer Processing - Principles and Modelling.** Munique: Hanser Publishers, 1991.

ANSI (American National Standards Institute). **A1264.1: Safety Requirements for Workplace Walking/Working Surfaces and Their Access; Workplace, Floor, Wall and Roof Openings; Stairs and Guardrail/Handrail Systems.** Nova Iorque, 2017.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Fenômenos de transporte.** São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 2004.

BLASS, A. **Processamento de Polímeros.** Florianópolis: Editora UFSC, 2 ed. 1988.

BRAUN, D.; CHERDRON, H.; REHANN, M.; RITTER, H.; VOIT, V. **Polymer Synthesis: Theory and Practice,** Heidelberg: Springer, 2013.

BRYCE, D. **Plastic Injection Molding: Manufacturing Process Fundamentals,** Dearborn: SME, 1996.

COELHO, E.D.; VILELA, R.A.G.; TSUNABI, W. **Injeção de segurança no setor plástico. Convenção sobre segurança em máquinas injetoras.** São Paulo: LTR, 1996.

COLLINS, C.; BRAGA, G. **Introdução a Métodos Cromatográficos**. Campinas: Editora UNICAMP Série Manuais, 3ª ed., 1998.

COSTA, N.; RIBEIRO, B. A Neural Prediction Model for Monitoring and Fault Diagnosis of Plastic Injection Molding Process. **European Conference Control**, p. 2381-2385, 1999.

DIDUCH, C.; DUBAY, R.; GUI LI, W. Temperature control of injection molding. Part I: Modeling and identification. **Polymer Engineering and Science**, 2004.

DUBOIS, J. H. **Plastics History**. Boston: Cahners Books, 1975.

FOUST, A. S.; CLUMP, C. W.; WENZEL, L. A. **Princípios de Operações Unitárias**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1982.

HYATT, J. W. **Ind. Eng. Chem**, v. 6, p. 158, 1914.

IAP. **Instituto Avançado do Plástico**. São Paulo: Planeta Plástico, 2002.

JANOS, P. Separation methods in the chemistry of humic substances, **Journal of Chromatography**, 2003.

JOHANNABER, F. **Injection molding machines: A user's guide**. Munique: Hanser, 2008.

JUNIOR, V.; WANDER. P.; ALTAFINI, C. Redução do Consumo de Energia no Cilindro de Plastificação numa Máquina Injetora de Plásticos. **VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, 2010.

KHOMENKO, M.; VELIHORSKYI, O.; CHAKIROV, R.; VAGAPOV, Y. Parameters identification of injection plastic molding heaters. **36th International IEEE**, 2016.

KOLTZENBURG, S.; MASKOS, M.; NUYKEN, O. **Polymer Chemistry**. Cidade do México: Ed. Continental, 1999.

KULKARNI, S. **Robust Process Development and Scientific Molding**, Munique: Hanser, 2017.

LANDES, D. **The Wealth and Poverty of Nations**. Nova Iorque: W. W. Norton, 1998.

LIPSHITZ S. D.; LAVIE, R.; TADMOR, Z. A Melting Model for Reciprocating Screw Injection Molding Machines, **Polym. Eng. Sci**, v. 14, p. 553, 1974.

LIU, T.; YAO, K.; GAO, F. Identification and Auto tuning of Temperature-Control System with Application to Injection Molding, **IEEE Transactions on Control Systems Technology**, vol. 17, p. 1282-1294, 2009.

LUCAS, E.; SOARES, B.; MONTEIRO, E. **Caracterização de Polímeros: Determinação de Peso Molecular e Análise Térmica**, Rio de Janeiro: E-Papers Serviços Editoriais, 2001.

MANO, E. B. **Polímeros como Materiais de Engenharia**. São Paulo: Blucher, 1991.

MELO, T. Determinação do SRTE/AM interdita cinco máquinas na FCC do Brasil. **Anais eletrônicos**. Manaus, 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2011/11/determinacao-do-srteam-interdita-cinco-maquinas-na-fcc-do-brasil.html>> Acesso em: 27 de março de 2021, 16h22min.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Portaria MTE nº 1.893, 2013.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-18 Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção**. Portaria MTE nº 3.733, 2020.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-35 Trabalho em altura**. Portaria MTE nº 1.127, 2003.

NICOLETTI, R. Você conhece a diferença entre o ELU e o ELS?. **Anais eletrônicos**. São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://portalcivil.com.br/diferenca-elu-els/>>. Acesso em: 09 de maio de 2021, 17h20min.

OLMSTED, B.; DAVIS, M. **Practical Injection Molding**. Nova Iorque: CRC Press, 2001.

OSSWALD, T.; HERNANDEZ, O. J. P. **Polymer Processing: Modeling and Simulation**. Munique: Hanser, 2006.

OSSWALD, T.; TURNG, L.; GRAMANN, P. **Injection Molding Handbook**. Munique: Hanser, 2006.

PAINTER, P.; COLEMAN, M. **Fundamentals of polymer science: an introductory text**. Lancaster: Technomic Pub. 1997.

PERRY, J. H. **Chemical Engineers' Handbook**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1963.

PROTEC. **Moldes para plásticos**. São Paulo, 2002.

RAVVE, A. **Principles of Polymer Chemistry**, New York: Springer, 2012.

REZAVAND, S. A. M.; BEHRAVESH, A. H. An experimental investigation on dimensional stability of injected wax patterns of gas turbine blades. **Journal of materials processing technology**, v. 182, 2007.

ROSATO, D. **Plastics Processing Data Handbook**, Massachussets: Kluwer, 2000.

ROSATO D. V.; ROSATO D. V.; ROSATO M. G. **Injection Molding Handbook**. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2000.

SELVAKARTHI, D.; PRASAD, S.; MEENAKUMARI, R.; BALAKRISHNAN, D. Optimized Temperature Controller for Plastic Injection Molding System. **Green Computing Communication and Electrical Engineering**, v. 28, p. 1429-1435, 1936.

SECRETARIA DE TRABALHO, 2021. Normas Regulamentadoras - NR. **Anais eletrônicos**. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>>. Acesso em: 13 de junho de 2021, 16h50min.

SILVA, L. **Negociação coletiva em saúde do trabalhador: segurança em máquinas injetoras de plástico**. São Paulo Perspec, 2003.

SINGH, G.; VERMA, A. A Brief Review on injection moulding manufacturing process. **5th Int. Conf. of Materials Processing and Characterization**, 2016.

SUFRAMA. Perfil das Empresas com Projetos Aprovados pela SUFRAMA. **Anais eletrônicos**. São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/suframa/pt-br/aceso>>

a-informacao/acoes-e-programas/carta-de-servicos-superintendencia-da-zona-franca-de-manaus-2020-06-24-15-08-47-999585.pdf >. Acesso em: 29 de agosto de 2020, 23h30min.

TADMOR, Z.; GOGOS, C. **Principles of Polymer Processing**. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2006.

TODD, R.; ALLEN, D.; ALTING, L. **Manufacturing Processes Reference Guide**. Nova Iorque: Industrial Press Inc, 1994.

TORRES, J. **Prevenção de acidentes em máquinas injetoras de plásticos**. SENAI: Rio Grande do Sul, 2007.

WARTCHOW, M. **Revista Proteção, Saúde e Segurança do Trabalho (Digital): 40 anos de prevenção - Normas Regulamentadoras**. São Paulo: Proteção Publicações, 2018.

APÊNDICE A

DETALHES DE DESENHO DA ESCADA DE ACESSO

Abaixo estão detalhes de desenho do projeto da escada de acesso para máquinas injetoras com força de fechamento entre $200 \leq kN \leq 250$.



Figura A.1 - Detalhes para encaixe do guarda-corpo - Sem escala.

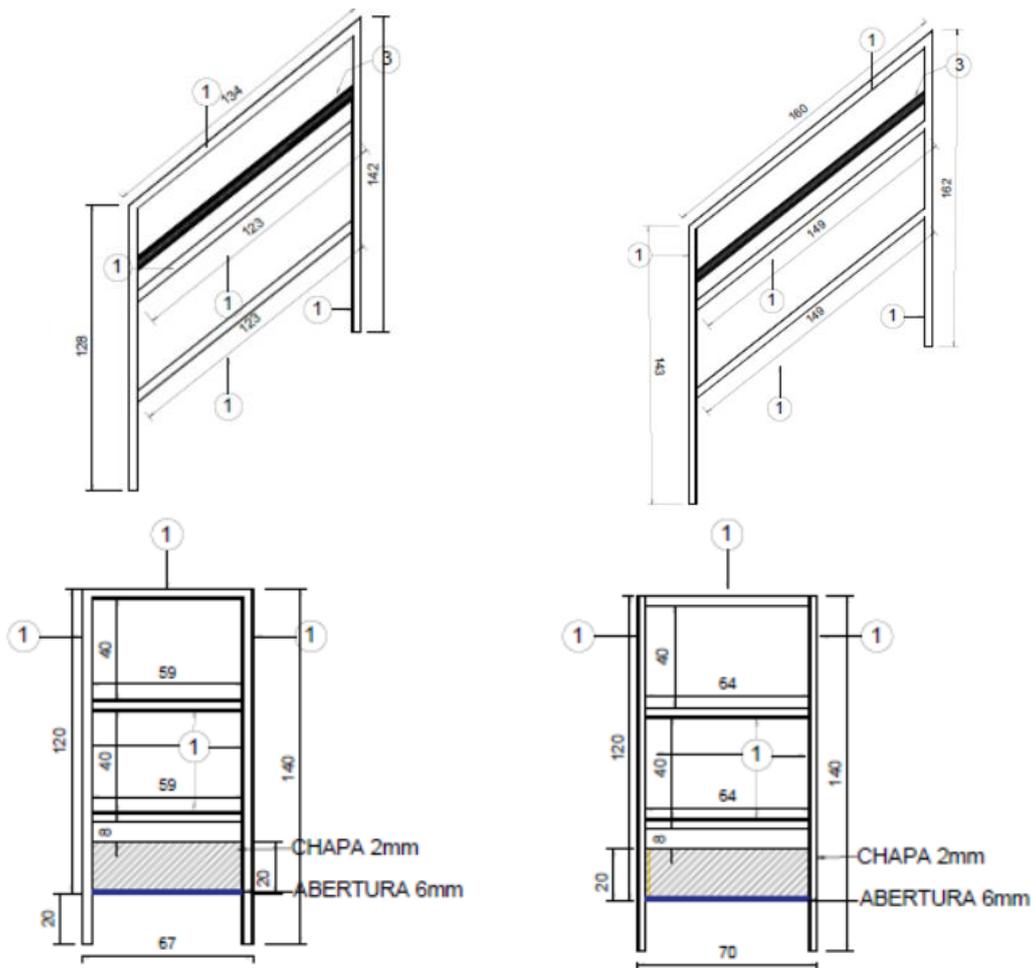


Figura A.2 - Detalhes do desenho do guarda-corpo - Escala 1:25.

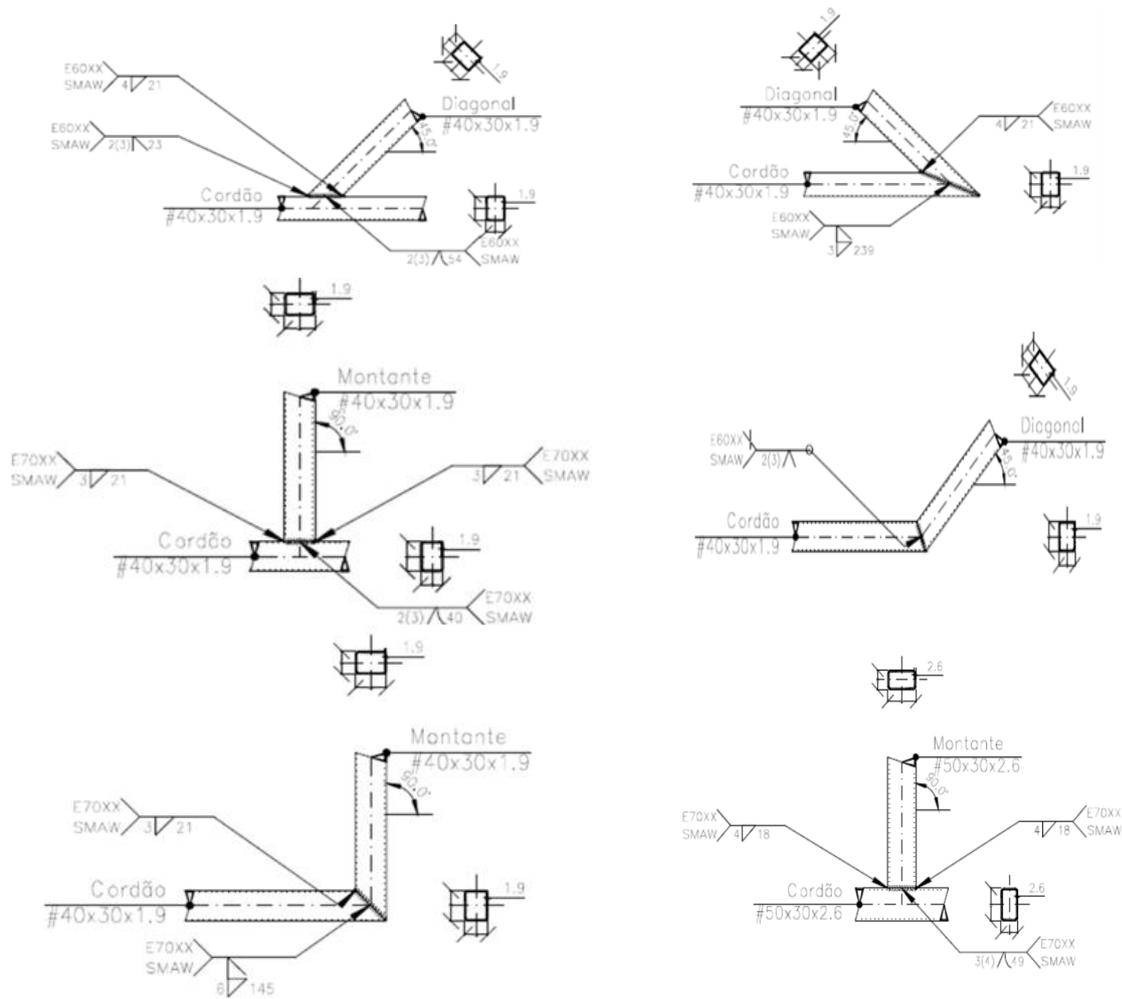


Figura A.3 - Detalhes da ligação do guarda-corpo - Escala 1:25.

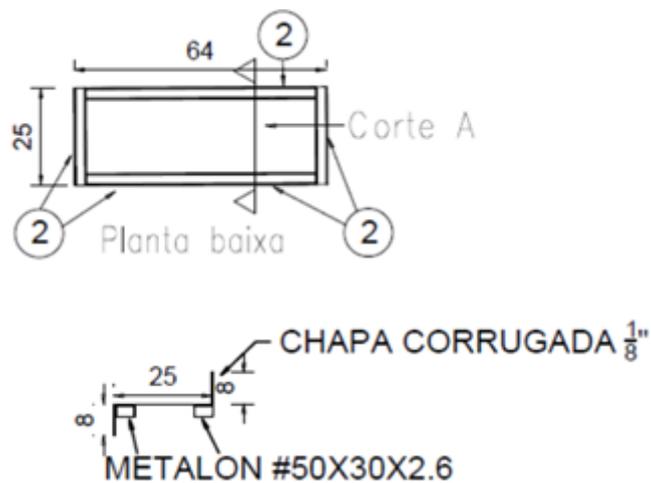


Figura A.4 - Detalhe de execução dos degraus - Escala 1:25.

APÊNDICE B

DETALHES DE DESENHO DO SUPORTE DE FUNIL DE ALIMENTAÇÃO

Abaixo estão detalhes de desenho do projeto da plataforma de acesso para máquinas injetoras com força de fechamento entre $200 \leq \text{kN} \leq 250$.

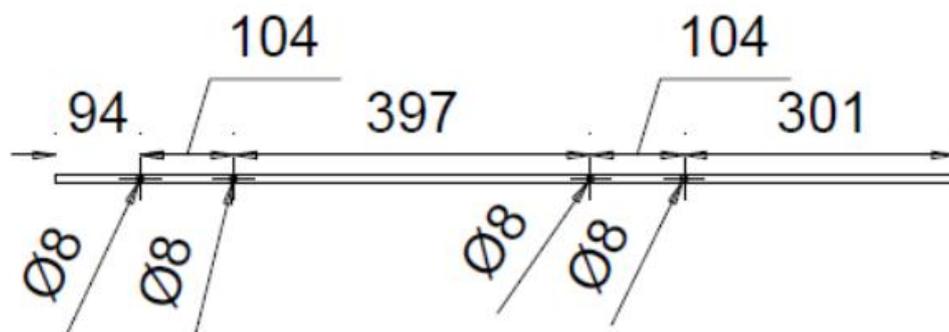


Figura B.1 - Detalhe do ponto DET1 - Escala 1:25.

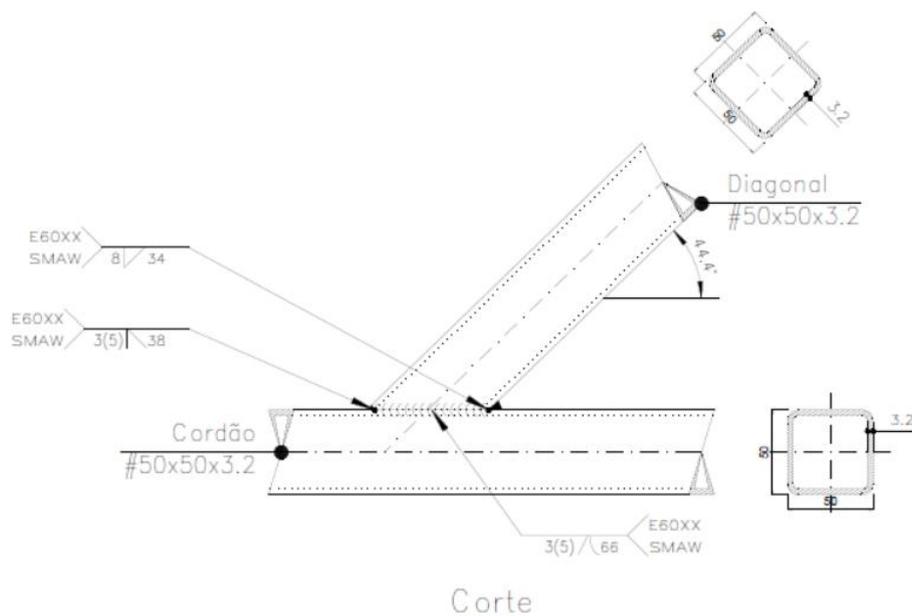


Figura B.2 - Detalhe do corte - Escala 1:5.

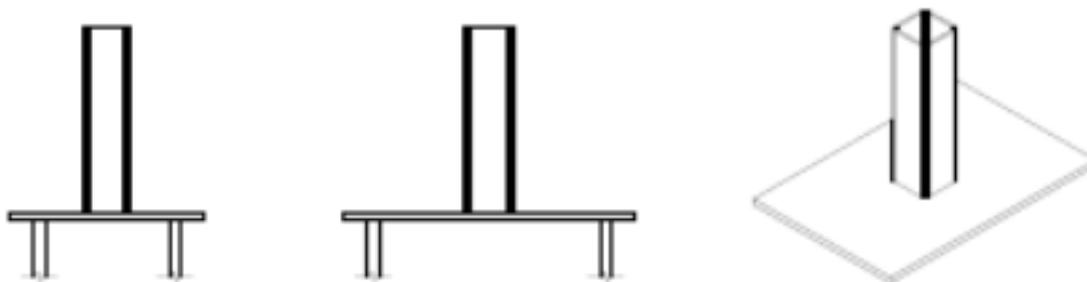


Figura B.3 - Detalhe da placa Tipo 2 - Escala 1:20.

Dimensões: 200 x 300 x 7 mm

Parafusos: 4Ø12 mm, ISSO 898.C.4.6

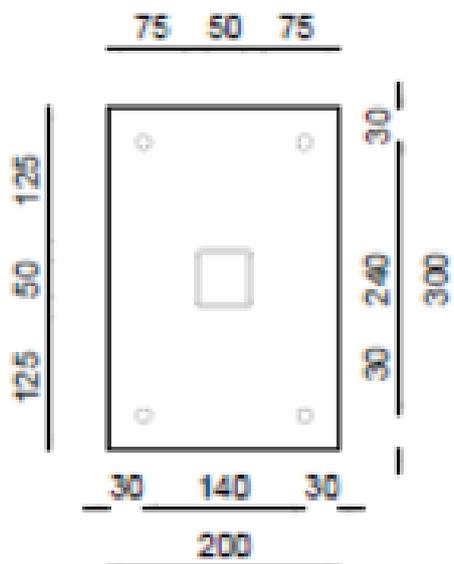


Figura B.4 - Detalhe da base da placa - Escala 1:20.

Espessura: 7 mm

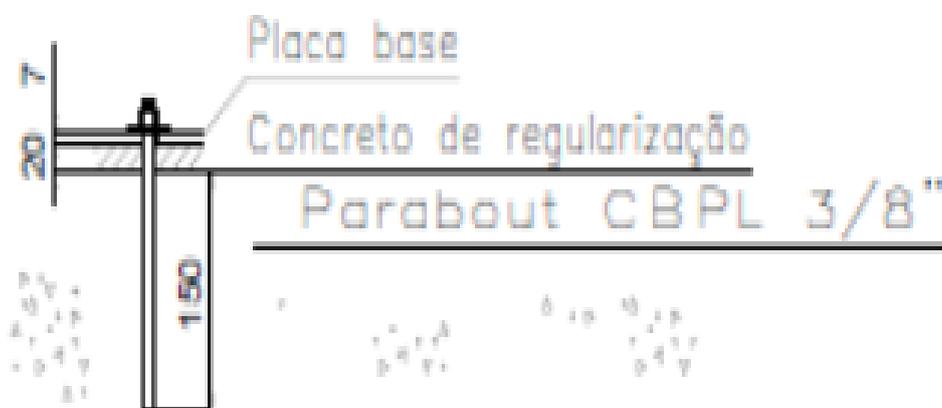


Figura B.5 - Detalhe da ancoragem do parafuso - Escala 1:20.

APÊNDICE C

DETALHES DE DESENHO DA PLATAFORMA DE ACESSO

Abaixo estão detalhes de desenho do projeto da plataforma de acesso para máquinas injetoras com força de fechamento entre $450 \leq \text{kN} \leq 500$.

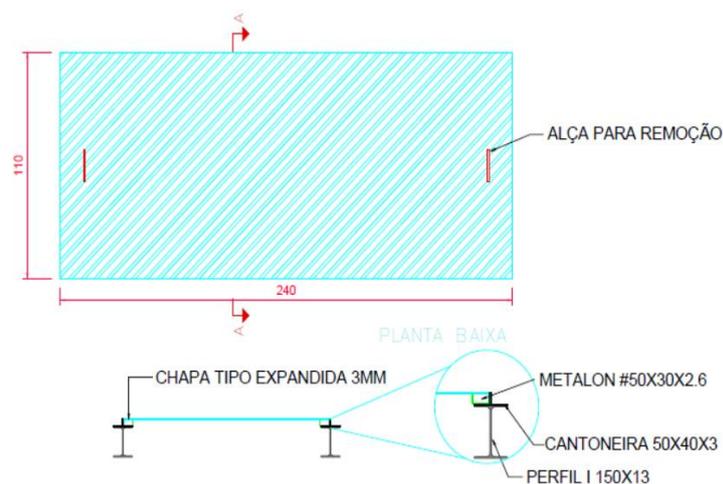


Figura C.1 - Detalhes do piso da plataforma de acesso - Escala 1:25.

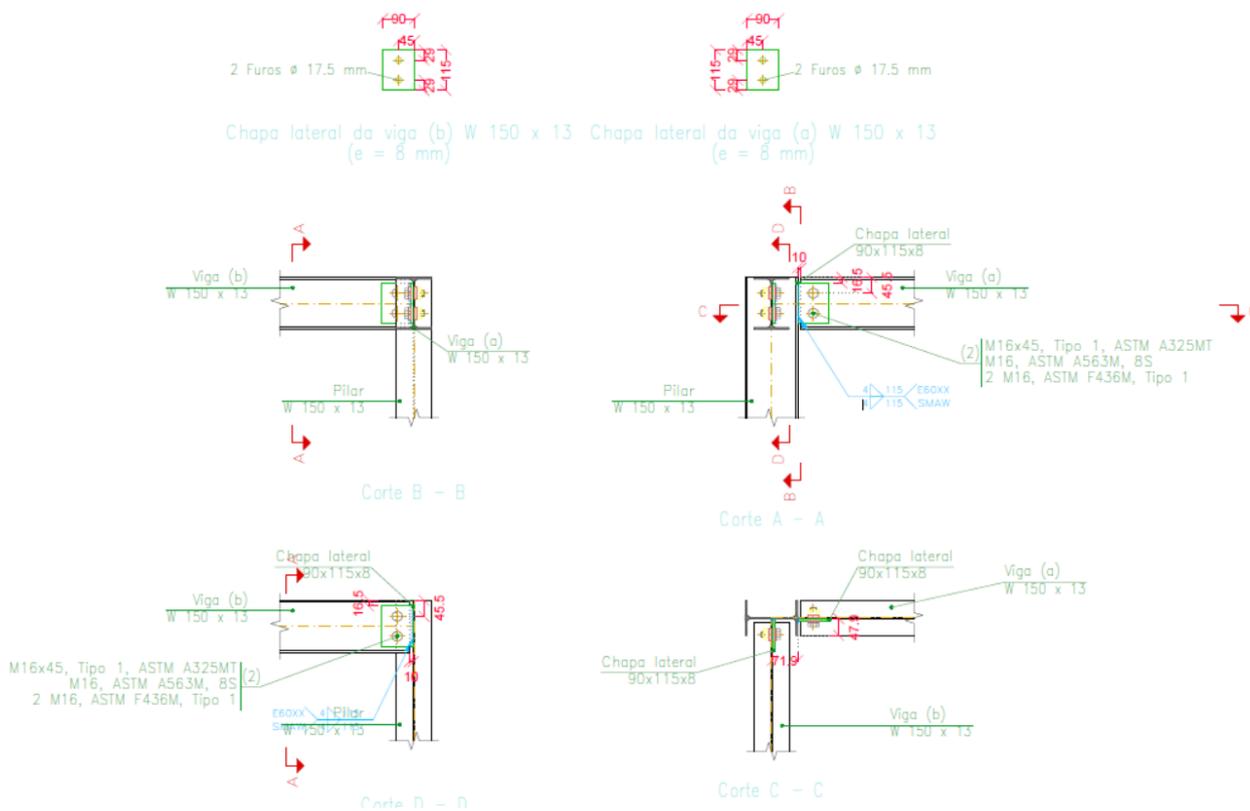


Figura C.2 - Detalhes da ligação Tipo 1 - Escala 1:15.

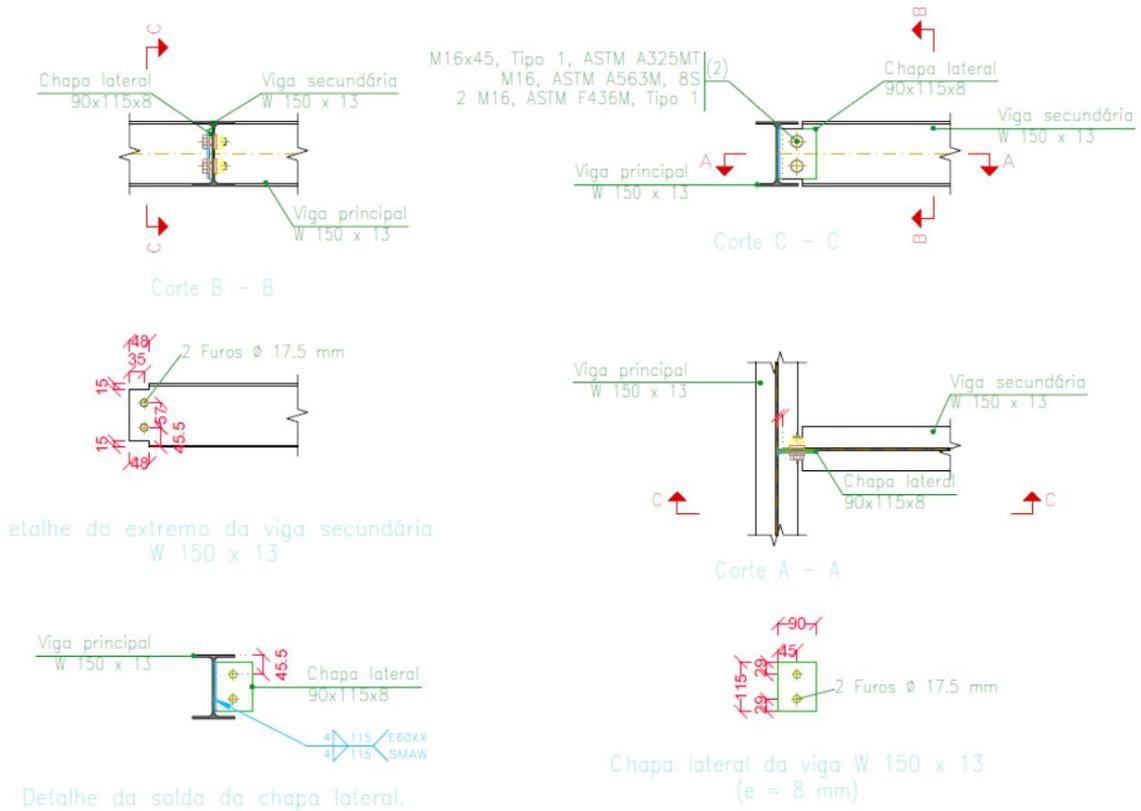


Figura C.3 - Detalhes da ligação Tipo 2 - Escala 1:15.

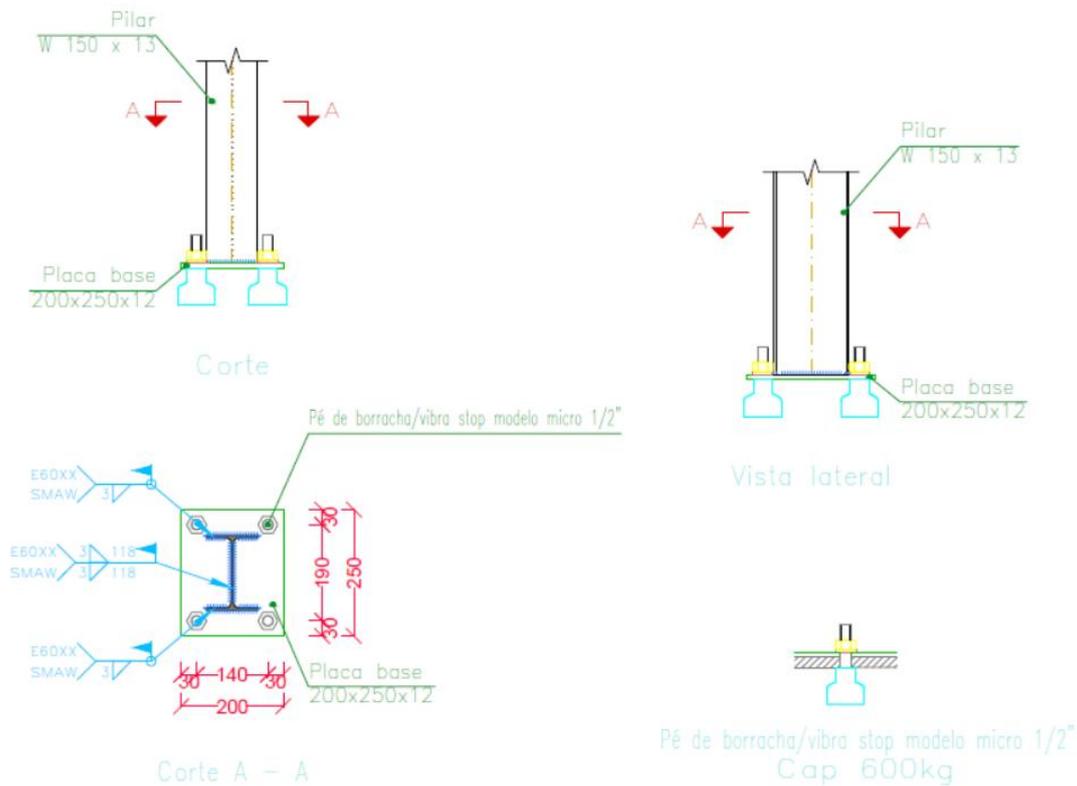


Figura C.4 - Detalhes da ligação Tipo 3 - Escala 1:15.

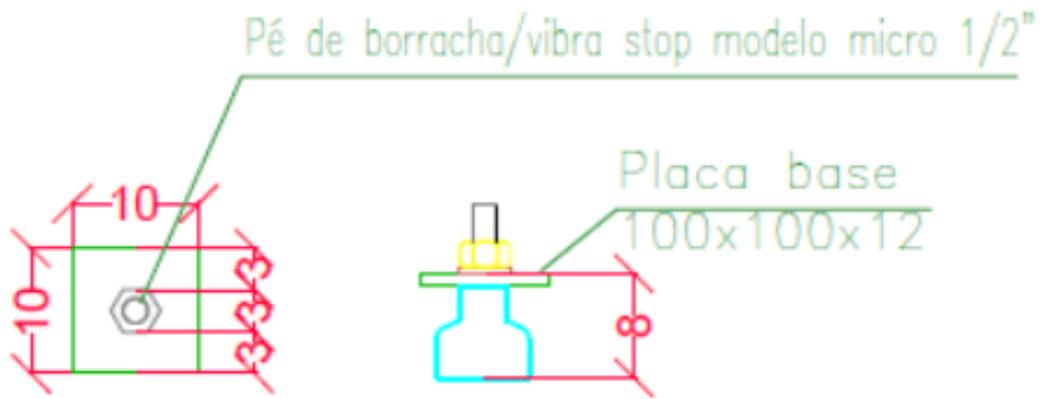


Figura C.5 - Detalhes da ligação Tipo 4 - Escala 1:15.

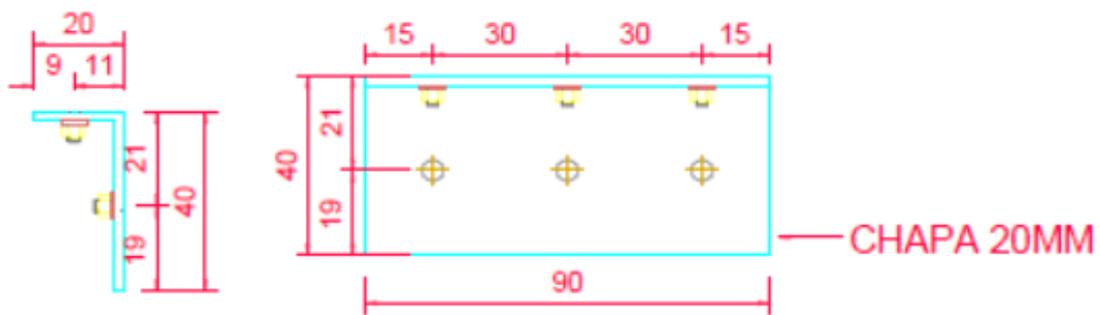


Figura C.6 - Detalhe 1 da ligação entre plataforma e máquina - Escala 1:25.

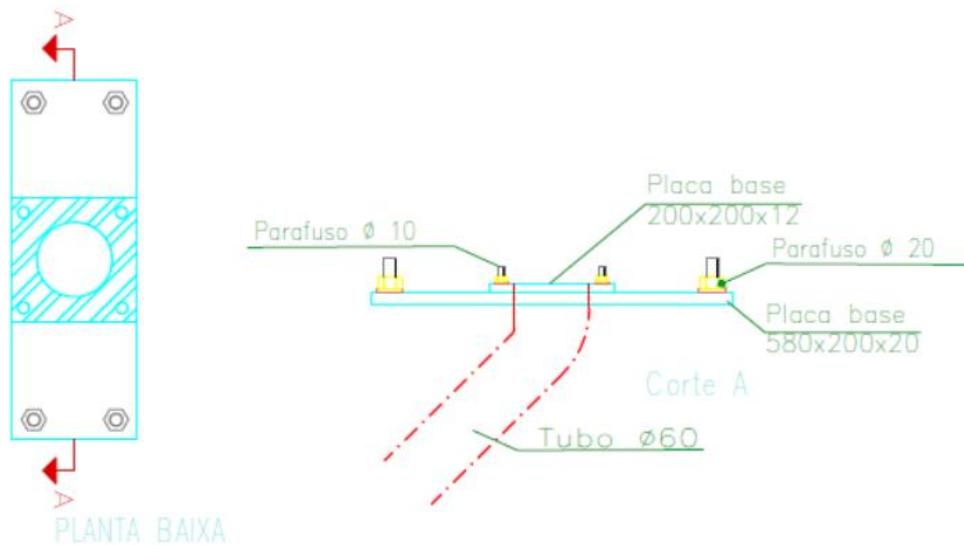


Figura C.7 - Detalhe 1 da ligação entre plataforma e máquina - Escala 1:25.

APÊNDICE D

HIPÓTESES DO MEMORIAL DE CÁLCULO

Nas Tabelas a seguir estão as hipóteses de cálculo referentes aos esforços em barras dos projetos das escadas de acesso, suportes de funis de alimentação e plataforma de acesso, onde são: esforço axial (N), esforço cortante segundo o eixo local Y da barra (V_y), esforço cortante segundo o eixo local Z da barra (V_z), momento torsor (M_t), momento fletor no plano 'XZ' (M_y) e momento fletor no plano 'XY' (M_z).

Tabela D.1 - Esforços em barras, por hipóteses/ações na Barra N36/N33.

Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra		
			0.000 m	0.160 m	0.320 m
N36/N33 (Escada de acesso)	Peso próprio	N	-0.017	-0.017	-0.016
		V_y	-0.007	-0.007	-0.007
		V_z	-0.004	-0.004	-0.004
		M_t	0.001	0.001	0.001
		M_y	0.000	0.000	0.001
		M_z	-0.001	0.000	0.001
	SCU 1	N	-0.089	-0.089	-0.089
		V_y	-0.009	-0.009	-0.009
		V_z	-0.019	-0.019	-0.019
		M_t	0.001	0.001	0.001
		M_y	-0.002	0.001	0.004
		M_z	-0.002	0.000	0.001

Tabela D.2 - Esforços em barras, por hipóteses/ações na Barra N15/N14.

Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra		
			0.000 m	0.160 m	0.320 m
N15/N14 (Escada de acesso)	Peso próprio	N	0.007	0.007	0.008
		V_y	0.007	0.007	0.007
		V_z	-0.023	-0.023	-0.023
		M_t	0.001	0.001	0.001
		M_y	-0.003	0.001	0.004
		M_z	0.001	0.000	-0.001
	SCU 1	N	-0.015	-0.015	-0.015
		V_y	0.008	0.008	0.008
		V_z	-0.034	-0.034	-0.034
		M_t	0.002	0.002	0.002
		M_y	-0.005	0.001	0.006
		M_z	0.001	0.000	-0.001

Tabela D.3 - Esforços em barras, por hipóteses/ações na Barra N5/N7.

Barra	Hipótese	Esforço	Posições na Barra								
			0.000 m	0.188 m	0.375 m	0.563 m	0.750 m	0.938 m	1.125 m	1.313 m	1.500 m
N5/N7 (Suporte de funil)	Peso Próprio	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	0.000	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.006
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.005
		M _z	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	A1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.000	-0.019	-0.037	-0.056	-0.075	-0.094	-0.112	-0.131	-0.150
		M _z	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabela D.4 - Esforços em barras, por hipóteses/ações na Barra N13/N155.

Barra	Hipótese	Esforço	Posições na Barra				
			0.000 m	0.250 m	0.500 m	0.750 m	1.000 m
N13/N155 (Plataforma de acesso)	Peso próprio	N	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669
		V _y	-0.022	-0.022	-0.022	-0.022	-0.022
		V _z	-0.022	-0.019	-0.015	-0.012	-0.009
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.050	0.055	0.059	0.063	0.065
		M _z	-0.015	-0.010	-0.004	0.002	0.007
	CP 1	N	0.344	0.344	0.344	0.344	0.344
		V _y	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
		V _z	-0.087	-0.087	-0.087	-0.087	-0.087
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	-0.081	-0.059	-0.037	-0.015	0.006
		M _z	-0.004	-0.003	-0.002	-0.001	0.000

Tabela D.5 - Esforços em barras, por hipóteses/ações na Barra N41/N42.

Barra	Hipótese	Esforço	Posições na Barra								
			0.000 m	0.215 m	0.645 m	0.860 m	1.075 m	1.290 m	1.720 m	1.935 m	2.150 m
N41/N42 (Plataforma de acesso)	Peso próprio	N	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		V _y	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		V _z	-0.004	-0.004	-0.002	-0.001	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004
		M _t	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		M _y	-0.002	-0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	-0.001	-0.001
		M _z	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
	CP 1	N	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
		M _z	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001

Tabela D.6 - Esforços em barras, por hipóteses/ações na Barra N85/N71.

Barra	Hipótese	Esforço	Posições na Barra			
			0.000 m	0.288 m	0.574 m	0.575 m
N85/N71 (Plataforma de acesso)	Peso próprio	N	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	-0.001	0.000	0.001	0.001
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _z	0.000	0.000	0.000	0.000
	CP 1	N	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _z	0.000	0.000	0.000	0.000

APÊNDICE E

COMBINAÇÕES DO MEMORIAL DE CÁLCULO

Nas Tabelas a seguir estão as combinações de cálculo referentes aos esforços em barras dos projetos das escadas de acesso, suportes de funis de alimentação e plataforma de acesso, onde são: esforço axial (N), esforço cortante segundo o eixo local Y da barra (V_y), esforço cortante segundo o eixo local Z da barra (V_z), momento torsor (M_t), momento fletor no plano 'XZ' (M_y) e momento fletor no plano 'XY' (M_z).

Tabela E.1 - Esforços em barras, por combinação na Barra N36/N33.

Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra		
			0.000 m	0.160 m	0.320 m
N36/N33 (Escada de acesso)	PP	N	-0.017	-0.017	-0.016
		V_y	-0.007	-0.007	-0.007
		V_z	-0.004	-0.004	-0.004
		M_t	0.001	0.001	0.001
		M_y	0.000	0.000	0.001
		M_z	-0.001	0.000	0.001
	1.25PP	N	-0.021	-0.021	-0.021
		V_y	-0.009	-0.009	-0.009
		V_z	-0.005	-0.005	-0.005
		M_t	0.001	0.001	0.001
		M_y	-0.001	0.000	0.001
		M_z	-0.002	0.000	0.001
	PP+1.5SCU1	N	-0.150	-0.150	-0.149
		V_y	-0.021	-0.021	-0.021
		V_z	-0.032	-0.032	-0.031
		M_t	0.003	0.003	0.003
		M_y	-0.004	0.001	0.007
		M_z	-0.003	0.000	0.003
	1.25PP+1.5SCU1	N	-0.154	-0.154	-0.153
		V_y	-0.023	-0.023	-0.023
		V_z	-0.033	-0.033	-0.032
		M_t	0.003	0.003	0.003
		M_y	-0.004	0.002	0.007
		M_z	-0.004	0.000	0.004

Tabela E.2 - Esforços em barras, por combinação na Barra N15/N14.

Barra	Hipótese	Esforço	Posições na barra		
			0.000 m	0.160 m	0.320 m
N15/N14 (Escada de acesso)	PP	N	0.007	0.007	0.008
		V _y	0.007	0.007	0.007
		V _z	-0.023	-0.023	-0.023
		M _t	0.001	0.001	0.001
		M _y	-0.003	0.001	0.004
		M _z	0.001	0.000	-0.001
	1.25PP	N	0.009	0.009	0.010
		V _y	0.009	0.009	0.009
		V _z	-0.029	-0.029	-0.028
		M _t	0.001	0.001	0.001
		M _y	-0.004	0.001	0.005
		M _z	0.001	0.000	-0.002
	PP+1.5SCU1	N	-0.016	-0.015	-0.015
		V _y	0.019	0.019	0.019
		V _z	-0.075	-0.074	-0.074
		M _t	0.003	0.003	0.003
		M _y	-0.010	0.002	0.014
		M _z	0.003	0.000	-0.004
	1.25PP+1.5SC U1	N	-0.014	-0.013	-0.013
		V _y	0.021	0.021	0.021
		V _z	-0.080	-0.080	-0.080
M _t		0.004	0.004	0.004	
M _y		-0.011	0.002	0.015	
M _z		0.003	-0.001	-0.004	

Tabela E.3 - Esforços em barras, por combinação na Barra N5/N7.

Barra	Descrição	Esforço	Posições na Barra								
			0.000 m	0.188 m	0.375 m	0.563 m	0.750 m	0.938 m	1.125 m	1.313 m	1.500 m
N5/N7 (Suporte de funil)	PP	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	0.000	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.006
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.005
		M _z	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1.25 PP	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.005	-0.006
	PP+A1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	0.100	0.101	0.102	0.102	0.103	0.104	0.105	0.106	0.106
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.000	-0.019	-0.038	-0.057	-0.076	-0.096	-0.115	-0.135	-0.155
		M _z	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1.1 PP+A1	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	0.100	0.101	0.102	0.103	0.104	0.104	0.105	0.106	0.107
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.000	-0.019	-0.038	-0.057	-0.076	-0.096	-0.115	-0.135	-0.155
		M _z	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabela E.4 - Esforços em barras, por combinação na Barra N13/N155.

Barra	Descrição	Esforço	Posições na Barra				
			0.000 m	0.250 m	0.500 m	0.750 m	1.000 m
N13/N155 (Plataforma de acesso)	0.9PP+0.9CP1	N	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912
		V _y	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024
		V _z	-0.098	-0.095	-0.092	-0.089	-0.086
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	-0.028	-0.004	0.020	0.042	0.064
		M _z	-0.017	-0.011	-0.005	0.001	0.007
	1.4PP+0.9CP1	V	1.246	1.246	1.246	1.246	1.246
		V _y	-0.035	-0.035	-0.035	-0.035	-0.035
		V _z	-0.109	-0.104	-0.100	-0.095	-0.091
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	-0.003	0.024	0.049	0.074	0.097
	0.9PP+1.4CP1	N	1.084	1.084	1.084	1.084	1.084
		V _y	-0.026	-0.026	-0.026	-0.026	-0.026
		V _z	-0.142	-0.139	-0.136	-0.133	-0.130
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	-0.068	-0.033	0.001	0.035	0.068
		M _z	-0.019	-0.013	-0.006	0.000	0.007
	1.4PP+1.4CP1	N	1.418	1.418	1.418	1.418	1.418
		V _y	-0.037	-0.037	-0.037	-0.037	-0.037
		V _z	-0.153	-0.148	-0.143	-0.139	-0.134
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	-0.043	-0.006	0.031	0.066	0.100
		M _z	-0.027	-0.017	-0.008	0.001	0.011

Tabela E.5 - Esforços em barras, por combinação na Barra N41/N42.

Barra	Descrição	Esforço	Posições na Barra								
			0.000 m	0.215 m	0.645 m	0.860 m	1.075 m	1.290 m	1.720 m	1.935 m	2.150 m
N41/N42 (Plataforma de acesso)	PP+CP1	N	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		V _y	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		V _z	-0.005	-0.004	-0.003	-0.002	-0.001	0.000	0.002	0.003	0.003
		M _t	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		M _y	-0.002	-0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	-0.001
		M _z	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	1.25PP+CP1	N	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		V _y	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		V _z	-0.006	-0.005	-0.003	-0.002	-0.001	0.000	0.002	0.003	0.004
		M _t	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		M _y	-0.003	-0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	-0.001
		M _z	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
	PP+1.25CP1	N	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
		V _y	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		V _z	-0.005	-0.004	-0.003	-0.002	-0.001	0.000	0.002	0.002	0.003
		M _t	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		M _y	-0.003	-0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
		M _z	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000
	1.25PP+1.25 CP1	N	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
		V _y	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		V _z	-0.006	-0.005	-0.003	-0.002	-0.001	0.000	0.002	0.003	0.004
		M _t	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		M _y	-0.003	-0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	-0.001
		M _z	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000

Tabela E.6 - Esforços em barras, por combinação na Barra N85/N71

Barra	Descrição	Esforço	Posições na Barra			
			0.000 m	0.288 m	0.574 m	0.575 m
N85/N71 (Plataforma de acesso)	PP+CP1	N	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	-0.001	0.000	0.001	0.001
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _z	0.000	0.000	0.000	0.000
	1.25PP+CP1	N	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	-0.001	0.000	0.001	0.001
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _z	0.000	0.000	0.000	0.0
N85/N71 (Plataforma de acesso)	PP+1.25CP1	N	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	-0.001	0.000	0.001	0.001
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _z	0.000	0.000	0.000	0.000
	1.25PP+1.25C P1	N	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _z	-0.001	0.000	0.001	0.001
		M _t	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _y	0.000	0.000	0.000	0.000
		M _z	0.000	0.000	0.000	0.000

APÊNDICE F

DETALHES DOS RESULTADOS DE ENVOLUTÓRIAS

Nas Tabelas a seguir estão os resultados de envoltórias referentes aos esforços em barras dos projetos, onde são: esforço axial (N), esforço cortante segundo o eixo local Y da barra (V_y), esforço cortante segundo o eixo local Z da barra (V_z), momento torsor (M_t), momento fletor no plano 'XZ' (M_y) e momento fletor no plano 'XY' (M_z), sendo que a notação subscrita 'Mín' e 'Máx' se referem a mínimo e máximo, respectivamente.

Tabela F.1 - Envoltória dos esforços na Barra N36/N33.

Barra	Tipo de Comb.	Esforço	Posições na barra		
			0.000 m	0.160 m	0.320 m
N36/N33 (Escada de acesso)	Aço dobrado	$N_{mín}$	-0.154	-0.154	-0.153
		$N_{máx}$	-0.017	-0.017	-0.016
		$V_{ymín}$	-0.023	-0.023	-0.023
		$V_{ymáx}$	-0.007	-0.007	-0.007
		$V_{zmín}$	-0.033	-0.033	-0.032
		$V_{zmáx}$	-0.004	-0.004	-0.004
		$M_{tmín}$	0.001	0.001	0.001
		$M_{tmáx}$	0.003	0.003	0.003
		$M_{ymín}$	-0.004	0.000	0.001
		$M_{ymáx}$	0.000	0.002	0.007
		$M_{zmín}$	-0.004	0.000	0.001
		$M_{zmáx}$	-0.001	0.000	0.004

Tabela F.2 - Envoltória dos esforços na Barra N15/N14.

Barra	Tipo de Comb.	Esforço	Posições na barra		
			0.000 m	0.160 m	0.320 m
N15/N14 (Escada de acesso)	Aço dobrado	$N_{mín}$	-0.016	-0.015	-0.015
		$N_{máx}$	0.009	0.009	0.010
		$V_{ymín}$	0.007	0.007	0.007
		$V_{ymáx}$	0.021	0.021	0.021
		$V_{zmín}$	-0.080	-0.080	-0.080
		$V_{zmáx}$	-0.023	-0.023	-0.023
		$M_{tmín}$	0.001	0.001	0.001
		$M_{tmáx}$	0.004	0.004	0.004
		$M_{ymín}$	-0.011	0.001	0.004
		$M_{ymáx}$	-0.003	0.002	0.015
		$M_{zmín}$	0.001	-0.001	-0.004
		$M_{zmáx}$	0.003	0.000	-0.001

Tabela F.3 - Envoltória dos esforços na Barra N5/N7.

Barra	Hipótese	Esforço	Posições na Barra								
			0.000 m	0.188 m	0.375 m	0.563 m	0.750 m	0.938 m	1.125 m	1.313 m	1.500 m
N5/N7 (Suporte de funil)	Aço dobrado	$N_{mín}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$N_{máx}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$V_{ymín}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$V_{ymáx}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$V_{zmín}$	0.000	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.006
		$V_{zmáx}$	0.100	0.101	0.102	0.103	0.104	0.104	0.105	0.106	0.107
		$M_{tmín}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{tmáx}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{ymín}$	0.000	-0.019	-0.038	-0.057	-0.076	-0.096	-0.115	-0.135	-0.155
		$M_{ymáx}$	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.005
		$M_{zmín}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{zmáx}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabela F.4 - Envoltória dos esforços na Barra N13/N155.

Barra	Tipo de Comb.	Posições na Barra				
		0.000 m	0.250 m	0.500 m	0.750 m	1.000 m
N13/N155 (Plataforma de acesso)	$N_{mín}$	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912
	$N_{máx}$	1.418	1.418	1.418	1.418	1.418
	$V_{ymín}$	-0.037	-0.037	-0.037	-0.037	-0.037
	$V_{ymáx}$	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024
	$V_{zmín}$	-0.153	-0.148	-0.143	-0.139	-0.134
	$V_{zmáx}$	-0.098	-0.095	-0.092	-0.089	-0.086
	$M_{tmín}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	$M_{tmáx}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	$M_{ymín}$	-0.068	-0.033	0.001	0.035	0.064
	$M_{ymáx}$	-0.003	0.024	0.049	0.074	0.100
	$M_{zmín}$	-0.027	-0.017	-0.008	0.000	0.007
	$M_{zmáx}$	-0.017	-0.011	-0.005	0.002	0.011

Tabela F.5 - Envolvória dos esforços na Barra N41/N42.

Barra	Tipo de Comb.	Posições na Barra								
		0.000 m	0.215 m	0.645 m	0.860 m	1.075 m	1.290 m	1.720 m	1.935 m	2.150 m
N41/N42 (Plataforma de acesso)	$N_{mín}$	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	$N_{máx}$	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	$V_{ymín}$	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
	$V_{ymáx}$	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
	$V_{zmín}$	-0.006	-0.005	-0.003	-0.002	-0.001	0.000	0.002	0.002	0.003
	$V_{zmáx}$	-0.005	-0.004	-0.003	-0.002	-0.001	0.000	0.002	0.003	0.004
	$M_{tmín}$	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	$M_{tmáx}$	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	$M_{ymín}$	-0.003	-0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	-0.001
	$M_{ymáx}$	-0.002	-0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
	$M_{zmín}$	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000
	$M_{zmáx}$	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.001

Tabela F.6 - Envolvória dos esforços na Barra N85/N71.

Barra	Tipo de Comb.	Posições na Barra			
		0.000 m	0.288 m	0.574 m	0.575 m
N85/N71 (Plataforma de acesso)	$N_{mín}$	0.000	0.000	0.000	0.000
	$N_{máx}$	0.000	0.000	0.000	0.000
	$V_{ymín}$	0.000	0.000	0.000	0.000
	$V_{ymáx}$	0.000	0.000	0.000	0.000
	$V_{zmín}$	-0.001	0.000	0.001	0.001
	$V_{zmáx}$	-0.001	0.000	0.001	0.001
	$M_{tmín}$	0.000	0.000	0.000	0.000
	$M_{tmáx}$	0.000	0.000	0.000	0.000
	$M_{ymín}$	0.000	0.000	0.000	0.000
	$M_{ymáx}$	0.000	0.000	0.000	0.000
	$M_{zmín}$	0.000	0.000	0.000	0.000
	$M_{zmáx}$	0.000	0.000	0.000	0.000

APÊNDICE G

DETALHES DOS RESULTADOS DE FLECHA

A Tabela A.13 expõe os detalhes complementares do memorial de cálculo de flechas, onde as referências são: valor da coordenada sobre o eixo 'X' local do grupo de flecha no ponto onde se produz o valor péssimo da flecha (*Pos.*) e distância entre dois pontos de corte consecutivos da deformada com a reta que une os nós extremos do grupo de flecha (*L*).

Tabela G.1 - Resultados de flechas.

Grupo	Flecha máx. abs. xy		Flecha máx. abs. xz		Flecha ativa abs. xy		Flecha ativa abs. xz	
	Flecha máx. relat. xy		Flecha máx. relat. xz		Flecha ativa relat. xy		Flecha ativa relat. xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N36/N33	0.160	0.00	0.160	0.01	0.160	0.00	0.160	0.00
	0.160	L/(>1000)	0.160	L/(>1000)	0.160	L/(>1000)	0.160	L/(>1000)
N15/N14	0.160	0.00	0.160	0.01	0.160	0.00	0.160	0.01
	0.160	L/(>1000)	0.160	L/(>1000)	0.160	L/(>1000)	0.160	L/(>1000)
N5/N8	0.000	0.00	1.313	0.31	0.000	0.00	0.000	0.0
	-	L/(>1000)	1.313	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N3/N5	2.989	0.12	2.513	2.55	0.000	0.00	0.000	0.00
	4.246	L/(>1000)	2.513	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N41/N42	0.860	0.12	1.290	0.10	0.000	0.00	0.000	0.00
	0.860	L/(>1000)	1.290	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N85/N71	0.288	0.00	0.288	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
	0.288	L/(>1000)	0.288	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)

ANEXO I

MODELO DE PESQUISA DE SATISFAÇÃO

PESQUISA DE SATISFAÇÃO DEPARTAMENTO DE SAÚDE, SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	Logotipo da Empresa
Nome: _____	
Crachá: _____	Setor: _____
Função: _____	Data: _____
Perguntas:	
1) Você acredita que as condições de segurança foram melhoradas?	
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
<input type="checkbox"/> Indiferente	
2) Você acredita que as condições de trabalho foram melhoradas?	
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
<input type="checkbox"/> Indiferente	
3) Você acredita que as condições de qualidade do produto foram melhoradas?	
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
<input type="checkbox"/> Indiferente	
4) Você acredita que a Empresa valoriza a segurança do funcionário?	
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
5) Como você classificaria a mudança implementada?	
<input type="checkbox"/> Extremamente positiva	<input type="checkbox"/> Negativa
<input type="checkbox"/> Positiva	<input type="checkbox"/> Extremamente negativa
<input type="checkbox"/> Indiferente	<input type="checkbox"/> Não tem como opinar

Figura H.1 - Pesquisa de satisfação.

ANEXO II

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)

Página 1/1



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-AM

ART OBRA OU SERVIÇO
Nº AM20200

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Amazonas

INICIAL

1. Responsável Técnico

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL** RNP: [REDACTED]
Registro: [REDACTED] AM

2. Dados do Contrato

Contratante: [REDACTED] CPF/CNPJ: [REDACTED]
[REDACTED] Nº: [REDACTED]
Complemento: [REDACTED] Bairro: [REDACTED]
Cidade: **MANAUS** UF: **AM** CEP: [REDACTED]

Contrato: **Não especificado** Celebrado em: [REDACTED]
Valor: **R\$ 10,00** Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

Complemento: [REDACTED] Nº: [REDACTED]
Cidade: **MANAUS** Bairro: [REDACTED] UF: **AM** CEP: [REDACTED]
Data de Início: **12/11/2020** Previsão de término: **04/12/2020** Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **Industrial** Código: **Não Especificado**
Proprietário: [REDACTED] CPF/CNPJ: [REDACTED]

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
1 - DIRETA		
5 - PROJETO > OBRAS E SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL > SISTEMAS ESTRUTURAIS > ESTRUTURA > #1254 - AÇO	38,20	m²

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Projetos de estruturas para um tipo de escada para resistência de até 200kg com 4 repetições, um tipo de suporte com mão francesa para suportar 100kg com 17 repetições e seis plataformas injetoras para suporte de 400kg.

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-AM, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar.

7. Entidade de Classe

AEAEA - Associação dos Engenheiros Agrônomos do Estado do Amazonas

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Manaus, 12 de Fevereiro de 2021 [REDACTED]

Local data

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
O profissional declara serem verdadeiras as informações aqui prestadas, sobre as quais assume todas as responsabilidades, sob pena de incorrer nas sanções previstas no art. 299 do Código Penal Brasileiro e no art. 10º do Código de Ética Profissional instituído pela Resolução 1002/02 das Condutas Vedadas.

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 88,78** Registrada em: **18/11/2020** Valor pago: **R\$ 88,78** Nosso Número: [REDACTED]

Figura I.1 - Anotação de responsabilidade técnica.