

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E  
AUTOMAÇÃO  
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

PEDRO ALBERTO MACHADO BAUMEL  
RAFAELA ZARUVNE DA SILVA

**MÁQUINA AUXILIAR DE PRODUÇÃO DE TORTAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2018

PEDRO ALBERTO MACHADO BAUMEL  
RAFAELA ZARUVNE DA SILVA

## **MÁQUINA AUXILIAR DE PRODUÇÃO DE TORTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia de Controle e Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador (a): Luiz Amilton Peplow

CURITIBA

2018

PEDRO ALBERTO MACHADO BAUMEL  
RAFAELA ZARUVNE DA SILVA

## MÁQUINA AUXILIAR DE PRODUÇÃO DE TORTAS

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro de Controle e Automação, do curso de Engenharia de Controle e Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 21 de novembro de 2018.

---

Paulo Sérgio Walenia, Prof. Esp, Coordenador de Curso de  
Engenharia de Controle e Automação

---

Profa. Annemarien Gehrke Castagna, Mestre  
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso  
de Engenharia de Controle e Automação do DAELT

### ORIENTAÇÃO

---

Luiz Amilton Peplow, Esp.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Orientador

### BANCA EXAMINADORA

---

Ana Rita Villela Costa, Esp.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Jaime Favretto, Me.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Luiz Amilton Peplow, Esp.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

*Palavras são, na minha nada humilde opinião, nossa inesgotável fonte de magia.  
Capazes de formar grandes sofrimentos e também de remediá-los.*

*Alvo Dumbledore*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos permitiu chegar à etapa final de conclusão do curso, em uma Universidade Federal, e realizar o presente trabalho, vencendo todas as dificuldades encontradas no caminho.

Ao nosso professor orientador, Luiz Amilton Peplow, que aceitou prontamente nossa ideia para o trabalho e nos guiou sabiamente durante o último um ano e meio nos preceitos da gestão do desenvolvimento de produtos, nossos agradecimentos.

Agradecemos aos nossos pais, Jane, Laerte e Marina, pois sem o apoio incondicional que tivemos desde que chegamos ao mundo, nenhuma conquista seria realizada e não teríamos percorrido o caminho que percorremos até aqui. Vocês são o motivo para seguirmos em frente todos os dias, independentemente das dificuldades e, justamente, o que torna o caminho mais fácil.

Aos amigos Maysa Nascimento e Gabriel Zolnir, gratidão pelo apoio nas noites não dormidas e ajuda com palavras e gestos. De forma especial, agradecemos ao Bruno Salvador da Silva, nosso mais expressivo muito obrigado por tudo o que fez por nós para que pudéssemos finalizar esse trabalho. Vocês são a prova de que quem tem um amigo, tem tudo.

Por fim, agradecemos a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e finalização deste trabalho de conclusão de curso.

## RESUMO

BAUMEL, Pedro A. M., SILVA, Rafaela Z. MÁQUINA AUXILIAR DE PRODUÇÃO DE TORTAS. 2018. 135 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Controle e Automação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

A automação se tornou parte fundamental da indústria moderna, proporcionando competitividade, mais qualidade, produtividade e flexibilidade. Essa nova era de maior demanda e otimização de processo produtivo faz com que profissões e postos de trabalho não adequados ao homem sejam levados ao máximo esforço, gerando desgaste e problemas de saúde. Por essa razão, a combinação de estudos sobre automação e ergonômicos proporcionam soluções eficientes, tanto no âmbito da produtividade como na solução de posturas de trabalho inadequadas. Esse trabalho visa o desenvolvimento de projeto de uma máquina, para automatizar o processo produtivo de modelagem de massa de tortas de uma confeitaria. O desenvolvimento do projeto segue as diretrizes de autores reconhecidos sobre metodologia de desenvolvimento de projeto de produto, como Back e Rozenfeld. Durante o estudo ergonômico são levantadas as posturas que estão propensas a desenvolver doenças relacionadas ao trabalho e apontadas possíveis alternativas de solução, por meio da automatização do processo. Por fim, será avaliada a possibilidade de realização do produto, levando em conta orçamentos, comparações e atendimento dos requisitos do cliente.

**Palavras-chave:** Automação, Ergonomia, Projeto, Projeto de Produto, Processo Produtivo, Doenças do Trabalho, Torta, Confeitaria

## ABSTRACT

BAUMEL, Pedro A. M., SILVA, Rafaela Z. AUXILIARY PIE PRODUCTION MACHINE. 2018. 135 f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Automação e Controle). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Automation has become a fundamental part of modern industry, providing competitiveness, quality, productivity and flexibility. This new era of greater demand and optimization of the productive process makes jobs and work stations that are not suitable for men, taking them to maximum effort, thus generating weariness and health problems. For this reason, the combination of automation and ergonomic studies provide efficient solutions, both in productivity and in the solution of inadequate work postures. This study aims the development of a machine designed to automate the production process of pie crusting of a confectionery. Project development follows the guidelines of recognized authors on product design development methodology such as Back and Rozenfeld. During the ergonomic study, postures that are prone to develop work-related diseases are posed, and possible solution alternatives are pointed out through the automation of the process. Finally, the possibility of developing the product will be evaluated, taking into account budgets, comparisons and fulfillment of customer requirements

**Keywords:** Automation, Ergonomics, Design, Product Design, Production Process, Work Illness, Confectionery

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 –	CONTRAÇÃO MUSCULAR .....	23
FIGURA 2 –	ESQUEMÁTICO DO TRABALHO ESTÁTICO E DINÂMICO ....	24
FIGURA 3 –	IRRIGAÇÃO SANGUÍNEA NO MÚSCULO NO TRABALHO ESTÁTICO E DINÂMICO .....	25
FIGURA 4 –	ALTURA RECOMENDADA PARA BANCADAS DE TRABALHO NA POSIÇÃO DE PÉ .....	27
FIGURA 5 –	TEMPO MÉDIO PARA APARECIMENTO DE DORES NO PESCOÇO, CONFORME A INCLINAÇÃO DA CABEÇA .....	28
FIGURA 6 –	SISTEMA OWAS .....	29
FIGURA 7 –	DIAGRAMA DE ÁREAS DOLORIDAS .....	31
FIGURA 8 –	QUESTIONÁRIO NÓRDICO .....	32
FIGURA 9 –	VIABILIDADE DO PROJETO .....	35
FIGURA 10 –	DESDOBRAMENTO DE CUSTO DE UM PRODUTO .....	37
FIGURA 11 –	MODELO PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS .....	39
FIGURA 12 –	EXEMPLO DE DESDOBRAMENTO DE UMA EDT .....	41
FIGURA 13 –	EXEMPLO DE SEQUENCIAMENTO DE ATIVIDADES .....	42
FIGURA 14 –	ESQUEMA DE ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO DO PRODUTO .....	43
FIGURA 15 –	PROCESSO PARA TRANSFORMAR AS NECESSIDADES DOS USUÁRIOS EM ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO .....	43
FIGURA 16 –	PRIMEIRA MATRIZ QFD, CHAMADA CASA DA QUALIDADE .	45
FIGURA 17 –	TAREFAS DA ATIVIDADE "MODELAR FUNCIONALMENTE O PRODUTO" .....	48
FIGURA 18 –	TELA DO SOFTWARE SUPERDECISIONS MOSTRANDO UMA HIERARQUIA PARA TOMADA DE DECISÃO .....	51
FIGURA 19 –	LAYOUT DA CONFEITARIA .....	62
FIGURA 20 –	MÁQUINA MANUAL DE MODELAGEM DE TORTA .....	62
FIGURA 21 –	OPERAÇÃO DA MÁQUINA .....	63
FIGURA 22 –	A, B E C – MODELAGEM MANUAL DE TORTA ANTES DA INTERVENÇÃO HUMANA .....	63

FIGURA 23 – A E B – TORTA APÓS MODELAGEM MANUAL .....	64
FIGURA 24 – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO NÓRDICO PELA FUNCIONÁRIA .....	66
FIGURA 25 – ESCOPO DO PROJETO .....	68
FIGURA 26 – MASSA MODELADA ADERIDA À MÁQUINA .....	70
FIGURA 27 – FUNÇÃO GLOBAL .....	73
FIGURA 28 – AHP DA FUNÇÃO 4, CONFORMAR A MASSA DE TORTA ....	75
FIGURA 29 – RESULTADO DO AHP DA FUNÇÃO 4 .....	76
FIGURA 30 – RESULTADO GRÁFICO DA APLICAÇÃO DO AHP DA FUNÇÃO 4 .....	76
FIGURA 31 – AHP DE FUNÇÃO 2, FIXAR A FÔRMA DE TORTA .....	77
FIGURA 32 – RESULTADO DO AHP DA FUNÇÃO 2 .....	78
FIGURA 33 – RESULTADO GRÁFICO DO AHP DA FUNÇÃO 2 .....	78
FIGURA 34 – ALTERNATIVAS DE PROTEÇÃO DAS PARTES MÓVEIS .....	79
FIGURA 35 – BATEDEIRAS .....	79
FIGURA 36 – AVANÇO DO CILINDRO DE CONFORMAÇÃO .....	83
FIGURA 37 – RECUO DO CILINDRO DE CONFORMAÇÃO .....	84
FIGURA 38 – AVANÇO DO CILINDRO DE SULCO .....	84
FIGURA 39 – RECUO DO CILINDRO DE SULCO .....	85
FIGURA 40 – CONCEPÇÃO FINAL DA MÁQUINA EM 3D .....	85

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	ANÁLISE DE ATIVIDADES PARA FORMULAÇÃO .....	36
TABELA 2 –	ATIVIDADES PARA EXECUTAR O GERENCIAMENTO DO PROJETO .....	40
TABELA 3 –	ATRIBUTOS DE UM PRODUTO INDUSTRIAL .....	46
TABELA 4 –	MATRIZ MORFOLÓGICA E A COMBINAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO .....	49
TABELA 5 –	TABELA PARA VERIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS .....	57
TABELA 6 –	POSTURAS NO POSTO 1 .....	65
TABELA 7 –	POSTURAS NO POSTO 2 .....	65
TABELA 8 –	ENTRADAS E SAÍDAS DO SISTEMA .....	68
TABELA 9 –	DEFINIÇÃO DE REQUISITOS DO USUÁRIO A PARTIR DAS NECESSIDADES .....	70
TABELA 10 –	PONTUAÇÃO DOS REQUISITOS DO PROJETO .....	71
TABELA 11 –	ESPECIFICAÇÕES-META DO PRODUTO .....	72
TABELA 12 –	FUNÇÕES DA MÁQUINA .....	73
TABELA 13 –	MATRIZ MORFOLÓGICA .....	74
TABELA 14 –	ENTRADAS DO CLP .....	81
TABELA 15 –	SAÍDAS DO CLP .....	81
TABELA 16 –	RESULTADO DO TESTE DE FORÇA BALANÇA .....	82
TABELA 17 –	CONSUMO DE CORRENTE DOS COMPONENTES DO CIRCUITO DE COMANDO .....	82
TABELA 18 –	RISCOS DO PROJETO, PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA E PLANO DE AÇÃO .....	86
TABELA 19 –	ESTIMATIVA DE CUSTO DA PARTE ELÉTRICA .....	87
TABELA 20 –	ESTIMATIVA DE CUSTO DA PARTE PNEUMÁTICA .....	88
TABELA 21 –	ESTIMATIVA GERAL DA MÁQUINA .....	88
TABELA 22 –	TEMPO UTILIZADO ATUALMENTE PARA FABRICAÇÃO DAS MASSAS .....	90
TABELA 23 –	GASTOS COM A FABRICAÇÃO DAS MASSAS .....	90
TABELA 24 –	GASTOS COM O PROJETO IMPLEMENTADO .....	91
TABELA 25 –	GASTOS ATUALIZADOS DA CONFEITARIA .....	91
TABELA 26 –	PAYBACK DO PROJETO .....	92
TABELA 27 –	RESULTADOS OBTIDOS COM RELAÇÃO ÀS ESPECIFICAÇÕES-META .....	93

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS POSTURAS SISTEMA OWAS .....	30
QUADRO 2 – CLASSIFICAÇÃO DAS POSTURAS PELA COMBINAÇÃO DE VARIÁVEIS DO SISTEMA OWAS .....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ABIP	Associação Brasileira da Indústria da Panificação e Confeitaria
AET	Análise Ergonômica do Trabalho
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
CPL	Controlador lógico programável
DORT	Doença Osteoarticular Relacionada ao Trabalho
EDT	Estrutura de Desdobramento do Trabalho
IHM	Interface Homem-Máquina
ITPC	Instituto Tecnológico da Panificação e Confeitaria
kg	Quilograma
LER	Lesão por Esforço Repetitivo
LCT	Lesões por Trauma Cumulativo
NR	Norma Regulamentadora
OWAS	<i>Ovako Working Posture Analysing System</i>
PDP	Processo de desenvolvimento de produtos
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
V	volts

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 TEMA .....	17
1.1.1 Delimitação do tema .....	17
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS .....	17
1.3 OBJETIVOS .....	18
1.3.1 Objetivo geral .....	18
1.3.2 Objetivos específicos .....	18
1.4 JUSTIFICATIVA .....	19
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	19
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	19
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>20</b>
2.1 ERGONOMIA.....	20
2.2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO .....	33
2.2.1 O estudo da viabilidade – Fase I.....	34
2.2.2 Projeto preliminar – Fase II.....	38
2.2.3 Projeto detalhado – Fase III.....	39
2.2.4 Fase I – Planejamento do projeto.....	40
2.2.5 Fase II – Projeto informacional.....	42
2.2.6 Fase III – Projeto conceitual.....	48
2.3 NORMAS PARA O PROJETO.....	52
2.3.1 Norma Regulamentadora 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.....	52
2.3.2 Norma Regulamentadora 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.....	53
2.3.3 Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia.....	55
2.3.4 Legislação Sanitária e Código de Saúde do Paraná.....	56
2.3.4.1 RDC nº 216/04.....	56
2.3.4.2 RDC nº 275/02.....	57
2.3.4.3 Código de Saúde do Paraná.....	58
2.4 SOFTWARES FLUIDSIM, SOMACHINE BASIC E SOLIDWORKS.....	58

2.5 AUTOMATIZAÇÃO E AUTOMAÇÃO.....	59
<b>3 DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE PRODUTO.....</b>	<b>61</b>
3.1 ANÁLISE ERGONÔMICA.....	61
3.1.1 Ciclo de produção.....	61
3.1.2 Principais posturas encontradas.....	65
3.2 FASE 1 – PLANEJAMENTO DO PROJETO.....	66
3.2.1 Justificativa do projeto e características do produto.....	66
3.2.2 Escopo do projeto.....	68
3.3 FASE 2 – PROJETO INFORMACIONAL.....	69
3.3.1 Necessidades do cliente, requisitos do projeto, definição das especificações de projeto do produto.....	69
3.4 FASE 3 – PROJETO CONCEITUAL.....	73
3.5 DIAGRAMA ELÉTRICO.....	80
3.6 SIMULAÇÃO PNEUMÁTICA E CONCEPÇÃO DA MÁQUINA.....	83
3.7 ANÁLISE DE RISCO E VIABILIDADE ECONÔMICA.....	86
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>90</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>94</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>99</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A automação tornou-se vital para a indústria que deseja ter competitividade e qualidade em seus produtos e serviços. De acordo com (RIBEIRO, 2003, p. 01) "o conceito de automação inclui a ideia de usar potência elétrica ou mecânica para acionar algum tipo de máquina". Assim, a automação é aplicável em inúmeros setores, inclusive na indústria de panificação e confeitaria. Nesse ramo, em que a produção é trabalhosa, é necessário realizá-la em grande escala para que o lucro seja significativo. Desta forma, possuir um sistema automatizado que reduza custos e tempo de serviço, além de contribuir maximizando a eficiência do processo de trabalho, pode ser determinante para o sucesso do empreendedor, além de contribuir com a ergonomia do trabalho.

A ergonomia pode ser definida como o "estudo das adaptações do trabalho ao homem e as suas inter-relações" (PINHEIRO, 2006). Nesse ínterim, para Lida (2011, p. 03), "a ergonomia estuda tanto as condições prévias como as consequências do trabalho e as interações que ocorrem entre o homem, a máquina e ambiente durante a realização desse trabalho". Desde a Primeira Revolução Industrial, em que os trabalhadores tinham jornadas de trabalho abusivas, houve mudanças significativas no cenário em que o funcionário está inserido. Como é dito por IIDA (2011, p. 05), "os estudos mais sistemáticos sobre o trabalho começaram a ser realizados a partir do final do século XIX" e a primeira guerra mundial desencadeou o surgimento de pesquisas sobre o trabalho e sua relação com o homem. O bem-estar passou a ser levado em consideração e a ergonomia começou a ter espaço na indústria.

A automação aplicada em uma empresa melhora o processo produtivo se fizer um bom uso de estudos ergonômicos. A utilização de máquinas que realizem o trabalho de força bruta e movimentos repetitivos reduz o desgaste do trabalhador, acabando com posturas corporais viciosas e evitando grande esforço físico do empregado. Essa mecanização de tarefas por intermédio da automação de processos cria maquinaria para auxiliar os seres humanos em suas funções, proporcionando segurança e assegurando um desempenho eficiente, contribuindo nas condições psicofisiológicas dos trabalhadores.

O setor da panificação é repleto de particularidades, especialmente porque engloba em seu processo os setores de comércio e serviços. [...] atualmente, 63 mil panificadoras atendem, diariamente, 44 milhões de brasileiros. Cerca de 96% dos estabelecimentos desse importante setor são micro e pequenas empresas, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria da Panificação e Confeitaria (ABIP). Muitos desses estabelecimentos têm caráter familiar e tem de se adaptar à concorrência com grandes lojas e às demandas dos consumidores (SEBRAE, 2013)<sup>1</sup>.

Em um levantamento realizado pelo Instituto Tecnológico da Panificação e Confeitaria (ITPC) no Brasil em parceria com a Associação Brasileira de Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP) para demonstrar o índice de crescimento de vendas de produtos fabricados pelas próprias panificadoras, indica que o aumento foi de 11,2%. O crescimento nominal foi de 3,08% no ano de 2016, representando um faturamento de mais de R\$ 87 bilhões (ABIP, 2016)<sup>2</sup>.

Para desenvolver um novo equipamento, existem muitas formas de estudo para se chegar ao produto ideal. A gestão de desenvolvimento de produtos pode ser um modelo a ser seguido para aliar a criatividade na resolução de problemas e o bom-senso para a implementação, levando em consideração o mercado, orçamentos e ciclo de vida. Segundo (ROZENFELD et al., 2006, p. 04), "o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) situa-se na interface entre a empresa e o mercado, cabendo a ele identificar as necessidades do mercado e propor soluções que atendam a tais necessidades". Já para (BACK, 2008, p. 32) "um projeto de grande porte precisa ser planejado, implementado, monitorado e controlado".

Para desenvolver um novo equipamento, existem muitas formas de estudo para se chegar ao produto ideal. Segundo (ROZENFELD et al., 2006), "o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) situa-se na interface entre a empresa e o mercado, cabendo a ele identificar as necessidades do mercado e propor soluções que atendam a tais necessidades". Já para (BACK, 2008, p. 32) "um projeto de grande porte precisa ser planejado, implementado, monitorado e controlado". A gestão de desenvolvimento de produtos pode ser um modelo a ser seguido para aliar a criatividade na resolução de problemas e o bom-senso para a implementação, levando em consideração o mercado, orçamentos e ciclo de vida.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebraeaz/boas-praticas-na-panificacao-e-na-confeitaria,4803a247f56d2510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acessado em 12/11/2018.

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2017/02/INDICADORES-2017-performance-2016.pdf>>. Acessado em 12/11/2018.

## 1.1 TEMA

O estudo da ergonomia em atividades de trabalho proporciona o melhor conhecimento dos riscos de lesões em que os funcionários estão sujeitos em suas atividades rotineiras, como é o caso da indústria de panificação e confeitaria. Dessa forma, aliando a engenharia à ergonomia é possível notar uma “complementaridade entre as duas disciplinas: a participação de ergonomistas nos projetos de desenvolvimento tecnológico, em especial nos projetos de automação, de modernização tecnológica [...]” (DUARTE, 2001).

Assim, este trabalho visa desenvolver um equipamento para aplicação em indústria de panificação, utilizando a automação para auxiliar no dia-a-dia da empresa, desenvolvendo uma máquina para realização de uma etapa do processo produtivo e levando em consideração os aspectos ergonômicos da tarefa observada.

### 1.1.1 Delimitação do Tema

Correlação entre automação e ergonomia em um processo produtivo de uma confeitaria, visando o bem-estar do funcionário e aumento da produtividade.

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

O principal problema que se propõe resolver foi identificado por meio de observações em um processo produtivo em uma confeitaria, em que se verificou que a produtividade e qualidade final dos produtos decaem ao longo da jornada de trabalho. A funcionária que trabalha nesse processo queixa-se de dores nas articulações de punho e ombro e dores nas costas, além de cansaço físico.

A partir de uma entrevista com a funcionária, identificou-se o problema desta pesquisa, que é a necessidade de encontrar uma opção de automação que proporcione a eliminação do risco de lesão e a melhoria da produtividade do processo produtivo. De acordo com Pinheiro (2006), LER e DORT "são resultados de sobrecarga pela utilização excessiva de determinados grupos musculares em movimentos repetitivos com ou sem exigência de esforço localizado [...]" (PINHEIRO, 2006).

Na tarefa executada pela empregada, uma massa crua de torta deve ser moldada dentro de uma forma de alumínio, de forma que o fundo seja fino e a base

da lateral fique mais fina do que o topo da lateral, para que, depois de assada, a massa tenha o formato de um refratário capaz de receber o recheio.

Dentre as possibilidades de solução de problemas ergonômicos há a automação do sistema produtivo, que além da oportunidade de sanar os problemas de saúde a que os funcionários estão sujeitos, pode gerar ganhos de produtividade e qualidade no produto final. Neste sentido, este trabalho de pesquisa visa aliar a engenharia de automação à ergonomia fazendo uso do estudo homem-máquina-ambiente e das observações já citadas para maximizar a eficiência da função do trabalhador por meio do desenvolvimento de uma máquina.

Por fim, define-se como premissa do presente trabalho a possibilidade de que a funcionária possa desenvolver algum tipo de doença ocupacional, além da proposição de que a automatização traria benefícios para a empresa, como economia de tempo mão de obra e a padronização dos produtos.

### 1.3 OBJETIVOS

Nos tópicos a seguir, serão apresentados o objetivo geral do trabalho e os objetivos específicos.

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver o projeto de uma máquina para automatizar o processo produtivo de modelagem de massa para tortas.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- 1) Identificar conceitos e normas de ergonomia e lesões relacionadas ao trabalho repetitivo que possibilitem o entendimento de como aplicá-los no desenvolvimento de projetos de produtos para modelagem de massa de tortas;
- 2) Analisar as necessidades do cliente, do produto e realizar a proposição de soluções, atendendo aos requisitos de metodologia de desenvolvimento de produtos;
- 3) Verificar normas de saúde e segurança do trabalho que uma máquina de panificação deve obedecer;

- 4) Desenvolver o projeto de máquina atendendo aos requisitos da tarefa e ergonomia;
- 5) A validação da máquina se dará por meio da simulação computacional.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Caso a confeitaria mantenha os funcionários em uma mesma função sem nenhum tipo de melhoramento em suas condições de execução da tarefa, estes podem tornar-se impossibilitados de trabalhar devido a uma doença ocupacional.

Os gastos para a empresa responsável pelo acidente de trabalho serão consideráveis, uma vez que será necessário pagar as despesas trabalhistas relacionadas à doença e arcar com os dias de afastamento da funcionária. Além disso, a falta de uma funcionária, caso ela seja incapaz de retomar suas tarefas, implicará na contratação de outra empregada.

#### 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O projeto da máquina é fundamentado na metodologia de desenvolvimento de projeto de produto, especificamente nos ensinamentos dos autores Nelson Back e Henrique Rozenfeld. A metodologia consiste em definir a ideia principal do produto para que sejam criadas alternativas de como o problema será resolvido, seus requisitos, seu ciclo de vida e o planejamento de qualidade. Ou seja, essa etapa reúne as características do projeto, o seu escopo.

São definidas as "atividades para a execução do projeto" (ROZENFELD, 2006, p. 173), e o cronograma para a sua realização. O processo seguinte é a avaliação de possíveis riscos, além do cálculo do orçamento do projeto. A viabilidade econômica é estudada e apresentada, e, por fim, o plano de projeto está montado. A realização do projeto da máquina é feita com o auxílio de softwares de simulação.

#### 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é composto de cinco capítulos, sendo o primeiro a introdução, o segundo a revisão de literatura, o terceiro o desenvolvimento de projeto de produto, o quarto referente aos resultados e o último a conclusão.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica tem por finalidade fornecer informações pertinentes ao desenvolvimento do projeto, referenciadas em obras de autores especializados em cada tema que abrange o escopo do trabalho.

### 2.1 ERGONOMIA

Serão apresentados conceitos sobre ergonomia para fundamentar a motivação para o desenvolvimento da máquina proposta pelo presente trabalho. Desde conceitos gerais, até discussões específicas sobre postura e utilização de força para a realização da tarefa de produzir as tortas, com o intuito de guiar futuras decisões relativas à máquina auxiliar de produção.

De acordo com Couto (2007), a ergonomia procura o ajuste mútuo entre o ser humano e o seu ambiente de trabalho de forma confortável, produtiva e segura, basicamente procurando adaptar o trabalho às pessoas. Já para Dul e Weerdmeester (2004), a ergonomia é uma ciência aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com o objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho. Ou seja, um dos principais objetivos de um projeto que dê enfoque especial para a ergonomia é o ser humano que fará uso da máquina. A Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) define ergonomia como “o estudo da adaptação do trabalho às características fisiológicas e psicológicas do ser humano”<sup>3</sup>.

A ergonomia teve seu maior desenvolvimento a partir da segunda revolução industrial, devido, entre outros fatores igualmente importantes, ao "desencadeamento de distúrbios osteomusculares por sobrecarga funcional" (COUTO, 2007, p. 14). Levando em consideração o fato de que durante a segunda Revolução Industrial o homem deveria se adaptar ao trabalho, a ergonomia traz a ideia de realizar o contrário e adaptar o trabalho ao homem, de forma que sua integridade seja mantida.

Para realizar um estudo ergonômico, é necessário entender o corpo humano. Para isso, precisa-se da antropometria, que se ocupa das dimensões e

---

<sup>3</sup> Disponível em: <<http://www.marelli.com.br/ergonomia>>. Acessado em 12/11/2018.

proporções do corpo do ser humano (DUL, 2004, p.10). Um posto de trabalho deve levar em consideração as particularidades de cada trabalhador, pois cada um é diferente e o posto deve ser confortável para quem quer que trabalhe no local.

Há dois tipos de antropometria: estática e dinâmica. "A antropometria estática está relacionada com as medidas das dimensões físicas do corpo parado" (VIEIRA, 2008). Logo, pode-se concluir que por meio dessas medidas é que se projeta o local de trabalho, para que possa atender de forma ergonomicamente correta qualquer ser humano que venha a trabalhar naquele local. Já a antropometria dinâmica é voltada para a medida das pessoas enquanto executam alguma função, levando em consideração ângulos, velocidade, padrões de ritmo e movimentos, além de força e espaços envolvidos (VIEIRA, 2008, p. 348).

Cabe ainda lembrar que a Norma Regulamentadora de Ergonomia, a NR 17, prevê o que foi explicitado acima sobre a necessidade de se adaptar o posto de trabalho ao trabalhador: "17.4.1. Todos os equipamentos que compõem um posto de trabalho devem estar adequados às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado" (Norma Regulamentadora 17, 1978).

Um dos problemas enfrentados por empregados é a fadiga causada pelo esforço excessivo. Este problema é relacionado por Couto (2007) quando fala sobre a concentração dos movimentos, com a possibilidade de aparecerem distúrbios em membros superiores ou coluna, principalmente quando esses movimentos são feitos em condições biomecânicas desfavoráveis. Além disso, o autor cita as principais inadequações em linhas de produção, dentre elas o aumento súbito de produção, o que ocorre na confeitaria sempre no inverno, quando se produz cerca de 30% a mais do que no verão, e a dificuldade na realização de ações técnicas, proveniente de um método que é deficiente (ter uma máquina que realiza o aperto da massa, mas que exige grande esforço muscular). As recomendações para os problemas são "automatizar as tarefas muito repetitivas (mais de 12000 repetições por turno) e aquelas que exijam grande esforço muscular [...] Estabelecer estratégias administrativas para atender ao aumento de demanda de serviço" (COUTO, 2007, p.138).

A biomecânica ocupacional é uma parte da biomecânica geral, que se ocupa dos movimentos corporais e forças relacionadas ao trabalho. Assim, preocupa-se

com as interações físicas do trabalhador, com seu posto de trabalho, máquinas ferramentas e materiais, visando reduzir os riscos de distúrbios musculoesqueléticos (IIDA, 2011, p. 159).

Para Dul (2004), a biomecânica tem por finalidade estimar as tensões que ocorrem nos músculos e articulações durante uma postura ou movimento. Em seguida, o autor fala sobre os princípios da biomecânica, entre eles, evitar curvar-se para frente:

Os períodos prolongados com o corpo inclinado devem ser evitados sempre que possível. A parte superior do corpo de um adulto, acima da cintura, pesa 40 kg, em média. Quando o tronco inclina-se para frente, há contração dos músculos e dos ligamentos das costas para manter essa posição. A tensão é maior na parte inferior do tronco, onde surgem dores (DUL, 2004, p. 7).

"O aparelho de movimentação das pessoas é o sistema muscular distribuído em todo corpo. Este sistema representa cerca de 40% do peso do corpo." (GRANDJEAN, 1998). Segundo Lida (2011), os músculos são responsáveis por todos os movimentos do corpo. São eles que transformam energia química armazenada em contrações, ou seja, em movimentos. Isso ocorre pela oxidação de gorduras e hidratos de carbono, numa reação exotérmica, que resulta em trabalho e calor. É por esse fato que ao realizar atividades físicas o corpo se aquece.

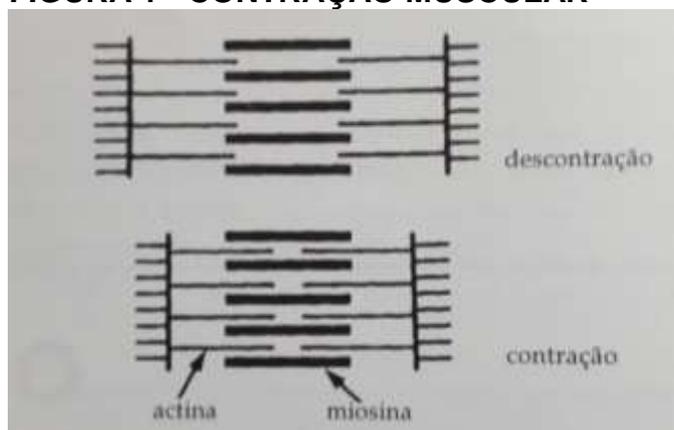
Os músculos do corpo humano são classificados em três tipos: músculos lisos; músculos do coração; e músculos estriados ou esqueléticos. [...] Os músculos estriados estão sob o controle consciente e é através deles que o organismo realiza trabalhos externos (IIDA, 2011, p. 70).

Assim o estudo de musculatura é focado nestes músculos estriados.

Segundo Lida (2011), cerca de 40% dos músculos do corpo são estriados, somente 75 pares estão envolvidos na postura e movimentos globais do corpo. "Um músculo pode contrair-se até metade de seu comprimento normal. Em uma contração total, o trabalho do músculo será maior quanto maior foi seu comprimento" (GRANDJEAN, 1998). Os músculos estriados são assim chamados porque apresentam estrias, em sua visão microscópica. São formados de fibras longas e cilíndricas, com diâmetro entre 10 a 100 microns e comprimentos de até 30 cm. [...] Os sarcômeros são constituídos de dois tipos de filamentos de proteínas, chamado de miosina e outro mais delgado, que é actina. É a alternância desses filamentos

que produz a imagem de estrias, quando é vista em microscópio (IIDA, 2011). Sobre a contração muscular, Grandjean (1998) diz que a actina e miosina encontram-se na forma de filamentos, que podem deslizar um sobre o outro. Na contração os filamentos de actina se intercalam entre os filamentos de miosina o que provoca o encurtamento da fibra muscular. Para Lida (2011), os filamentos de actina simplesmente deslizam-se para dentro dos filamentos de miosina, como se fossem pequenos pistões, conforme Figura 1.

**FIGURA 1 - CONTRAÇÃO MUSCULAR**



Fonte: Grandjean, 1998, p. 14

"Cada fibra muscular contrai-se com uma determinada força e a força total do músculo é a soma da força das fibras envolvidas na contração" (GRANDJEAN, 1998, p. 14). "A potência máxima de um músculo situa-se entre 3 a 4 kg/cm<sup>2</sup> de sua seção" (IIDA, 2011, p. 71). Segundo Grandjean, a força de uma pessoa depende da seção transversal de seu músculo. Como mulheres possuem uma seção transversal muscular menor, portanto, uma mulher com o mesmo grau de condicionamento físico de um homem, tem 30% menos força máxima muscular.

"A geração ou não de energia cinética - movimento – serve para subdividir o trabalho muscular em trabalho muscular estático e trabalho muscular dinâmico" (VIEIRA, 2008). O trabalho dinâmico ocorre quando há contrações e relaxamentos alternado dos músculos, como nas tarefas de martelar, serrar, girar um volante ou caminhar, conforme mostra a Figura 2.

Esse movimento funciona como uma bomba hidráulica, ativando a circulação nos capilares, aumentando o volume do sangue circulando em até 20 vezes, em relação à situação normal de repouso (IIDA, 2011, p. 163). No trabalho estático, o

músculo não alonga seu comprimento e permanece, ao contrário, em estado de alta tensão, produzindo força durante longo período (GRANDJEAN, 1998, p.18).

**FIGURA 2 – ESQUEMÁTICO DO TRABALHO ESTÁTICO E DINÂMICO**



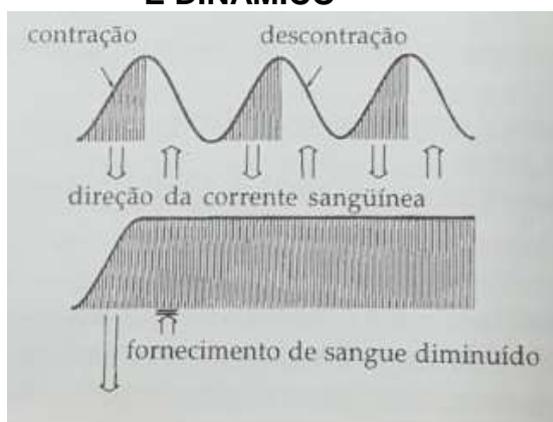
Fonte: Grandjean, 1998, p. 19

De acordo com Grandjean (1998), o trabalho estático e dinâmico se diferenciam na circulação sanguínea. No trabalho estático, os vasos são pressionados pela pressão interna, contra o tecido muscular, e por essa razão não flui mais sangue para o músculo.

Por isso, o músculo deixa de receber os nutrientes do sangue e precisa gastar as próprias reservas além de não ter os resíduos não retirados, que se acumulam e gera dor devida à fadiga do músculo e gera dor, o que obriga a interrupção da atividade.

Já na atividade dinâmica, o músculo age com uma motobomba sobre a circulação. A contração expulsa o sangue e o relaxamento seguinte influxa sangue renovado. Isso é apresentado na Figura 3. Com um grande afluxo de sangue, obtendo nutrientes e levando os resíduos embora o fluxo sanguíneo é aumentado entre dez e vinte vezes comparado a um músculo em repouso.

**FIGURA 3 - IRRIGAÇÃO SANGUÍNEA NO MÚSCULO NO TRABALHO ESTÁTICO E DINÂMICO**



Fonte: Grandjean, 1998, p. 19

Enquanto a pessoa executa uma tarefa, ela interage com o local e com as atividades que deve cumprir e, por consequência, é influenciada pelo meio. A pessoa está sujeita a diversas influências maléficas e/ou benéficas, cujas causas estão na tarefa de trabalho [...] as causas são chamadas de cargas (VIEIRA, 2008, p. 355). Ao realizar uma análise, todas as cargas da tarefa são consideradas.

A dor muscular é causada pela acumulação de subprodutos do metabolismo no interior dos músculos. Isso decorre das contrações musculares acima da capacidade circulatória em remover os subprodutos do metabolismo. Ocorre, sobretudo, nos trabalhos estáticos, porque eles prejudicam a circulação sanguínea nos vasos capilares... (IIDA, 2011, p. 163).

A cãibra pode ocorrer nas mãos e antebraço, quando a pessoa passa longo tempo digitando ou realizando outros tipos de tarefas repetitivas. Ela pode surgir também quando se passa muito tempo escrevendo com caneta ou lápis de má qualidade, que exijam muita pressão nos dedos (IIDA, 2011, p. 163).

De acordo com Vieira (2008, p. 372), a fadiga muscular é caracterizada pela diminuição da força muscular, o que leva a uma capacidade de rendimento reduzida, causada pelo desequilíbrio entre consumo energético e restituição de reservas. A fadiga também se caracteriza pela demora na execução de movimentos. Nenhuma postura ou movimento repetitivo deve ser mantido por um longo período. As posturas prolongadas e os movimentos repetitivos são muito fatigantes (DUL, 2004).

Traumas musculares são provocados pela incompatibilidade entre as exigências do trabalho e as capacidades físicas do trabalhador (IIDA, 2011, p. 164).

Uma das causas listadas pelo autor é o trauma por esforço excessivo, que ocorre durante a atividade física do trabalho, principalmente quando há cargas em excesso, sem a concessão das devidas pausas. Normalmente, provocam lesões como tendinites, tenossinovites, compressão nervosa e distúrbios lombares. Tais lesões por trauma repetitivo são conhecidas como DORT, distúrbio osteomoleculares relacionados ao trabalho, LCT, lesões por trauma cumulativo e LER, lesão por esforço repetitivo, onde DORT abrange LCT e LER.

"O fator mais importante no dimensionamento do espaço de trabalho é a postura" (IIDA, 2011, p. 143). Para lida (2011), postura é o estudo do posicionamento relativo no espaço de parte do corpo, como cabeça, tronco e membros. Uma boa postura proporciona um trabalho sem estresse e desconforto.

Existe um certo tipo de postura que pode ser considerado mais adequado para cada tipo de tarefa. Muitas vezes, projetos inadequados de máquinas, assentos ou bancadas de trabalho obrigam o trabalhador a usar postura inadequada. [...] O redesenho dos postos de trabalho para melhorar a postura promove a redução da fadiga, dores corporais, afastamentos do trabalho e doenças ocupacionais (IIDA, 2011, p. 165).

Segundo Dul (2004), a postura é determinada pela natureza da tarefa ou do posto de trabalho. Posturas prolongadas podem prejudicar os músculos e as articulações. Fazendo um estudo correto é possível encontrar a melhor maneira de se construir o posto de trabalho, prevenindo lesões.

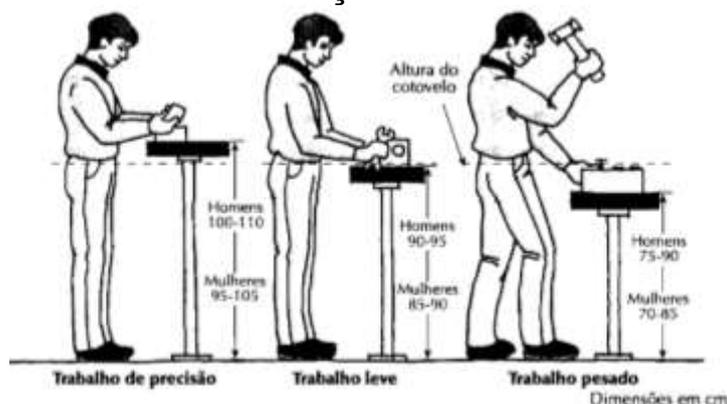
"Trabalhando ou em repouso, o corpo assume três posições básicas: as posições deitada, sentada e em pé" (IIDA, 2011, p. 165). Segundo o autor, a posição parada em pé, é a mais fatigante, pois exige muito trabalho estático nos músculos, para se manter na posição. O corpo fica oscilando, não totalmente estático o que exige reposicionamentos constantes, dificultando a realização de movimentos precisos.

No caso estudado a posição do trabalho é em pé.

Não se recomenda passar o dia todo na posição em pé, pois isso provoca fadiga nas costas e pernas. Um estresse adicional pode aparecer quando o tronco fica inclinado, provocando dores no pescoço e costas. Além disso, trabalhar com os braços para cima, sem apoio, provoca dores nos ombros (DUL, 2004, p. 19).

Para Grandjean (1998), "ficar em pé no local" exige um trabalho estático, para que as articulações dos pés, joelhos e quadris fiquem imóveis. A força exigida para manter a postura não é muito alta, mas é bastante cansativo e difícil, pois há um aumento considerável de pressão hidrostática do sangue nas pernas e um crescente acúmulo de líquidos tissulares nas extremidades dos membros inferiores, devido às condições adversas de retorno do sangue.

**FIGURA 4 – ALTURA RECOMENDADA PARA BANCADAS DE TRABALHO NA POSIÇÃO DE PÉ**

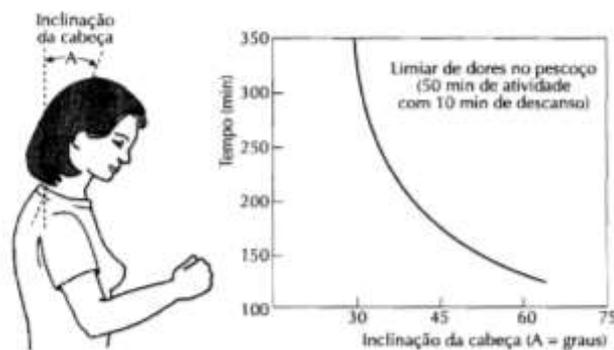


Fonte: lida, 2011, p. 147

Segundo Dul (2004), uma bancada que é usada por várias pessoas, deve ter sua altura variável em pelo menos 25 centímetros. Isto faz com que ela possa acomodar as diferenças de cada trabalhador. Também é recomendável quando se trabalha com peças que possuem alturas diferentes. A Figura 4 apresenta a altura recomendada para bancadas.

Para lida (2011), muitas vezes é preciso inclinar a cabeça para frente para se ter uma melhor visão da atividade que está sendo realizada. Isso ocorre em algumas situações como: o assento é muito alto, mesa é muito baixa, a cadeira está longe do trabalho e uso específicos como microscópio. Essa postura causa a rápida fadiga dos músculos do pescoço e ombros. A figura 5 apresenta um gráfico que relaciona a inclinação da cabeça com o tempo para o surgimento de dores no pescoço.

**FIGURA 5 – TEMPO MÉDIO PARA APARECIMENTO DE DORES NO PESCOÇO, CONFORME A INCLINAÇÃO DA CABEÇA**



Fonte: lida, 2011, p. 168

Conforme explica lida (2011), um sistema de análise de postura foi criado por pesquisadores finlandeses em 1977, o OWAS, *Ovako Working Posture Analysing System*. O Sistema de análise de postura de trabalho Ovako utiliza fotografias tiradas das principais posturas encontradas na indústria. Os pesquisadores encontraram 72 posturas típicas, sendo combinações de 4 posições de dorso, 3 de braços e 7 de pernas. A validade desta teoria se deu por avaliação feita por analistas treinados, sobre o mesmo trabalho, com 93% de concordância. As posturas são descritas por um código de seis números, respectivamente dorso, braços, pernas, carga e os dois últimos, o local em que a postura foi observada, conforme figura 6.

FIGURA 6 - SISTEMA OWAS

DORSO	 1 Reto	 2 Inclinado	 3 Reto e torcido	 4 Inclinado e torcido		
	BRAÇOS	 1 Dois braços para baixo	 2 Um braço para cima	 3 Dois braços para cima	ex: 2151 RF  DORSO inclinado 2 BRAÇOS Dois para baixo 1 PERNAS Uma perna ajoelhada 5 PESO Até 10 kg 1 LOCAL Remoção de refugos RF	
		PERNAS	 1 Duas pernas retas	 2 Uma perna reta		 3 Duas pernas flexionadas
			 4 Uma perna flexionada	 5 Uma perna ajoelhada		 6 Deslocamento com pernas
CARGA	 1 Carga ou força até 10 kg	 2 Carga ou força entre 10 kg e 20 kg	 3 Carga ou força acima de 20 kg	xy Código do local ou seção onde foi observado		

Fonte: Iida, 2011, p. 170

Iida (2011) diz que, um trabalhador mantém 86% das posturas comparando manhã e tarde. Ao analisar diferentes trabalhadores, exercendo a mesma função, realizam 69% de posturas parecidas. Neste método OWAS, foi desenvolvida uma avaliação de desconforto postural, usando um manequim para estudar as diferentes posturas. As avaliações foram divididas em quatro pontos, sendo os extremos: postura sem desconforto e sem efeito danoso à saúde; postura extremamente ruim provoca desconforto em pouco tempo e pode causar doenças. Utilizando as avaliações como base, foram classificadas as posturas em categorias:

- Classe 1 – postura normal, que dispensa cuidados, a não ser em casos excepcionais;

- Classe 2 – postura que deve ser verificada durante a próxima revisão rotineira dos métodos de trabalho;
- Classe 3 – postura que merece atenção a curto prazo;
- Classe 4 – postura que deve merecer atenção imediata.

As classes dependem da duração das posturas em porcentagem na jornada de trabalho ou das combinações das quatro partes, dorso, braços, pernas e carga. O quadro 1 apresenta a relação da porcentagem da duração máxima da jornada de trabalho com as partes do corpo ditadas pelo sistema OWAS. O quadro 2 mostra a classificação das posturas de acordo com as variáveis do sistema OWAS.

**QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS POSTURAS SISTEMA OWAS**

DURAÇÃO MÁXIMA (% da jornada de trabalho)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
<b>DORSO</b>	1. Dorso reto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2. Dorso inclinado	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3. Dorso reto e torcido	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	4. Inclinado e torcido	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
<b>BRAÇOS</b>	1. Dois braços para baixo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2. Um braço para cima	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3. Dois braços para cima	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
<b>PERNAS</b>	1. Duas pernas retas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	2. Uma perna reta	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	3. Duas pernas flexionadas	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	4. Uma perna flexionada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	5. Uma perna ajoelhada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6. Deslocamento com as pernas	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	7. Duas pernas suspensas	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

Fonte: lida, 2011, p. 171

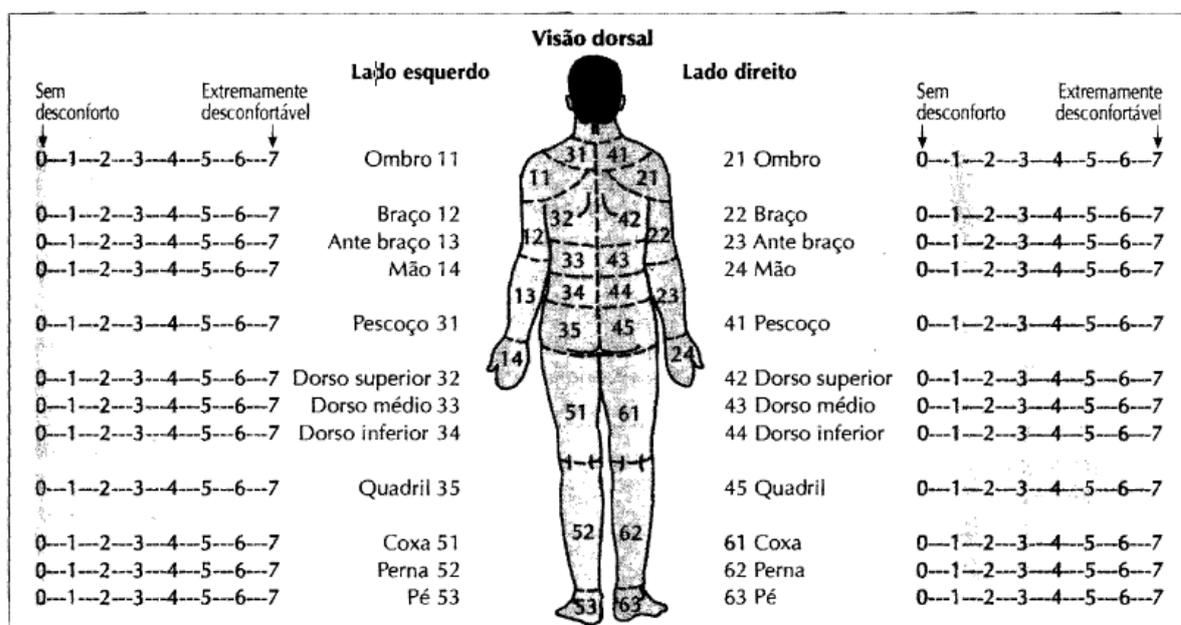
**QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DAS POSTURAS PELA COMBINAÇÃO DE VARIÁVEIS DO SISTEMA OWAS**

Dorso	Braço	1			2			3			4			5			6			7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4

Fonte: lida, 2011, p. 172

Segundo Lida (2011), o Diagrama das Áreas Doloridas foi sugerido por Corelett e Manenica, em 1980. O corpo humano foi separado em 24 partes, para auxiliar na descoberta das regiões doloridas do trabalhador. Com este diagrama, um analista do trabalho faz um questionário baseado na figura 7 ao término da jornada de trabalho, a fim de identificar as áreas em que sentem dor. Em seguida pede-se para o funcionário avaliar o grau de desconforto em cada segmento do apontado no diagrama. Este desconforto é classificado em oito níveis, com limites entre "sem desconforto" e "extremamente desconfortável".

**FIGURA 7 - DIAGRAMA DE ÁREAS DOLORIDAS**



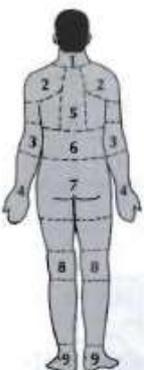
Fonte: Lida, 2011, p. 173

De acordo com Lida (2011), o diagrama é vantajoso, pois é de fácil entendimento, pode ser distribuído para os trabalhadores com simples instruções para que realizem o preenchimento. Isto serve para um mapeamento da empresa, auxiliando na identificação de máquinas, equipamentos e postos de trabalho com gravidade alta, maior que o 3º nível.

O Questionário Nórdico, apresentado na figura 8, mostrado por Lida (2011) apresenta um corpo humano, separado em nove partes, para que os funcionários o auto preencham, respondendo perguntas simples com "sim" e "não". Juntamente

com o questionário, é distribuída uma explicação do levantamento, bem como um bloco de identificação solicitando informações como: sexo, idade e lateralidade.

**FIGURA 8 - QUESTIONÁRIO NÓRDICO**

		<b>Questionário Nórdico dos sintomas músculo-esquelético</b>		
		Marque um (x) na resposta apropriada. Marque apenas um (x) para cada questão. <b>Não</b> , indica conforto, saúde — <b>Sim</b> , indica incômodos, desconfortos, dores nessa parte do corpo. <b>ATENÇÃO:</b> O desenho ao lado representa apenas uma posição aproximada das partes do corpo. Assinale a parte que mais se aproxima do seu problema		
<i>Partes do corpo com problemas</i>	<i>Você teve algum problema nos últimos 7 dias?</i>	<i>Você teve algum problema nos últimos 12 meses?</i>	<i>Você teve que deixar de trabalhar algum dia nos últimos 12 meses devido ao problema?</i>	
1 - Pescoço	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	
2 - Ombros	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim - ombro direito 3 <input type="checkbox"/> Sim - ombro esquerdo 4 <input type="checkbox"/> Sim - os dois ombros	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim - ombro direito 3 <input type="checkbox"/> Sim - ombro esquerdo 4 <input type="checkbox"/> Sim - os dois ombros	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	
3 - Cotovelos	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim - cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> Sim - cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> Sim - os dois cotovelos	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim - cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> Sim - cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> Sim - os dois cotovelos	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	
4 - Punhos e mãos	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim - punho/mão direita 3 <input type="checkbox"/> Sim - punho/mão esquerda 4 <input type="checkbox"/> Sim - os dois punho/mão	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim - punho/mão direita 3 <input type="checkbox"/> Sim - punho/mão esquerda 4 <input type="checkbox"/> Sim - os dois punho/mão		
5 - Coluna dorsal	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	
6 - Coluna lombar	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	
7 - Quadril ou coxas	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	
8 - Joelhos	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	
9 - Tornozelo ou pés	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não    2 <input type="checkbox"/> Sim	

Fonte: Iida, 2011, p. 173

O questionário é válido, sobretudo, quando se quer fazer um levantamento abrangente, rápido e de baixo custo. [...] Em relação aos sistemas OWAS e o Diagrama de Áreas Doloridas, tem a vantagem de maior simplicidade e estender o prazo de ocorrência dos problemas nos últimos 12 meses, enquanto os outros realizam 'fotografias instantâneas' (IIDA, 2011, p. 173 e 174).

Segundo o que fala Lida (2011), a Análise Ergonômica do Trabalho, a AET, foi criada por pesquisadores franceses e busca aplicar os conhecimentos da ergonomia para analisar, diagnosticar e corrigir uma situação de trabalho.

17.1.2. Para avaliar a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, cabe ao empregador realizar a análise ergonômica do trabalho, devendo a mesma abordar, no mínimo, as condições de trabalho, conforme estabelecido nesta Norma Regulamentadora (Norma Regulamentadora 17, p.1, 1990).

De acordo com Lida (2011), o método é dividido em cinco etapas, análise de demanda, análise de tarefa, análise de atividade, diagnóstico e recomendações. A análise de demanda consiste na descrição do problema ou situação, que justifica a necessidade de alguma atitude em relação à ergonomia. Esta etapa busca perceber a natureza e dimensão do problema, os envolvidos e definição de prazos e custos para surgimento da solução.

A análise de tarefa é a averiguação do planejamento do trabalho versus a realidade, notando as diferenças entre as partes. As razões podem ser diversas, como as condições das máquinas divergentes das previstas ou o seguimento ou não das regras por parte dos colaboradores. A análise de atividade foca-se no comportamento do trabalhador, na maneira em que ele realiza sua função. A atividade é influenciada de diversas maneiras, tanto intrínsecas ao trabalhador como suas características pessoais, tipo de formação e sua disposição momentânea ou extrínsecas como a empresa, equipamentos utilizados e o trabalho a ser realizado em si.

## 2.2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

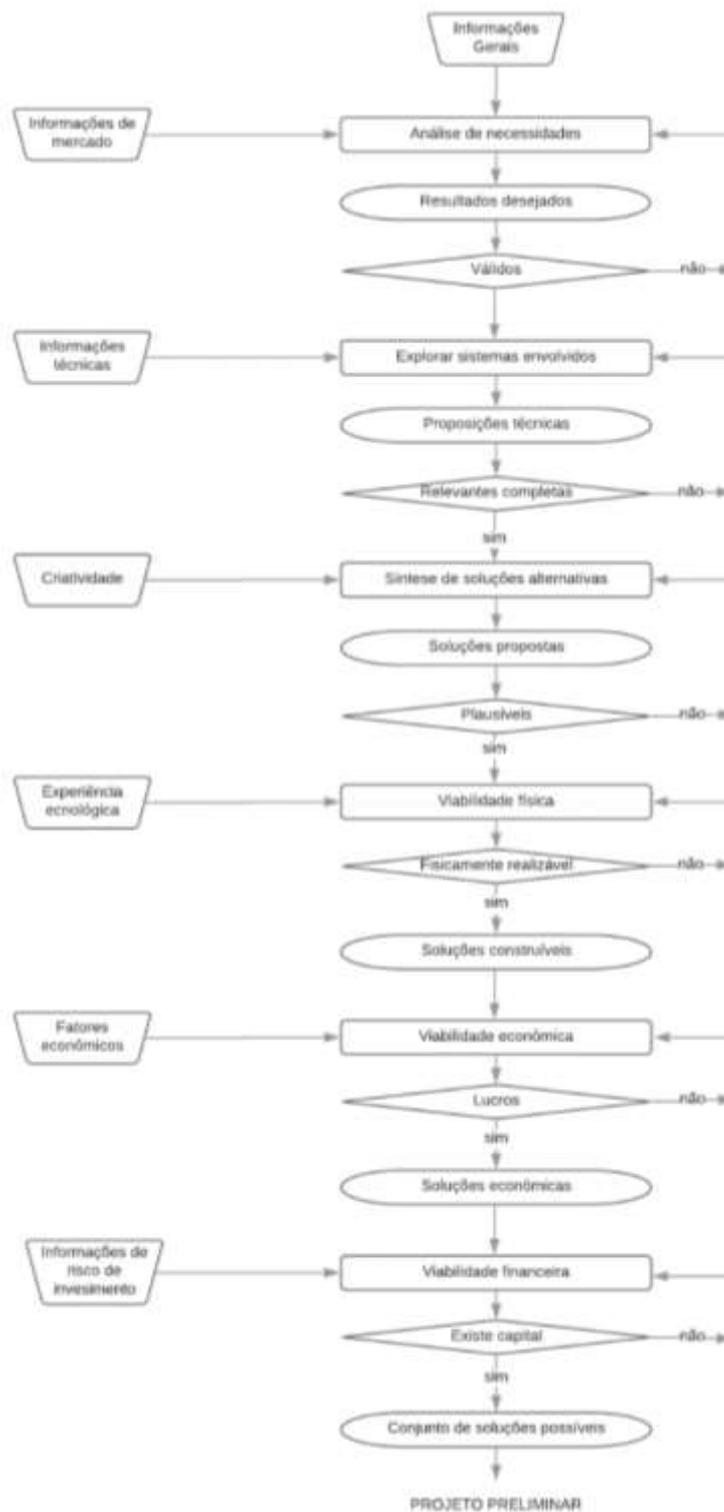
Para desenvolver a máquina que auxiliará a produção de tortas da confeitaria estudada, o presente trabalho se apoiará na metodologia de desenvolvimento de dois autores, Nelson Back e Henrique Rozenfeld. É importante ressaltar que os livros fornecem uma metodologia para grandes empresas, que possuem diversos setores e são capazes de montar times multifuncionais. Essa metodologia será adaptada para a equipe deste trabalho.

De acordo com o autor Nelson Back, há uma sequência que deve ser seguida para o andamento do projeto e que será apresentada nos tópicos a seguir.

### 2.2.1 O estudo da viabilidade – Fase I

"O projeto sempre deve começar com o estudo da viabilidade, tendo por objetivo a elaboração de um conjunto de soluções úteis para o mesmo" (BACK, 1983, p.15). A viabilidade leva em conta o mercado, o interesse que o produto deve gerar, possibilidade de produção e viabilidade econômica e financeira, conforme mostrado na figura 9.

FIGURA 9 - VIABILIDADE DO PROJETO



Fonte: Back, 1983, p. 11

De acordo com Back (1983), para que um projeto seja iniciado deve haver uma necessidade, deve-se explorar os problemas gerados pelas necessidades e

identificar seus elementos. Para isso, é necessário adquirir a maior quantidade possível de informações sobre o assunto e sobre as possíveis soluções, para que as decisões tomadas no futuro tenham embasamento e respaldo. A análise da demanda também deve ser feita, para justificar o dispêndio do novo produto. Após a identificação das necessidades, é feita a formulação do problema.

A tabela 1 ajudará a considerar os problemas do sistema para gerar as soluções. As saídas desejadas refletem os resultados de um produto, as saídas indesejadas o que não se quer do produto, entradas do meio ambiente são aquelas que irão influenciar o projeto e as saídas desejadas são aquelas necessárias para iniciar o projeto.

**TABELA 1 - ANÁLISE DE ATIVIDADES PARA FORMULAÇÃO**

	Entradas		Saídas	
	Desejadas	Meio ambiente	Desejadas	Indesejadas
Produção				
Distribuição				
Consumo ou operação				
Retiradas				

Fonte: Back, 1983, p. 30

De acordo com Back (1983), deve ser feita a avaliação das concepções de projeto para realizar um estudo da viabilidade econômica e, por consequência, satisfazer a necessidade do projeto. Além disso, o autor fala sobre os requisitos do projeto que devem envolver demanda função, aparência e custo do produto.

Os requisitos funcionais são os mais importantes e os primeiros a se levar em consideração. Há também os requisitos de operação, que levam em consideração o meio ambiente, a forma de operar e a pessoa que irá operar o projeto. Os produtos devem ser tecnicamente, esteticamente, ergonômica e economicamente satisfatórios (BACK, 1983, p. 90).

O autor também fala sobre a análise de valores e sobre as quatro categorias de fatores de valor: técnica, ergonômica, estética e econômica. Nessa análise, deve-

se entender o consumidor, para determinar o valor que pode ser cobrado pelo produto, levando em consideração quanto o consumidor está disposto a pagar. "A análise de valores tem por objetivo reduzir o custo do produto sem reduzir o seu valor" (BACK, 1983, p. 92).

O desdobramento de custo de um produto pode ser visto na figura 10, em que se têm os custos diretos, indiretos e o transporte.

**FIGURA 10 - DESDOBRAMENTO DE CUSTO DE UM PRODUTO**



Fonte: Back, 1983, p. 109

"Algo que precisa ser observado ao se montar o projeto é a sua relação com o homem. O projetista precisa moldar a máquina ao homem, e não tentar o inverso" (BACK, 1983, p. 120). Baseado em Back (1983), as informações ergonômicas são aplicadas para que os ambientes sejam preparados da melhor maneira possível para fornecer ao homem maior conforto, vantagem e segurança.

Ainda sobre a relação entre homem e máquina, é importante haver uma comunicação entre ambos. Há a informação visual e a não-visual, que têm por objetivo instruir o operador, dando-lhe segurança e proteção. "Dotar todos os

equipamentos e utensílios com um adequado grau de segurança é da responsabilidade do engenheiro projetista" (BACK, 1983, p. 143).

Sobre a aparência do produto, Back (1983) acredita que seus aspectos são a forma, detalhes do projeto, materiais, acabamentos, cores e qualidade. A forma variará de acordo com o que for requisitado funcionalmente. Os materiais e acabamentos também devem variar de acordo com os requisitos, levando em consideração resistência, praticidade e limpeza.

Por fim, de acordo com Back (1983), é preciso verificar a viabilidade física, econômica e financeira. A viabilidade física é a verificação dos elementos de apoio, se estes são viáveis. A viabilidade econômica verifica se o retorno do projeto compensará o investimento de recursos.

### 2.2.2 Projeto preliminar – Fase II

"O objetivo do projeto preliminar é estabelecer qual das alternativas propostas apresenta a melhor concepção para o projeto" (BACK, 1983, p. 16).

Para Back (1983), o projeto preliminar é formado por várias fases e a seleção da concepção mais promissora deve ser iniciada valorando-se as soluções alternativas. O primeiro passo é identificar as propriedades e definir quais serão os critérios que julgarão as possíveis soluções.

Para Back (1983), os critérios podem ser qualitativos ou quantitativos. Os quantitativos são aqueles que têm parâmetros definidos, enquanto os qualitativos são aqueles difíceis de quantificar e para cada critério é dado o valor de 0 a 4. O valor da função critério é obtido por meio do somatório da multiplicação do peso pelo valor de cada critério e, então, escolhe-se a que obtiver o maior valor.

No capítulo de verificação do projeto, o autor cita a necessidade de uma boa formulação do problema, para que se encontre a solução adequada. Essa verificação nada mais é que uma revisão e deve considerar uma grande gama de aspectos, levando em consideração o que foi requisitado pelo cliente, revisão do custo e possível lucro, além de analisar dados sobre o desempenho do produto.

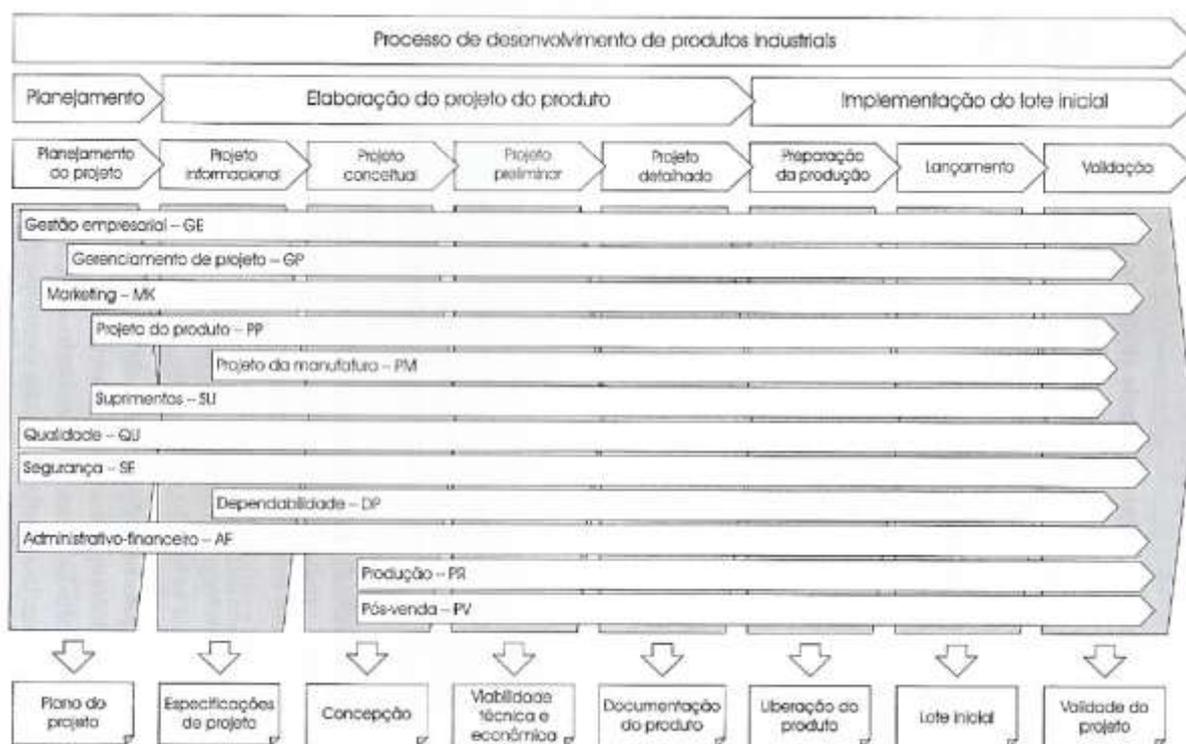
### 2.2.3 Projeto detalhado – Fase III

Quanto ao projeto detalhado, “Seu objetivo é fornecer as descrições de engenharia de um projeto frutífero e verificado” (BACK, 1983, p.16). Para o autor, essa é a etapa em que decisões finais devem ser tomadas para a concepção do produto. “Todos os componentes são sintetizados, testados e modificados de acordo com o requerido e a máquina ou sistema torna-se inteiramente desenvolvido, completamente detalhado e claramente descrito” (BACK, 1983, p.17).

Além disso, a máquina deve atender às normas regulamentadoras. “Normalização é o ramo da atividade que visa orientar a população de bens e serviços” (BACK, 1983, p.301). A normalização é importante no sentido de que gera segurança para operadores e uniformidade quanto às regras que os fabricantes devem seguir ao desenvolver os seus equipamentos.

Ainda baseado no autor Nelson Back, têm-se a figura 11, que mostra o seu modelo de processos de desenvolvimento.

**FIGURA 11 – MODELO PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**



Fonte: Back, 2008, p. 70

Suas fases serão apresentadas em tópicos a seguir.

## 2.2.4 Fase I – Planejamento do Projeto

A fase I, apresentada por Back (2008), traz a justificativa do projeto e identificação das etapas do projeto por meio da definição do escopo e da EDT. A tabela 2 auxilia o gerente do projeto a manter suas atividades em dia.

**TABELA 1 – ATIVIDADES PARA EXECUTAR O GERENCIAMENTO DO PROJETO**

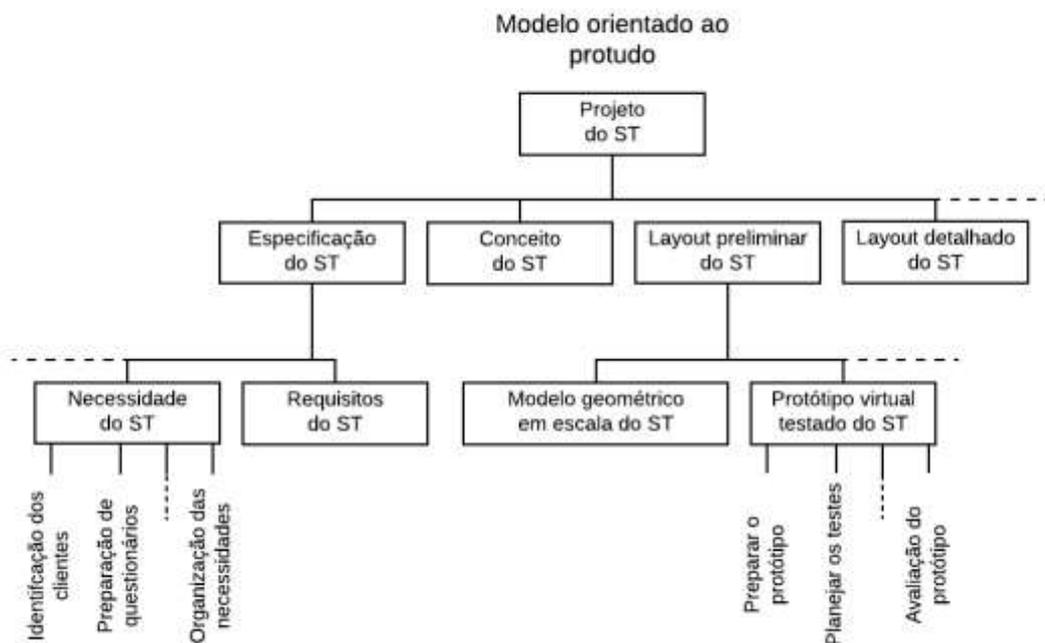
Processo	Atuação
Inicialização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstrar a viabilidade e necessidade do projeto</li> <li>• Obter a autorização para o projeto</li> <li>• Obter a autorização para a fase do projeto (primeiras ações)</li> </ul>
Planejamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descrever o escopo do projeto. Declaração de escopo, plano de gerenciamento de escopo e estrutura de desdobramento do trabalho (EDT)</li> <li>• Definir e seqüenciar as atividades de projeto</li> <li>• Estimar a duração das atividades e os recursos necessários</li> <li>• Desenvolver o cronograma de atividades (Gantt)</li> <li>• Estimar custos</li> <li>• Desenvolver o orçamento e a programação de desembolso</li> <li>• Criar um plano formal de qualidade</li> <li>• Criar um plano formal de comunicações</li> <li>• Criar e organizar a coordenação do projeto (<i>staff</i>) com a respectiva atribuição de responsabilidades (matriz de responsabilidades)</li> <li>• Identificar riscos e planejar como responder-lhes</li> <li>• Planejar a aquisição de recursos</li> <li>• Organizar o plano de projeto evidenciando todos os produtos (<i>deliverables</i>) com as tarefas em nível macro que precedem cada um</li> <li>• Obter uma aprovação formal do patrocinador para o plano de projeto</li> <li>• Retornar ao plano de projeto e replanejar sempre que necessário</li> </ul>
Execução	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar eventuais requisições de mudanças</li> <li>• Criar relatório periódico de progresso (PPP – Progresso, Próximos passos e Pontos de atenção)</li> <li>• Acompanhar o desempenho da equipe, assessorando, dirigindo e aprimorando, se necessário</li> <li>• Gerenciar contratos com o fim de obter os resultados desejados</li> </ul>
Controle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Providenciar a aceitação formal dos produtos (<i>deliverables</i>)</li> <li>• Tomar ações corretivas de retrabalho de produtos e de processos de trabalho</li> <li>• Manter plano de projeto e escopo atualizados</li> <li>• Coletar as lições aprendidas</li> <li>• Aprimorar a qualidade</li> <li>• Conferir e avaliar periodicamente os itens de conferência (lista de verificação)</li> </ul>
Encerramento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Providenciar o aceite formal por escrito da conclusão do projeto tanto do patrocinador quanto do contratante</li> <li>• Preparar os registros de projeto para arquivo</li> <li>• Montar um plano de acompanhamento e/ou entrega do resultado do trabalho</li> </ul>

Fonte: Back, 2008, p. 118

Para Back (2008), o escopo deve desdobrar o projeto em pequenas porções para que seja gerenciado de forma mais fácil. "A declaração do escopo consiste na documentação formal do projeto com itens como a justificativa do projeto, o produto do projeto, os principais resultados esperados e os objetivos do projeto." (BACK, 2008, p. 126)

A Estrutura de Desdobramento do Trabalho, citada na lista de atividades do gerente, é uma ferramenta de definição do escopo apresentada na figura 12.

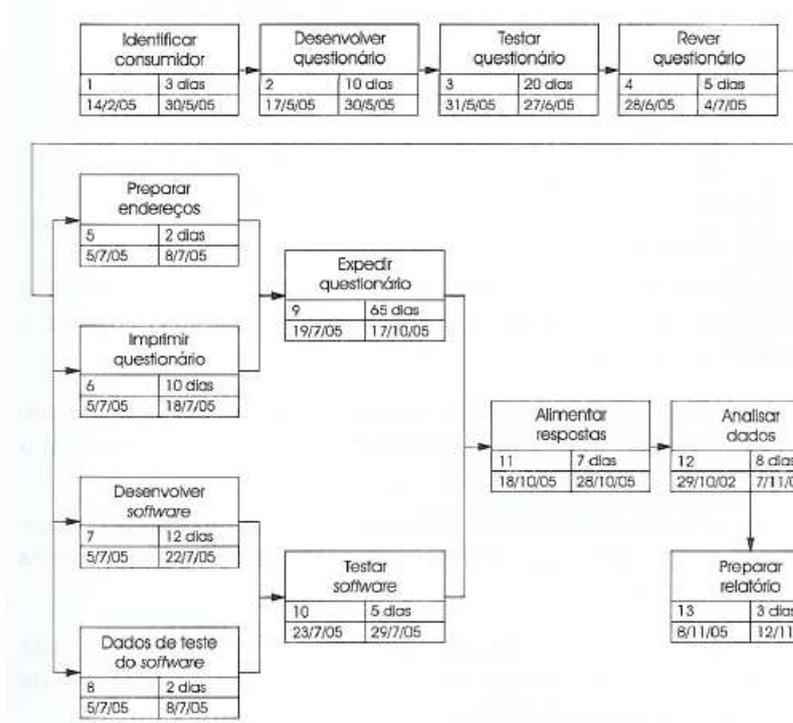
**FIGURA 12 – EXEMPLO DE DESDOBRAMENTO DE UMA EDT**



Fonte: Back, 2008, p. 130

Utilizando o que foi definido da EDT para conhecer o escopo, uma lista de atividades pode ser desenvolvida, como na figura 13, retirada do livro do Back (2008), para auxiliar o planejamento e atingir os resultados necessários.

**FIGURA 13 – EXEMPLO DE SEQUENCIAMENTO DE ATIVIDADES**



Fonte: Back, 2008, p. 135

A figura 13 mostra o sequenciamento de atividades em conjunto com o cronograma do projeto.

### 2.2.5 Fase II – Projeto informacional

O projeto informacional trará a definição das especificações de projeto do produto, levando em consideração as necessidades do cliente, para então definir os requisitos do projeto. "A ideia do produto representa uma síntese das características do produto estabelecidas sob diferentes perspectivas (BACK, 2008, p. 163).

A figura 14 demonstra a ideia do planejamento de um produto.

**FIGURA 14 - ESQUEMA DE ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO DO PRODUTO**

Fonte: Back, 2008, p. 169

As ideias dadas passam por uma triagem, levando em consideração especificações técnicas e econômicas. Essas ideias que foram aprovadas, podem seguir para a preparação de um projeto e chegar a compor um produto, desde que sejam aprovadas em todas as etapas.

A figura 15 auxilia a realização de um processo de desenvolvimento de um produto. "Aqui devem ser considerados os usuários envolvidos no uso do produto e no processo de produção do mesmo" (BACK, 2008, p.203).

**FIGURA 15 - PROCESSO PARA TRANSFORMAR AS NECESSIDADES DOS USUÁRIOS EM ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO**

Fonte: Back, 2008, p. 202

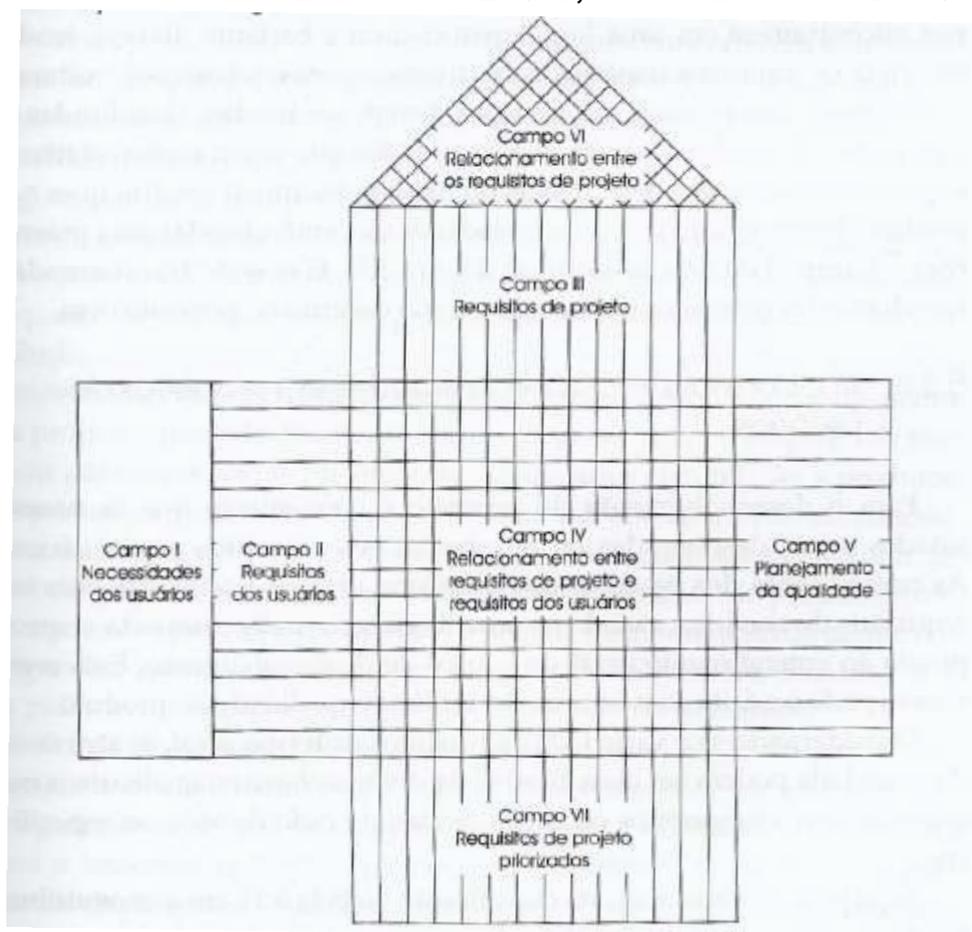
Para Back (2008), a primeira atividade que deve ser realizada para desenvolver o produto é realizar uma coleta das necessidades junto aos usuários

desse produto. Por meio dessas necessidades, é possível definir as especificações do projeto, que expressam o que o produto deverá ter e fazer. O desenvolvimento das especificações de projeto do produto necessita da apresentação do problema, definindo qual é o tipo do projeto, da definição do ciclo de vida do produto, da identificação dos usuários, levantamento das necessidades dos usuários, sendo que essas necessidades são transformadas em requisitos, valoração dos requisitos para definir a qualidade desejada, definição dos requisitos do projeto e sua priorização, e, por fim, conversão dos requisitos em especificações de projeto.

Um dos métodos citados pelo autor para encontrar as necessidades dos usuários e definir as especificações do projeto é o *Quality Function Deployment* (QFD), que "é fundamentado na preocupação de que os produtos devem ser projetados para refletir os desejos, gostos e expectativas dos usuários". (BACK, 2008, p.212)

Para Cheng (2007), a matriz QFD tem a capacidade de "ouvir, traduzir e transmitir, de forma priorizada, a voz do cliente para dentro da empresa". A primeira matriz do QFD é conhecida como "casa da qualidade" e está na figura 16. "A matriz da qualidade é a ferramenta utilizada para organizar e dispor, em informações de projeto, os dados obtidos do procedimento de tradução da voz do cliente." (CHENG, 2007)

**FIGURA 16 - PRIMEIRA MATRIZ QFD, CHAMADA CASA DA QUALIDADE**



Fonte: Back, 2008, p. 213

Em entrevista feita com o usuário, são encontradas as necessidades do cliente. Cheng (2007) acredita que “todo projeto terá sucesso se, somente se, o(s) cliente(s) ficar(em) satisfeito(s) com o produto desenvolvido.” Essas informações preenchem o campo I da matriz. As necessidades do usuário precisam ser transformadas nos requisitos do usuário, o que pode ser feito utilizando a tabela 3, e em seguida, são colocadas no campo II da casa da qualidade.

**TABELA 2 - ATRIBUTOS DE UM PRODUTO INDUSTRIAL**

<b>Classes de atributos</b>	<b>Atributos</b>	<b>Comentários</b>
Atributos básicos	Funcionalidade	Funções, operações, desempenho, eficiência
	Ergonimicidade	Ergonomia de uso
	Esteticidade	Aparência, estilo, cores
	Segurança	Princípios de segurança, proteção, atos inseguros
	Confiabilidade	Taxas de falhas, redundâncias
	Legabilidade	Atendimento às leis de segurança, comércio
	Patenteabilidade	Inovação passível de privilégio
	Normalização	Atendimento às normas internas, de transporte e de comércio
	Robustez	Pouco sensível aos fatores de meio ambiente
	Impacto ambiental	Atende a normas ambientais, poluição, conservação
Atributos de ciclo de vida	Fabricabilidade	Fácil, precisa e de baixo custo
	Montabilidade	Manutenção fácil e econômica
	Embalabilidade	Embalagem fácil, compacta, econômica e segura
	Transportabilidade	Adequado aos meios de transporte e manipulação
	Armazenabilidade	Conversação, ambientes, manipulação
	Vendabilidade	De fácil venda e exposição
	Usabilidade	Fácil operação, aprendizado
	Mantenabilidade	Manutenção fácil, rápida e segura
	Reciclabilidade	Produto, componente, resíduos recicláveis
	Descartabilidade	Descarte sem contaminação ou dano ao ambiente
Atributos específicos	Geometria	Forma, arranjo, dimensão, espaço
	Cinemática	Movimentos, direção, velocidade, aceleração
	Forças	Direção, magnitude, frequência, rigidez, peso
	Energia	Fontes, potência, rendimento, armazenamento
	Materiais	Prioridades físicas e químicas, contaminação
	Sinais	Entrada, saída, forma, apresentação, controle
	Automação	Manual, índice de automação
	Tempo	Tempo de desenvolvimento, data de entrega

Fonte: Back, 2008, p. 216

Então, encontra-se o peso da qualidade demandada, que preencherá o campo V. Esse peso pode ser preenchido colocando-se o grau de importância do projeto para o usuário e a meta de qualidade definida pela equipe que gerencia o projeto. "A escala do grau de importância a ser atribuído aos requisitos de projeto é de 1 a 5, que é registrado na primeira coluna do campo V." (BACK, 2008, p. 217)

O modelo de Kano mede a "relação que existe entre nível de satisfação do cliente e nível de desempenho do produto" (CHENG, 2007). Este modelo adequa-se para classificar o interesse do cliente com relação aos atributos do produto. Ainda de

acordo com Cheng (2007), os itens podem ser classificados em três grupos: itens de qualidade linear, em que a satisfação aumenta de acordo com o desempenho do produto; itens de qualidade óbvia, em que sua presença é necessária e sua ausência causa insatisfação; e, por fim, itens de qualidade atrativa, aquela em que sua presença surpreende o cliente, pois não é esperada.

A qualidade planejada do produto deve levar em consideração a visão do cliente e da empresa. A visão da empresa refere-se à uma comparação feita entre o seu próprio produto e o produto do concorrente. “Essas informações, quando coletadas com precisão junto aos clientes que representam o público-alvo, constituem uma base segura para a definição dos benefícios estratégicos e o conceito do produto.” (CHENG, 2007).

Para preencher o campo III, deverão ser definidos os requisitos do projeto. Esses requisitos serão definidos a partir dos requisitos do cliente, interpretados e traduzidos em uma linguagem técnica. A seguir, o campo IV será preenchido na parte central. É feita uma comparação entre os requisitos do cliente e os requisitos do projeto, cada intersecção receberá uma nota de acordo com a priorização desses requisitos. “Estes dados são muito importantes, pois mostra como as especificações do produto afetam a satisfação dos consumidores.” (CHENG, 2007)

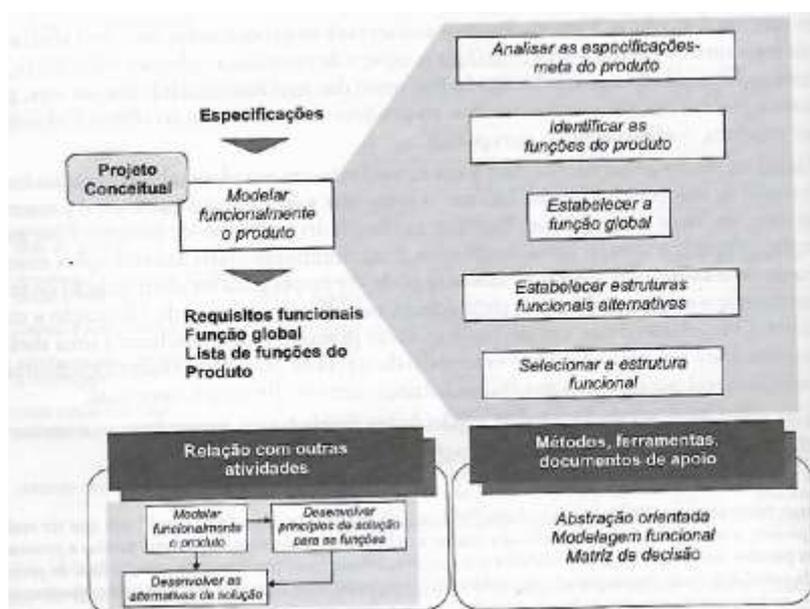
O telhado da casa da qualidade, que é o campo VI, é preenchido relacionando os requisitos de projeto entre si. Em seguida, o Campo VII é completado, mostrando a classificação das especificações. “A classificação dos requisitos leva em consideração os pesos dos requisitos dos usuários, registrados no campo V, e os valores dos relacionamentos entre os requisitos de usuários e os requisitos de projeto”. (BACK, 2008, p. 231). Dessa forma, é possível montar uma tabela que demonstre a importância de cada especificação do projeto.

Após definidas todas as especificações do produto, é possível montar uma estrutura com todas as especificações-meta do produto, o que seria um “conjunto de informações completas e sem ambiguidades, que será utilizado como base para o desenvolvimento das etapas posteriores do processo do projeto.” (ROZENFELD, 2006).

### 2.2.6 Fase III – Projeto conceitual

Nesta fase, o foco é o desenvolvimento da concepção do produto e como estabelecer a estrutura funcional do produto. “A etapa seguinte é a geração de soluções alternativas que atendam às especificações definidas.” (BACK, 2008). Para Rozenfeld (2006), esta é a etapa de criação de soluções que é direcionada pelas necessidades do projeto de produto. A figura 17 apresenta um modelo a ser seguido com um passo a passo do projeto conceitual.

**FIGURA 17 – TAREFAS DA ATIVIDADE "MODELAR FUNCIONALMENTE O PRODUTO"**



Fonte: Rozenfeld, 2006, p. 238

Um dos métodos que pode ser utilizado no processo de criação e seleção das soluções do problema do produto é a matriz morfológica. “O método da matriz morfológica consiste em uma pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros, com o objetivo de encontrar uma nova solução para o problema” (BACK, 2008). Outra definição dada por Rozenfeld (2006) é o “desdobramento de um problema complexo em partes mais simples, buscando soluções para as partes”.

A matriz morfológica pode ser montada de acordo com a tabela 4, em que as funções são exibidas do  $F_1$  ao  $F_n$  e as soluções do  $S_{11}$  ao  $S_{nm}$ .

**TABELA 3 – MATRIZ MORFOLÓGICA E A COMBINAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO**

		Princípios de soluções					
		1	2	...	J	...	m
Funções							
1	$F_1$	$S_{11}$	$S_{12}$		$S_{1j}$		$S_{1m}$
2	$F_2$	$S_{21}$	$S_{22}$		$S_{2j}$		$S_{2m}$
⋮		⋮	⋮		⋮		⋮
i	$F_i$	$S_{i1}$	$S_{i2}$		$S_{ij}$		$S_{im}$
⋮		⋮	⋮		⋮		⋮
n	$F_n$	$S_{n1}$	$S_{n2}$		$S_{nj}$		$S_{nm}$

Fonte: Rozenfeld, 2006, p. 250

A matriz pode ser construída em etapas. A primeira é definir “as funções que são essenciais para o produto. Essa lista não deverá ser muito longa, e possuir um nível apropriado de generalização” (ROZENFELD, 2006). A segunda etapa é definir os possíveis princípios de solução para cada função. “Neste passo, para cada item na primeira coluna buscam-se formas ou princípios de solução, de forma independente, sem se preocupar com as demais linhas da matriz” (BACK, 2008). Na última etapa, os princípios de solução são representados e combinações são feitas, montando princípios de solução.

Por fim, as concepções podem ser avaliadas, examinando-se de forma mais criteriosa as mais viáveis para selecionar a solução. Em seguida, o leiaute é definido e a concepção final é descrita.

Uma ferramenta que pode ser utilizada para decidir entre as soluções apresentadas pela matriz morfológica, caso a escolha não seja imediata, é o Método de Análise Hierárquica conhecido por AHP (Analytic Hierarchy Process). Esse é um dos métodos de análise de decisão multicritério, ferramentas que buscam auxiliar o decisor na avaliação de suas alternativas. “Nesse método, o problema de decisão é dividido em níveis hierárquicos, facilitando, assim, sua compreensão e avaliação” (GOMES, 2004).

A hierarquia de decisão é construída através da separação do problema, gerando subproblemas mais compreensíveis e que possuem análises independentes. Com a hierarquia definida, o responsável pela decisão avalia os diversos problemas, “cada decisor deve fazer uma comparação, par a par, de cada elemento em um nível hierárquico dado” (GOMES, 2004). Tais comparações são realizadas com dados concretos referente aos elementos em questão ou parecer sobre o significado relativo ou importância dos elementos discutidos.

Para realizar a comparação entre as alternativas, que devem ser homogêneas e não-redundantes, para não criar uma falsa resposta devido a uma supervalorização de algum critério, há uma escala criada por Saaty, inventor do método AHP. “A comparação par a par das alternativas é realizada utilizando uma escala própria, que varia de 1 até 9” (GOMES, 2004). No final, as prioridades de todos os elementos são sintetizadas para classificar as alternativas.

A análise pode ser dividida em duas fases, a estruturação e a avaliação. A estruturação consiste em hierarquizar o problema com relação às suas metas, critérios que traduzem os objetivos da decisão e as alternativas. Já a avaliação é relacionada ao peso dado para cada critério durante a comparação par a par, que influenciará na tomada de decisão e definirá a melhor solução.

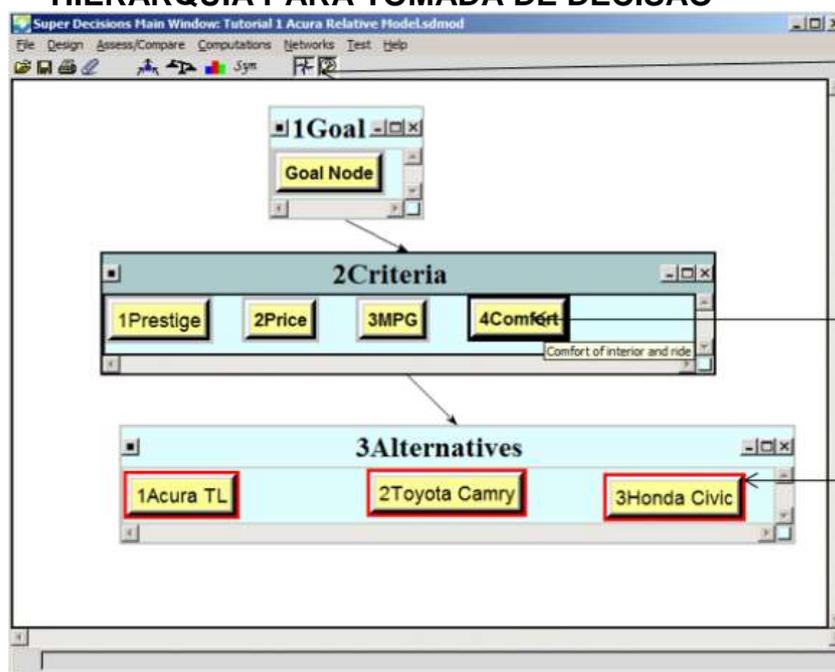
Para auxiliar a criação de decisão através do Método AHP, há um software chamado Super Decision<sup>4</sup>, capaz de implementar os métodos Analytic Hierarchical Process (AHP) e Analytic Network Process (ANP). O software permite implementar o método, de modo que as entradas sejam as opções de escolha, os critérios e subcritérios de decisão, bem como os valores de comparação, par a par. A saída

---

<sup>4</sup> Disponível em: <[https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww%2Fesuperdecisions%2Ecom%3A80%2Fsd\\_resources%2Fv28\\_tut01%2Epptx&wdSlideld=262&wdModeSwitchTime=1541360591820](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww%2Fesuperdecisions%2Ecom%3A80%2Fsd_resources%2Fv28_tut01%2Epptx&wdSlideld=262&wdModeSwitchTime=1541360591820)>. Acesso em 13/11/18.

será a melhor decisão, entre as apresentadas, para o caso específico. A figura 18 apresenta uma ilustração da tela do software Super Decisions, em que se têm uma decisão a ser tomada pelo melhor carro, tendo como critérios o prestígio, preço, consumo por galão de gasolina e o conforto. As alternativas são os carros Acura TL, Toyota Camry e o Honda Civic.

**FIGURA 18 – TELA DO SOFTWARE SUPERDECISIONS MOSTRANDO UMA HIERARQUIA PARA TOMADA DE DECISÃO**



Fonte: Tutorial do site do software Super Decisions<sup>5</sup>

Cada decisão será comparada par a par, dando notas de 1 a 9 para a melhor opção. O algoritmo do software realizará o método e definirá a melhor opção dentre as apresentadas, baseado nas notas dadas de comparação entre os critérios.

Outro conceito fundamental para o projeto conceitual do produto é o estudo da viabilidade econômica do projeto, bem como a análise de riscos. A proposta da avaliação de riscos é “tentar reduzir a incerteza, eliminar eventos não oportunos e melhorar a quantidade e a qualidade de alternativas de soluções” (ROZENFELD, 2006). Para reunir todos os riscos potenciais, deve-se trabalhar em cima dos dados

<sup>5</sup> Disponível em: <[https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww%2Fesuperdecisions%2Ecom%3A80%2Fsd\\_resources%2Fv28\\_tut01%2Epptx&wdSlidId=262&wdModeSwitchTime=1541360591820](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww%2Fesuperdecisions%2Ecom%3A80%2Fsd_resources%2Fv28_tut01%2Epptx&wdSlidId=262&wdModeSwitchTime=1541360591820)>. Acesso em 13/11/18.

do projeto, buscando diagnosticar esses possíveis riscos. Outra forma de arrecadar riscos para a avaliação é analisando as premissas do projeto, de acordo com Rozenfeld (2006), que estão presentes no escopo do projeto.

A primeira fase é realizar a coleta de riscos para analisá-los qualitativamente. “Essa análise utiliza procedimentos qualitativos para estimar a probabilidade de ocorrência dos riscos e a consequência ou impacto dessa ocorrência no projeto.” (ROZENFELD, 2006). Para Back (2008), é necessário realizar a análise de riscos em custos. Leva-se em consideração o desempenho fora do esperado, manutenção, problemas técnicos não previstos, mudança no preço da mão de obra e a inflação.

Quanto à viabilidade econômica, define-se que “uma solução economicamente viável é aquela em que o custo de produção é menor do que o preço de venda do produto” (BACK, 2008). Já para Rozenfeld (2006), “análise da viabilidade econômico-financeira significa estimar e analisar as perspectivas de desempenho financeiro do produto resultante do projeto”.

Além disso, deve-se levar em consideração o quanto o consumidor está disposto a pagar pelo equipamento, qual é o lucro desejado pela empresa e como é o nicho de mercado. A partir dessa avaliação, é possível definir um custo-meta, realizar a “elaboração de estimativas de custo. Custo de produto pela modelagem ou composição dos custos unitários dos recursos utilizados” (BACK, 2008).

## 2.3 NORMAS PARA O PROJETO

Os tópicos apresentados a seguir foram retirados de Normas Regulamentadoras ou legislações cabíveis para as definições das características necessárias do projeto.

### 2.3.1 Norma Regulamentadora 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

O tópico 10.3.1, Segurança em Projetos, aborda a obrigatoriedade de especificação de dispositivos de desligamento dos circuitos, que tenham mecanismo para impedir reenergização, para sinalizar a advertência com indicação da condição de operação. O projeto deve prever a instalação de dispositivo de seccionamento de

ação simultânea, permitindo o impedimento da reenergização do circuito, segundo o tópico 10.3.2. Deve ser considerado um espaço seguro, referente ao dimensionamento de localização dos componentes e influências externas, em função da operação de serviços de construção em manutenção, conforme o tópico 10.3.3. Para circuitos elétricos com finalidades diferentes, o Subtópico 10.3.3.1 afirma que devem ser identificados separadamente, exceto quando o desenvolvimento permitir que compartilhem o mesmo circuito. O 10.3.4 trata das configurações de aterramento do circuito.

10.3.5 Sempre que for tecnicamente viável e necessário, devem ser projetados dispositivos de seccionamento que incorporem recursos fixos de equipotencialização e aterramento do circuito seccionado.

Como tratado em 10.3.5, todos os projetos devem prever condições de aterramento temporário. Conforme diz o tópico 10.3.9, o memorial descritivo deve conter alguns itens de segurança, como especificações relativas à proteção contra choques elétricos, queimaduras e demais riscos. Indicação de posição dos dispositivos de manobra dos circuitos, (Verde - "D", desligado e Vermelho - "L", ligado), o projeto deve conter identificação dos circuitos elétricos e equipamentos, que devem ser aplicadas fisicamente nos componentes da instalação e que deve conter a descrição da compatibilidade dos dispositivos de proteção com a instalação elétrica.

No tópico 10.3.10, expressa a necessidade do projeto prover iluminação adequada e posição de trabalho segura, conforme a NR 17 – Ergonomia, que será tratada adiante. Na Seção 10.10, Sinalização de Segurança, trata-se da sinalização adequada de segurança para instalações e serviços elétricos, seguindo a NR 26 - Sinalização de Segurança.

## 2.3.2 Norma Regulamentadora 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos

Sobre o arranjo físico e instalações da máquina, o tópico 12.12 discorre sobre a necessidade de colocar trava em pelo menos dois rodízios da máquina.

No tema "instalações e dispositivos elétricos" da Norma, o tópico 12.14 pede obediência á NR 10 quanto à instalação elétrica da máquina para prevenir a

ocorrência de choques, explosões ou outro acidente ligado à própria instalação. O tópico 12.17 aborda a necessidade de condutores resistentes mecanicamente, além de que sejam posicionados de forma a não entrar em contato com partes que possam oferecer risco ao operador. No 12.19, as derivações do circuito elétrico devem estar de acordo com normas técnicas vigentes para garantir o contato adequado e evitar acidentes. 12.20.1 atenta para a necessidade de dispositivo protetor em caso de sobretensão. Por último, o tópico 12.21 fala sobre a proibição de chaves tipo faca no circuito, chave geral como acionamento de partida e parada e partes energizadas do circuito expostas.

Na parte de Dispositivos de partida, acionamento e parada, o tópico 12.24 cita o posicionamento dos dispositivos de partida, acionamento e parada fora de zonas perigosas, de modo que possam ser acionados por outra pessoa além do operador em caso de emergência, só possam ser acionados intencionalmente, sem adicionar riscos em potencial e sem a chance de serem burlados. No 12. 25 "Os comandos de partida ou acionamento das máquinas devem possuir dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem energizadas." (Norma Regulamentadora 12, 2011). O tópico 12.36 diz que os componentes de partida, parada e acionamento devem "operar em extra baixa tensão de até 25 V (vinte e cinco volts) em corrente alternada ou de até 60 V (sessenta volts) em corrente contínua" (Norma Regulamentadora 12, 2011) sem interferir no sistema de parada de emergência.

Sobre os sistemas de segurança, o tópico 12.39 diz que os sistemas de segurança devem estar de acordo com prévia análise de riscos e sem a possibilidade de serem burlados ou neutralizados, além de ser paralisado em caso de falhas. 12.40.1 diz que a parada só pode ser revertida após a neutralização do problema e que a máquina possa ser ligada em segurança. O tópico 12.41 define a proteção móvel como "geralmente ligada por elementos mecânicos à estrutura da máquina ou a um elemento fixo próximo, e deve se associar a dispositivos de intertravamento." (Norma Regulamentadora 12, 2011). No tópico 12.44 é dito que o dispositivo móvel deve estar associado a um dispositivo de intertravamento quando a abertura permite o acesso à zona do risco antes de eliminar o dito risco. De acordo com o tópico 12.46, a máquina só pode funcionar quando o dispositivo móvel estiver posicionado sobre a área de risco. No tópico 12.49 é dito que as proteções devem

proporcionar higiene e limpeza, além de resistir às condições do ambiente em que a máquina for colocada.

Dentro do tema Dispositivos de parada de emergência, o tópico 12.56 fala sobre a necessidade de se ter ao menos um dispositivo de parada de emergência, enquanto o 12.56.1 fala sobre a impossibilidade desse dispositivo funcionar também como dispositivo de acionamento ou partida. O tópico 12.57 alerta sobre a necessidade do dispositivo de parada estar desobstruído, além de visível e acessível para o operador ou outras pessoas. No tópico 12.58 fala-se sobre a necessidade do dispositivo de parada ser apenas uma medida auxiliar, prevalecer sobre outros comandos, agir o mais rápido possível ao realizar a parada sem que cause outros problemas, estar funcionando perfeitamente e suportar o funcionamento do resto do circuito, além de ter acionadores com atuação fácil para quem operar a máquina. Por fim, o tópico 12.63 diz que "A parada de emergência deve exigir rearme, ou reset manual, a ser realizado somente após a correção do evento que motivou o acionamento da parada de emergência." (Norma Regulamentadora 12, 2011)

Sobre o tema Componentes pressurizados, o tópico 12.78 fala sobre a necessidade de proteção de tubulações para evitar rupturas e vazamentos. O tópico seguinte da norma, 12.79, diz que deve haver uma identificação sobre a pressão máxima na mangueira utilizada. O tópico 12.80 fala sobre os sistemas pressurizados, explicitando a necessidade de nunca se exceder a pressão máxima de trabalho e prevenir a ocorrência de quedas de pressão que possam gerar acidentes. Finalmente, o tópico 12.84 considera que:

Para fins de aplicação desta Norma, consideram-se seguras, não suficientes para provocar danos à integridade física dos trabalhadores, a limitação da força das partes móveis até 150 N (cento e cinquenta Newtons), da pressão de contato até 50 N/cm<sup>2</sup> (cinquenta Newtons por centímetro quadrado) e da energia até 10 J (dez Joules), exceto nos casos em que haja previsão de outros valores em normas técnicas oficiais vigentes específicas. (Alterada pela Portaria MTB 252/2018).

### 2.3.3 Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia

A seção 17.3, Mobiliário dos postos de trabalho, estabelece que sempre que a função possa ser executada na posição sentada, o posto de trabalho precisa ser planejado nesta posição. O trabalho manual sentado ou em pé em bancadas,

escrivaninhas ou painéis deve oferecer boas condições de postura, visualização a tender aos requisitos de altura e características da superfície de trabalho compatível com a atividade a ser realizada, a distância dos olhos ao campo de trabalho e altura do assento. A área de trabalho também deve ser de fácil visualização e alcance do trabalhador. Por final estabelece que as características dimensionais devem possibilitar o posicionamento e movimentação adequados dos segmentos corporais do funcionário.

O item 17.3.5 estipula que para as atividades que precisam ser realizadas em pé devem ser colocados assentos para descanso, onde os trabalhadores possam utilizar em seus momentos de pausa. O tópico 17.4.1 traz que, "Todos os equipamentos que compõem um posto de trabalho devem estar adequados às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado."

Sobre as condições ambientais do trabalho, o item 17.5.1 afirma que as condições devem estar adequadas às características psicofisiológicas do trabalhador e a natureza da função a ser realizada. O item 17.5.3, estabelece que os locais de trabalho devem apresentar iluminação aquedada à natureza da atividade, seja essa iluminação natural, artificial, geral ou suplementar.

A parte de Organização do trabalho é tratada na seção 17.6, onde afirma-se que organização do trabalho deve estar adequada às características psicofisiológicas do trabalhador e a natureza da atividade a ser realizada.

#### 2.3.4 Legislação Sanitária e Código de Saúde do Paraná

Para adequar o projeto às legislações sanitárias e ao código de saúde do Paraná, à máquina deve atender à Resolução RDC n°216, de 15 de setembro de 2004, à Resolução RDC 275, de 21 de outubro de 2002, além do Código de Saúde do Paraná da Secretaria de Estado da Saúde.

##### 2.3.4.1 RDC n°216/04

A resolução discorre sobre as boas práticas de serviços relacionados a alimentos, com o objetivo de garantir as boas condições do alimento que é preparado. Sobre as boas práticas para o serviço de alimentação, é dito que o equipamento que entrar em contato com o alimento deve ser imparcial ao odor ou

sabor, além de não transmitir qualquer substância tóxica. Além disso, o material deve resistir a uma grande repetição de limpeza e desinfecção e ser resistente à corrosão. Outra especificação sobre a superfície é a necessidade de ser lisa e sem rugosidade, para evitar o acúmulo de sujeiras que possam dificultar a limpeza e higienização e contaminar a comida. O material deve ser, portanto, impermeável e lavável, sem frestas.

#### 2.3.4.2 RDC nº275/02

A resolução 275/02 é voltada para a indústria e fala sobre o estabelecimento de procedimentos operacionais e sobre a Verificação das Boas Práticas nos estabelecimentos que fabricam comidas. O objetivo é padronizar operações, para garantir ao consumidor final um alimento que tenha passado por condições higiênico-sanitárias adequadas, além de padronizar também a verificação do estabelecimento sobre a prática de fabricação.

O anexo II da RDC discorre sobre uma lista com itens a serem verificados no estabelecimento para avaliar as boas práticas de fabricação dos alimentos na indústria. O tópico 2 do anexo fala especificamente sobre os equipamentos da indústria e a quais requisitos ele deve obedecer, conforme a tabela 5.

**TABELA 4 - TABELA PARA VERIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS**

B - AVALIAÇÃO		SIM	NÃO	NA(*)
<b>2. EQUIPAMENTOS, MÓVEIS E UTENSÍLIOS</b>				
<b>2.1. EQUIPAMENTOS:</b>				
2.1.1.	Equipamentos da linha de produção com desenho e número adequado ao ramo.			
2.1.2	Dispostos de forma a permitir fácil acesso e higienização adequada.			
2.1.3	Superfícies em contato com alimentos lisas, íntegras, impermeáveis, resistentes à corrosão, de fácil higienização e de material não contaminante.			
2.1.4	Em adequado estado de conservação e funcionamento.			
2.1.5	Equipamentos de conservação dos alimentos (refrigeradores, congeladores, câmaras frigoríficas e outros), bem como os destinados ao processamento térmico, com medidor de temperatura localizado em local apropriado e em adequado funcionamento.			
2.1.6	Existência de planilhas de registro da temperatura, conservadas durante período adequado.			
2.1.7	Existência de registros que comprovem que os equipamentos e maquinários passam por manutenção preventiva.			
2.1.8	Existência de registros que comprovem a calibração dos instrumentos e equipamentos de medição ou comprovante da execução do serviço quando a calibração for realizada por empresas terceirizadas.			

Fonte: Resolução De Diretoria Colegiada, 2002, p. 16

#### 2.3.4.3 Código de Saúde do Paraná

O Código de Saúde do Paraná dispõe sobre a fiscalização e a regulamentação, entre outros, dos serviços de saúde do Estado. O código de saúde do Paraná cita a parte de saúde ocupacional, que também é fiscalizado pela Vigilância Sanitária. O Artigo 126 fala sobre a necessidade de existir medidas de prevenção em equipamentos, seus dispositivos de parada, suas partes móveis e no momento de limpeza e possíveis reparos. No Artigo 127 o que se diz sobre os dispositivos de acionamento e parada é similar ao que consta na NR 12, sobre o dispositivo estar localizado fora de zona perigosa, seja acessível a outras pessoas além do operador em caso de emergência, seja impossível de ser acionado acidentalmente e não acarrete risco adicional.

Sobre as partes móveis do equipamento, o Artigo 128 fala sobre a necessidade de que todas essas partes estejam enclausuradas ou isoladas, sem oferecer riscos ao operador. Partes móveis podem ser consideradas como tudo que se movimenta na máquina e que possa causar danos à saúde do trabalhador.

Com relação ao equipamento propriamente da área de alimentos, o Código de Saúde do Paraná cita apenas isso:

XVI. equipamentos, móveis e utensílios em número suficiente e com modelos adequados ao ramo de atividade, dotados de superfícies de contato com o alimento lisas, íntegras, laváveis, impermeáveis, resistentes a corrosão, de fácil desinfecção e de material não contaminante (2001, p.151).

As superfícies dos equipamentos devem estar sempre limpas para entrar em contato com os alimentos, bem como devem ser de material que não os contamine.

#### 2.4 SOFTWARES FLUIDSIM, SOMACHINE BASIC E SOLIDWORKS

O software Fluidsim foi criado por uma empresa chamada Festo. A Festo é uma multinacional alemã, especializada em “desenvolvimento de novos produtos e processos para soluções em automação industrial” (FESTO, 2018)<sup>6</sup>. A Festo trabalha em várias áreas da automação industrial, entre elas, desenvolveu o software Fluidsim para desenvolvimento de circuitos.

O software Fluidsim permite trabalhar com circuitos de pneumática e hidráulica. Há uma biblioteca com símbolos de pneumática, hidráulica, blocos lógicos e diagrama ladder. Após realizar a montagem do circuito com os símbolos disponíveis, é possível testar o circuito e simular o seu funcionamento, em que cada linha energizada e pressurizada se destaca, para que se possa entender o funcionamento do circuito. “As grandezas como pressão, vazão, velocidade, etc. podem ser monitoradas em cada ponto do circuito criado, a fim de um melhor dimensionamento” (FESTO, 2018).

SoMachine Basic é um software desenvolvido e distribuído pela empresa Schneider Electric, capaz de programar os equipamentos da marca. Com ele, é possível integrar a máquina como um todo, desenvolvendo programas e

---

<sup>6</sup> Disponível em: <[https://www.festo.com/cms/pt-br\\_br/140.htm](https://www.festo.com/cms/pt-br_br/140.htm)>. Acesso em 13/11/18.

configurando o funcionamento de acordo a necessidade do cliente. De acordo com a Schneider, é “exclusivo para desenvolvimento, configuração e comissionamento de toda a máquina em um único ambiente de software, incluindo funções de lógica, controle de movimento, IHM e automação de rede relacionada”<sup>7</sup>.

SolidWorks é um software criado para desenvolver desenhos de projetos em 3D. Nele, é possível desenvolver um projeto e disponibilizá-lo na nuvem, em que clientes e fornecedores tenham acesso e possam opinar e ajudar no desenvolvimento. “É uma ferramenta de projeto de conceito para gerar rapidamente vários conceitos de projeto industrial com ferramentas exclusivas para criação, manipulação e modificação” (SOLIDWORKS, 2018)<sup>8</sup>.

## 2.5 AUTOMATIZAÇÃO E AUTOMAÇÃO

De acordo com Santos, a automatização “está indissolúvelmente ligada à sugestão de movimento automático, repetitivo, mecânico e é sinônimo de mecanização, portanto reproduz ação”. Já a automação pode ser definida como “um sistema de controle pelo qual os mecanismos verificam a sua própria operação, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade de intervenção do homem” (ROGGIA, 2016, p. 15).

A automação pode ser usada para

aumento da produtividade, redução dos custos do trabalho, minimização dos efeitos da falta de mão de obra qualificada, redução ou eliminação das atividades manuais rotineiras, aumento da segurança do trabalhador, melhoria na uniformidade do produto, realização de processos que não podem ser executados manualmente (ROGGIA, 2016, p. 20).

Para Moraes (2007), a automação é mais do que um artifício para redução de custos, sendo importante para o aumento da qualidade do produto e flexibilização de modelos, bem como para o aumento da segurança. A automação se apresenta como uma boa solução para expansão através da utilização de recursos simples, “nesse contexto, são de extraordinária importância os controladores lógicos

---

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://www.schneider-electric.com/en/product-range-presentation/2226-ecostruxure%E2%84%A2-machine-expert/#tabs-top>>. Acesso em 13/11/18.

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://www.solidworks.com/pt-br/category/3d-cad>>. Acesso em 10/11/18.

programáveis (CLPs), que tornam a automação industrial uma realidade onipresente” (MORAES, 2007, p. 12).

O CLP é definido por Moraes (2007) como “um dispositivo digital que controla máquinas e processos”. Para Roggia (2016), a definição pode ser dada por “aparelho eletrônico digital que pode ser programado através de uma linguagem de programação de maneira a executar funções [...]”. Ou seja, o CLP pode ser programado de acordo com as ações que se deseja que o sistema automatizado realize.

A programação do CLP pode ser feita em várias linguagens. “O CLP, em função do programa gravado em sua memória pelo usuário, atua no sistema por meio de suas saídas” (ROGGIA, 2016, p. 82). Dessa forma, o CLP atuará no sistema de acordo com a programação, que é feita para executar as atividades necessárias pela máquina.

### 3 DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE PRODUTO

No desenvolvimento de projeto de produto são usados os conhecimentos fornecidos no capítulo 2 com o objetivo de estabelecer o projeto ideal para a situação do cliente.

#### 3.1 ANÁLISE ERGONÔMICA

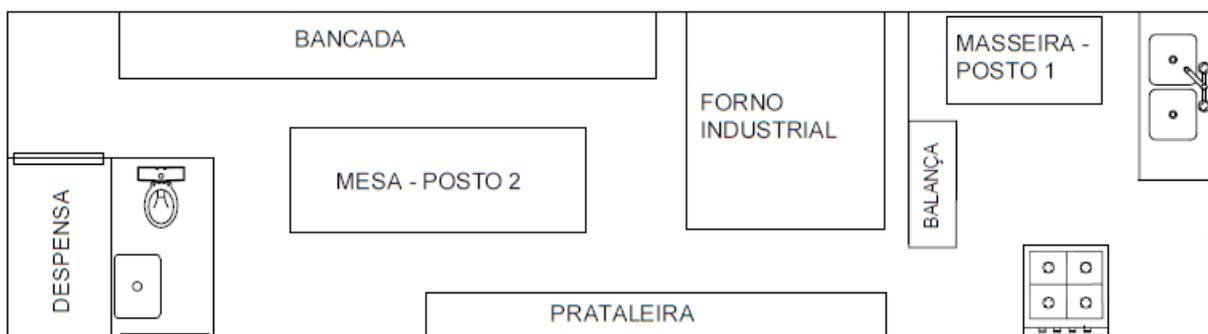
Na análise ergonômica, as atividades laborais são verificadas nos postos de trabalho são verificados, complementando entrevista com colaboradores, com a finalidade de levantar todas as informações possíveis sobre o trabalho desenvolvido.

##### 3.1.1 Ciclo de produção

Antes de iniciar a identificação dos postos de trabalho, é especificado o local de trabalho do confeitiro na empresa avaliada:

- Mesa para produção;
- Pia;
- Máquinas (misseira e máquina de apertar a massa);
- Depósito de matéria-prima;
- Área para armazenar produto finalizado (prateleiras, geladeiras e freezers);
- Disposição de outras máquinas necessárias (batedeiras, balanças, liquidificadores, fornos).

A figura 19 mostra o layout da confeitaria.

**FIGURA 19 – LAYOUT DA CONFEITARIA**

Fonte: os autores

A proposta do trabalho é automatizar duas atividades, executadas manualmente:

No Posto 1, a funcionária deve utilizar uma máquina manual que molda a massa dentro da forma, com o intuito de espalhá-la mais rapidamente, conforme mostra a figura 20.

**FIGURA 20 – MÁQUINA MANUAL DE MODELAGEM DE TORTA**

Fonte: os autores

A fôrma deve ser posicionada abaixo do pistão com o formato da casquinha da torta e a funcionária deve abaixar a alavanca, conforme figura 21, fazendo força com os braços e se inclinando para baixo, com o objetivo de espalhar a massa. A

alavanca é levantada novamente e a forma retirada, tendo como resultado a figura 22-A.

### FIGURA 21 - OPERAÇÃO DA MÁQUINA



Fonte: os autores

### FIGURA 22 – A, B E C – MODELAGEM MANUAL DE TORTA ANTES DA INTERVENÇÃO HUMANA



Fonte: os autores

No Posto 2, após a fôrma ter sido retirada, ela é levada para a mesa e um sulco deve ser formado na parte inferior da forma, como é feito na figura 22-B, pois enquanto a massa está no forno, ela derrete e escorre pelas laterais da forma. Esse sulco é então preenchido pela massa que escorreu e a casquinha fica com o formato correto quando endurece e termina de assar. Esse sulco é formado por meio de movimentos repetitivos feitos com os dedos. O resultado final é apresentado na figura 22-C.

Além disso, como a massa é muito rígida, a máquina manual do posto 1 não é capaz de espalhar toda a massa. Correções precisam ser feitas e a parte inferior precisa ser amassada novamente. A figura 23-A mostra a correção de altura sendo feita.

**FIGURA 23 – A E B – TORTA APÓS MODELAGEM MANUAL**



Fonte: os autores

Depois, a massa que está no fundo é furada com o auxílio de um garfo. Enfim, ela é enviada para o posto 3, para ser assada. O resultado final é mostrado na figura 23-B.

Antes de iniciar as tarefas, a funcionária precisa preparar a massa com o auxílio de outra máquina chamada masseira. Existem vários tipos diferentes de casquinhas que precisam ser feitos, que são pesados antes de serem colocados dentro da forma e levados para o posto 1. As casquinhas para torta de limão e maracujá precisam ser pesadas na balança e ter em torno de 360 gramas, além de necessitarem de sulcos na parte inferior, como é descrito nas tarefas do posto 2, pois são assadas antes de receber o recheio.

Massas para torta de requeijão e coco pesam 280 gramas e não precisam de sulco pois são assadas com o recheio já dentro da forma. O mesmo acontece para a torta de banana, cuja massa pesa 300 gramas. Há outros tamanhos de massas, com formas médias e pequenas, porém esses tamanhos não podem ser feitos com o auxílio da máquina manual, pois ela só atende a formas grandes.

A máquina que conforma a massa (posto 1) fica posicionada longe da mesa do posto 2. Além disso, a mesa é muito baixa e faz a funcionária ficar com o dorso inclinado.

### 3.1.2 Principais Posturas Encontradas

De acordo com a imagem de posturas OWAS, apresentada no capítulo 2, as principais posturas encontradas são:

**TABELA 5 – POSTURAS NO POSTO 1**

Local	Situação	Pontuação
Dorso	Inclinado	2
Braços	Dois braços para baixo	1
Pernas	Duas pernas flexionadas	3
Cargas	Força acima de 20 kg	3
Local	Posto 1	-

A pontuação acima foi observada no Posto 1.

**TABELA 6 - POSTURAS NO POSTO 2**

Local	Situação	Pontuação
Dorso	Inclinado	2
Braços	Dois braços para baixo	1
Pernas	Duas pernas retas	1
Cargas	Força até 10 kg	1
Local	Posto 2	-

A pontuação acima foi observada no Posto 2.

Esses dados foram obtidos a partir de observações dos Postos 1 e 2 durante três semanas seguidas. As tarefas são realizadas toda terça e quinta-feira.

A funcionária respondeu o questionário Nórdico ao final do seu turno, mostrando as áreas doloridas, conforme a figura 24. Observa-se dores nos ombros, punhos e mãos, coluna lombar, quadril ou coxas e tornozelos ou pés.

**FIGURA 24 – RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO NÓRDICO PELA FUNCIONÁRIA**

		<b>Questionário Nórdico dos sintomas músculo-esquelético</b>		
		Marque um (x) na resposta apropriada. Marque apenas um (x) para cada questão. Não, indica conforto, saúde — Sim, indica incômodos, desconfortos, dores nessa parte do corpo.		
		<b>ATENÇÃO:</b> O desenho ao lado representa apenas uma posição aproximada das partes do corpo. Assinale a parte que mais se aproxima do seu problema		
Partes do corpo com problemas	Você teve algum problema nos últimos 7 dias?	Você teve algum problema nos últimos 12 meses?	Você teve que deixar de trabalhar algum dia nos últimos 12 meses devido ao problema?	
1 - Pescoço	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	
2 - Ombros	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim - ombro direito 3 <input type="checkbox"/> Sim - ombro esquerdo 4 <input checked="" type="checkbox"/> Sim - os dois ombros	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim - ombro direito 3 <input type="checkbox"/> Sim - ombro esquerdo 4 <input checked="" type="checkbox"/> Sim - os dois ombros	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	
3 - Cotovelos	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim - cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> Sim - cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> Sim - os dois cotovelos	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim - cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> Sim - cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> Sim - os dois cotovelos	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	
4 - Punhos e mãos	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim - punho/mão direita 3 <input type="checkbox"/> Sim - punho/mão esquerda 4 <input checked="" type="checkbox"/> Sim - os dois punho/mão	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim - punho/mão direita 3 <input type="checkbox"/> Sim - punho/mão esquerda 4 <input checked="" type="checkbox"/> Sim - os dois punho/mão		
5 - Coluna dorsal	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	
6 - Coluna lombar	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input checked="" type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input checked="" type="checkbox"/> Sim	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	
7 - Quadril ou coxas	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input checked="" type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input checked="" type="checkbox"/> Sim	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	
8 - Joelhos	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	
9 - Tornozelo ou pés	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input checked="" type="checkbox"/> Sim	1 <input type="checkbox"/> Não 2 <input checked="" type="checkbox"/> Sim	1 <input checked="" type="checkbox"/> Não 2 <input type="checkbox"/> Sim	

Fonte: os autores

Dessa forma, observando as posturas encontradas nos postos e as respostas dadas pela funcionária no questionário nórdico, pode-se evidenciar as dificuldades encontradas no trabalho desenvolvido na confeitaria com relação a ergonomia dos postos.

### 3.2 FASE 1 – PLANEJAMENTO DO PROJETO

O planejamento do projeto será desenvolvido nas próximas etapas.

#### 3.2.1 Justificativa do projeto e características do produto

O projeto tem por finalidade o desenvolvimento de uma máquina auxiliar para a produção de tortas, de modo a modelar a massa crua da torta na forma,

como explicado no tópico 1.2, presente no capítulo 1. Além disso, a justificativa é baseada no que foi apresentado no tópico 3.1, de forma a evitar uma possível doença ocupacional na funcionária da confeitaria em questão.

Outra atividade inicial do projeto é o estudo da viabilidade. No caso, o projeto será desenvolvido para um cliente em particular. O interesse em torno dele está no fato de resolver o problema de ergonomia que já existe na confeitaria, dessa forma, o interesse no projeto é grande para o cliente solicitante. Sabe-se que há a possibilidade de produção, uma vez que há uma versão manual, portanto, é possível desenvolver um projeto automatizado que realize o mesmo trabalho. A viabilidade econômica do projeto só poderá ser feita depois de definidas mais etapas e componentes do projeto.

Back (1983) fala sobre a necessidade de identificar os problemas e defini-los. As tarefas para se chegar ao formato ideal da massa já foram identificadas no tópico 3.1, assim como o problema ergonômico decorrente dessas tarefas. Portanto, a necessidade da máquina já está exposta. O problema pode ser descrito como a impossibilidade de a máquina manual entregar a massa de torta no formato ideal para ir ao forno, obrigando a operadora a realizar movimentos repetitivos e movimentos pesados numa situação de retrabalho, trazendo prejuízos para a saúde do operador e para a confeitaria de modo geral, devido à necessidade de modelar a massa duas vezes, uma pela máquina e outra pela funcionária.

Tanto os problemas quanto as soluções podem ser mais bem visualizados por meio da Tabela 8.

**TABELA 7 – ENTRADAS E SAÍDAS DO SISTEMA**

	Entradas		Saídas	
	Desejadas	Meio ambiente	Desejadas	Indesejadas
Produção	Processo de fabricação ideal	Fabricação em máquina simples	Produto padronizado e atendendo às especificações	Falhas técnicas e problemas ergonômicos
Distribuição	Fácil instalação e manutenção	-	Leve	-
Consumo ou operação	Operar de forma segura	Uso em ambientes comuns	Máximo retorno do investimento, operação segura e garantida	Falha do equipamento, insatisfação do comprador
Retiradas	Durável com bom valor de revenda	Mercado para produtos ou equipamentos usados	Eficiente reuso de equipamento	Extrema dificuldade para desfazer-se, dano temporário ou permanente para o meio ambiente

Fonte: Tabela 1 preenchida pelos autores

### 3.2.2 Escopo do Projeto

De acordo com Back (2008), o escopo do projeto deve apresentar uma justificativa, qual será o produto do projeto, os resultados esperados e objetivos. Nessa fase inicial, o escopo será simples e pouco abrangente. Na próxima fase, os requisitos do cliente, do projeto e maiores especificações serão abordadas. Com tudo o que foi discutido até então, montou-se o escopo apresentado na figura 25.

**FIGURA 25 – ESCOPO DO PROJETO**

Fonte: os autores com base na Figura 12

### 3.3 FASE 2 – PROJETO INFORMACIONAL

Seguindo as diretrizes dos autores Back e Rozenfeld, a etapa seguinte de desenvolvimento de projeto de produto é o projeto informacional, apresentado nos próximos tópicos.

#### 3.3.1 Necessidades do cliente, requisitos do projeto, definição das especificações de projeto do produto

Os requisitos do cliente para a máquina são:

- Ser aprovada pela vigilância sanitária;
- Ser de fácil limpeza;
- Sem reentrâncias no molde para não acumular sujeira;
- De preferência, de material que não oxide;
- Garras que segurem a forma, de modo que ela não suba junto com o pistão, conforme figura 26, e o operador precise soltá-la (operadora tem calos nas mãos por realizar esse processo atualmente).

**FIGURA 26 – MASSA MODELADA ADERIDA À MÁQUINA**



Fonte: os autores

- Existência de matrizes com furadores e sem furadores (a primeira é necessária para casquinhas assadas antes de receber o recheio, a segunda

é necessária para que o recheio não queime ao assar junto com a casquinha);

- Ser segura para a funcionária que utilizar a máquina;
- A torta esteja pronta para entrar no forno sem a necessidade de intervenção humana na modelagem da massa;
- Baixo custo final;
- Máquina de fácil entendimento, pois o operador pode ter baixa escolaridade;
- Fácil movimentação da máquina para limpeza.

A partir das necessidades do cliente, pode-se definir os requisitos do usuário com auxílio da tabela 9 e iniciar a montagem da casa da qualidade.

**TABELA 8 – DEFINIÇÃO DE REQUISITOS DO USUÁRIO A PARTIR DAS NECESSIDADES**

<b>RC: Requisitos do Cliente</b>	Aprovação da vigilância sanitária	Normalização - Atender as normas sanitárias
	Apresentar fácil limpeza	Mantenabilidade - Peças desmontáveis
	Máquina sem reentrâncias	Geometria - Superfícies lisas
	Utilização de materiais que não oxidem	Materiais - Materiais adequados
	Fixação da forma no suporte para evitar calos no operador	Ergonomia - Atender a NR 17
	Segurança para o operador	Segurança - Atender a NR 10
		Segurança - Atender a NR 12
	Máquina de fácil entendimento	Usabilidade - IHM acessível
	Baixo custo final	Fabricabilidade - bom custo benefício
	Existência de diferentes matrizes	Funcionalidade - Máquina versátil
	Fácil movimentação da máquina e que caiba em pequenos espaços	Armazenabilidade - Mobilidade
		Armazenabilidade - Tamanho compacto
Massa com sulco, furada e na altura adequada ao fim do processo	Funcionalidade - Sem intervenção humana	

Fonte: os autores

Para cada requisito do usuário, um ou mais requisitos do projeto foram criados. No benchmark de mercado, a máquina considerada como a da empresa foi a máquina que se deseja projetar. Do concorrente X foi analisada uma modeladora

semiautomática de empadas, pois segue a mesma ideia de conformação de massa podre desejada. O concorrente Y também comercializa uma máquina de empadas. Na coluna do cliente, a tabela foi preenchida de acordo com informações fornecidas pelo próprio cliente. A coluna que leva em consideração o modelo de Kano pontuou de acordo com o que é pedido pelo cliente e o que excederá as suas expectativas. O argumento de vendas foi preenchido baseando-se no grau de importância de cada necessidade do cliente.

A relação entre os requisitos do usuário e os requisitos do projeto foi avaliada e chegou-se aos resultados apresentados no apêndice A. Para avaliar as relações entre os próprios requisitos de projeto, o telhado da casa da qualidade foi preenchido de acordo com a legenda da tabela.

Utilizando a tabela, é possível definir a classificação das especificações do projeto de acordo com a sua importância para o mesmo. Esta classificação consta na tabela 10 e deverá guiar a concepção do projeto de acordo com a relevância de cada especificação. Ou seja, a classificação dirá a quais especificações deve-se dar maior prioridade.

**TABELA 9 – PONTUAÇÃO DOS REQUISITOS DO PROJETO**

Classificação	Requisitos do projeto	% de qualidade
1º	Dispositivo de expansão para fundo da massa	11,6
2º	Matrizes intercambiáveis	11,3
3º	Dispositivo furador da massa	10,8
4º	Tipo de dispositivo de acionamento e parada	9,2
5º	Dispositivo de acionamento de emergência	9,2
6º	Material da ferramenta de conformação	8,9
7º	Proteção de partes móveis	7,4
8º	Dispositivo para fixação da forma	7,0
9º	Mecanismo de mobilidade	6,7
10º	Altura variável	6,3
11º	Dispositivo protetor de sobretensão	6,1
12º	Força das partes móveis até 150N	5,7

Fonte: os autores

Por fim, chegou-se à tabela 11, de especificações-meta, que caracteriza o objetivo de cada especificação, qual sé a saída indesejável, o sensor que será utilizado para medir cada especificação, sua unidade de medida e a sua classificação na casa da qualidade.

**TABELA 11 - ESPECIFICAÇÕES-META DO PRODUTO**

Classificação	Especificação	Unidade Medição	Objetivo	Sensores	Saídas Indesejáveis
5	Dispositivo de acionamento de emergência	Peça	Pausar o funcionamento da máquina em caso de emergência	Multímetro	Falha no funcionamento do botão
10	Altura variável	Cm	Atender operadores de várias alturas	Trena	Não atender todos os operadores
6	Material da ferramenta de conformação	Unidade	Material resistente e próprio para indústria alimentícia	Verificação da norma	Não atender requisitos de resistência e normas
8	Dispositivo para fixação da forma	Peça	Manter a fôrma no local ideal para conformar a massa	Teste de desempenho	Não fixar a fôrma ou mantê-la em local inadequado para conformação
4	Tipo de dispositivo de acionamento e parada	Unidade	Ligar e parar a máquina, quando requisitado, de forma segura	Multímetro	Falha no funcionamento do botão
7	Proteção de partes móveis	Peça	Impedir esmagamento ou outro tipo de acidente com o operador	Verificação na simulação	Abertura da proteção não impede a ocorrência de acidentes com o operador
12	Força das partes móveis até 150N	N	Impedir possíveis danos à integridade física do operador	Teste de desempenho	Força maior que 150 N
9	Mecanismo de mobilidade	Peça	Permitir a fácil movimentação da máquina	Teste de desempenho	Falta de mobilidade da máquina
1	Dispositivo de expansão para fundo da massa	Peça	Conformar sulcos no fundo da massa	Teste de desempenho	Incapacidade de formar sulcos na massa
2	Matrizes intercambiáveis	unidade	Produzir mais de um tamanho de torta com a mesma máquina	Verificação do projeto	Incapacidade de performance da máquina em diferentes tamanhos de torta
3	Dispositivo furador da massa	Peça	Realizar furos no fundo da massa	Teste de desempenho	Não realizar os furos adequadamente
11	Dispositivo protetor de sobretensão	Peça	Proteger o circuito de sobretensões	Verificação na simulação	Não proteger o circuito de possíveis sobretensões

Fonte: os autores

### 3.4 FASE 3 – PROJETO CONCEITUAL

No projeto conceitual, a matriz morfológica define as opções de solução para cada função que o projeto deve exercer. A primeira etapa da matriz morfológica é definir as funções que a máquina deve ser capaz de realizar, conforme apresentado na tabela 12.

**TABELA 12 - FUNÇÕES DA MÁQUINA**

Funções da máquina
Posicionar a fôrma de torta
Fixar a fôrma de torta
Isolar a área de conformação
Conformar a massa de torta
Furar a massa de torta

Fonte: os autores

A partir das funções da máquina, desenvolveu-se a função global, apresentada na figura 27.

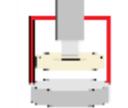
**FIGURA 27 – FUNÇÃO GLOBAL**



Fonte: os autores

Utilizando as funções dispostas na tabela 12, criou-se a matriz morfológica apresentada na tabela 13. Na matriz, têm-se a lista das funções da máquina, e a cada coluna, têm-se princípios de solução para cada função.

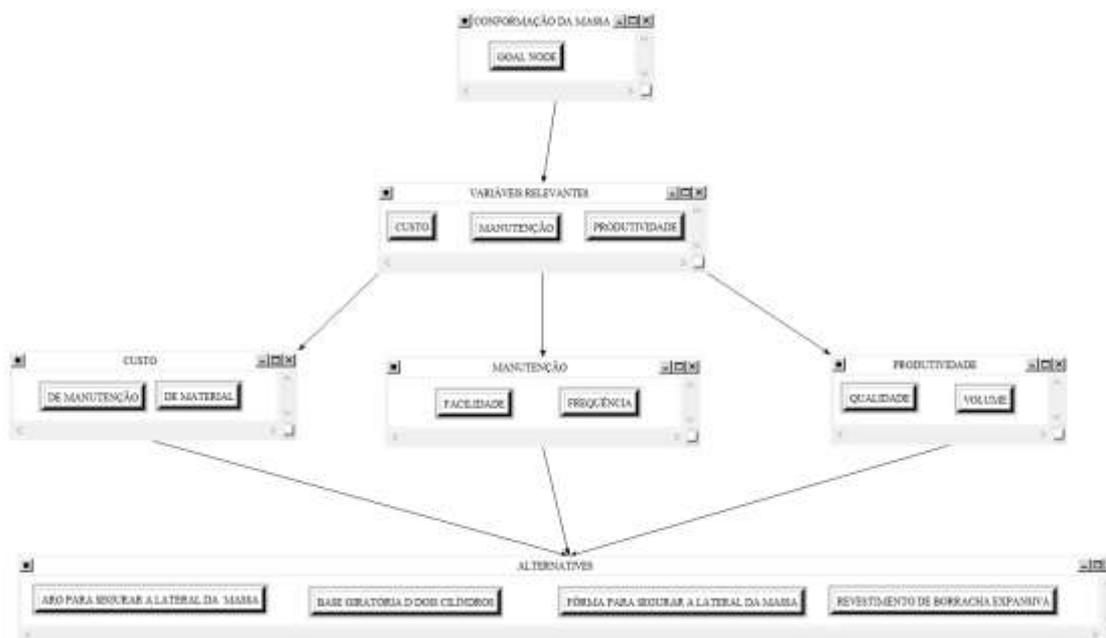
TABELA 13 - MATRIZ MORFOLÓGICA

Princípios de soluções		Funções				
		1	2	3	4	5
1	Posicionar a fôrma de torta	 cavidade para encaixe da fôrma	 desenho limitando o espaço da fôrma	 prato suspenso abaixo do cilindro de conformação	base intercambiável	base fixa
2	Fixar a fôrma de torta	 aro limitador	rosca na fôrma e no suporte de encaixe	 dispositivo acoplado à máquina	 cinta em torno da fôrma	base com mola para segurar a fôrma
3	Isolar a área de conformação	 enclausuramento com porta	 comando bimanual	 cortina / grade de luz	Proteção fixa com esteira	
4	Conformar a massa de torta	 Revestimento de borracha expansível	 base giratória e 2 cilindros	 Aro para "segurar" a lateral da massa	Fôrma para segurar a lateral da massa	
5	Furar a massa de torta	 disco acoplado à matriz	 furador manual	 dentes soldados diretamente nas matrizes		

Fonte: os autores

O método de decisão AHP, aplicado às funções 2 e 4, trouxe como resultado a Rosca na Fôrma e no Suporte de Encaixe e a Base Giratória e 2 Cilindros, respectivamente. A base giratória é comandada por um motor de passo.

**FIGURA 28 - AHP DA FUNÇÃO 4, CONFORMAR A MASSA DE TORTA**



Fonte: os autores

Os critérios escolhidos foram: Custo, Manutenção e Produtividade. Dentro de Custo os subcritérios escolhidos foram de Manutenção e de Material. Em Manutenção os subcritérios foram Facilidade e Frequência. Na Produtividade os subcritérios são Qualidade e Volume. As alternativas para escolha já foram listadas na tabela 13.

Seguindo o método e respondendo ao questionário referente aos critérios temos o critério Produtividade com maior peso, 0,70886. É possível verificar a aplicação pela Figura 28 retirada do software SuperDecision, que está no Apêndice B, juntamente com as telas de comparação.

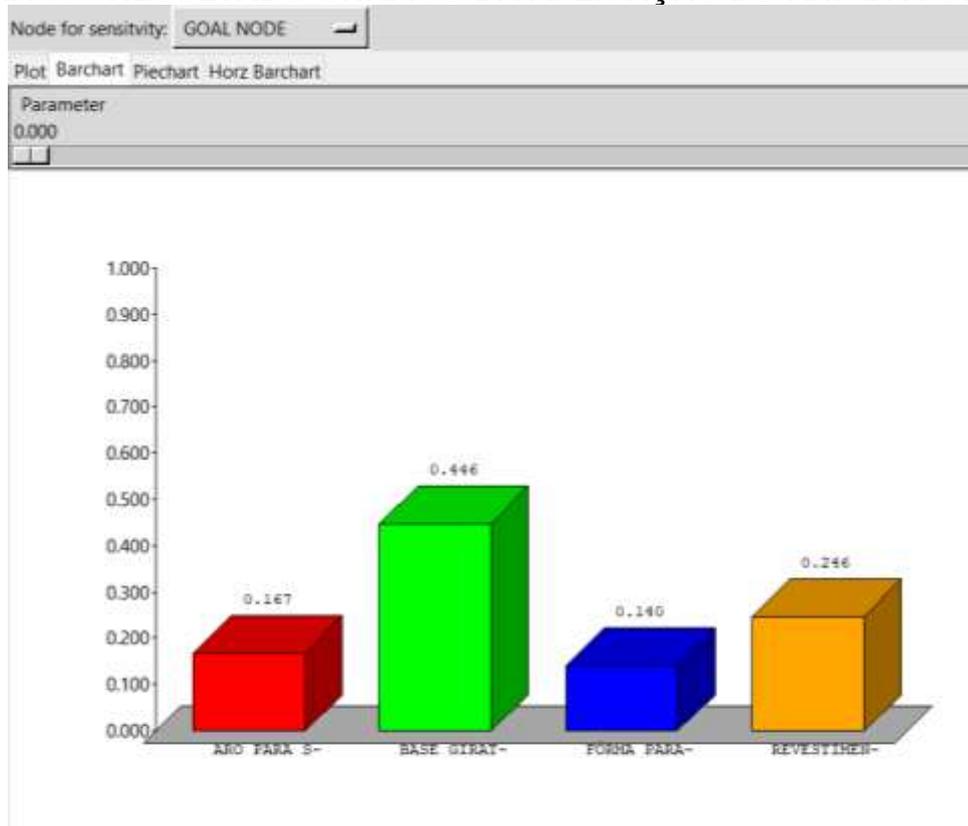
Como pode-se verificar na figura 29, a Base Giratória com 2 Cilindros é a alternativa apontada pelo software. A figura 30 mostra o resultado gráfico da aplicação do método AHP na função 4.

**FIGURA 29 - RESULTADO DO AHP DA FUNÇÃO 4**

Here are the overall synthesized priorities for the alternatives. You synthesized from the network Super Decisions Main Window: AHP MÁQUINA - conformação da massa.sdmod: formulaic

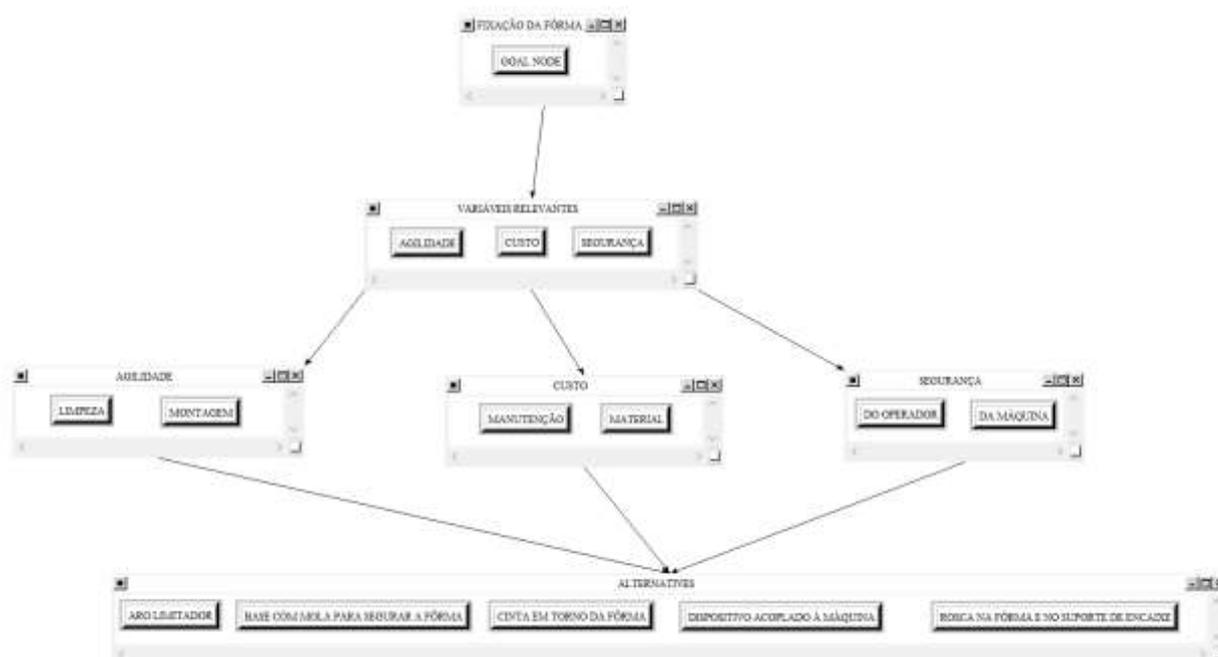
Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
ARO PARA SEGURAR A LATERAL DA MASSA		0.373880	0.166914	0.055638
BASE GIRATÓRIA D DOIS CILÍNDROS		1.000000	0.446437	0.148812
FÔRMA PARA SEGURAR A LATERAL DA MASSA		0.314003	0.140183	0.046728
REVESTIMENTO DE BORRACHA EXPANSIVA		0.552074	0.246466	0.082155

Fonte: os autores

**FIGURA 30 - RESULTADO GRÁFICO DA APLICAÇÃO DO AHP DA FUNÇÃO 4**

Fonte: os autores

**FIGURA 31 – AHP DE FUNÇÃO 2, FIXAR A FÔRMA DE TORTA**



Fonte: os autores

A figura 31 mostra a hierarquia de critérios e subcritérios aplicados à função 2 da matriz morfológica apresentada na tabela 13. Os critérios escolhidos foram: Agilidade, Custo e Segurança. Dentro de Agilidade os subcritérios escolhidos foram Limpeza e Montagem. Em Custo os subcritérios foram Manutenção e Material. Em Segurança os subcritérios são do Operador e da Máquina. As cinco alternativas para escolha já foram listadas na tabela 13.

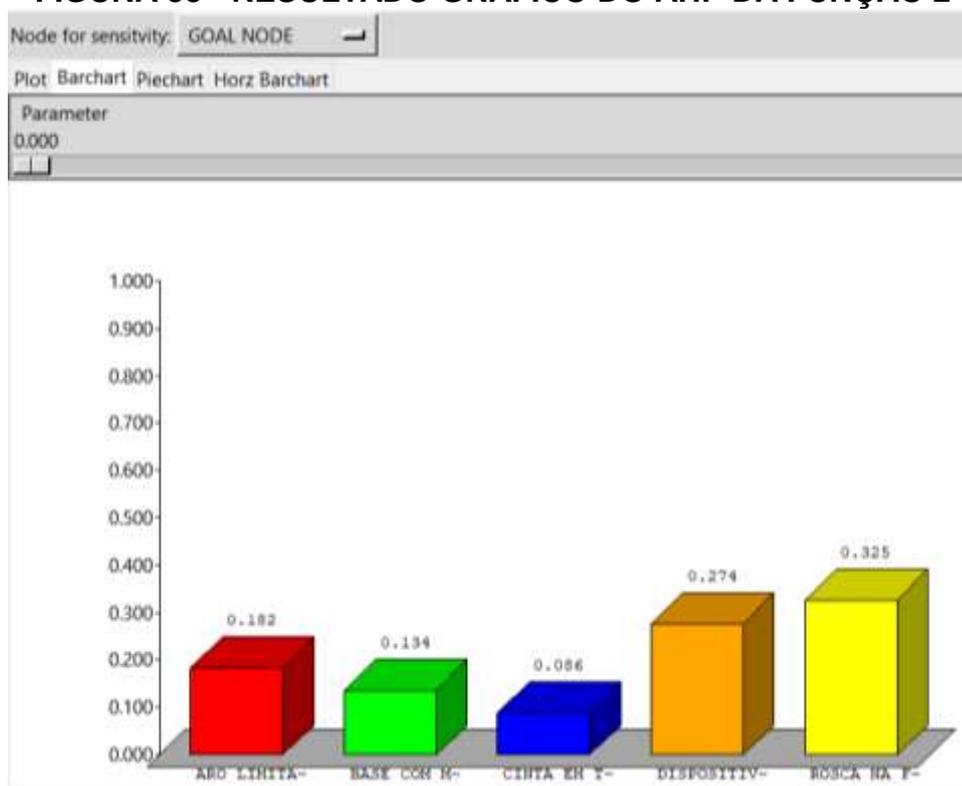
Usando o software obtivemos os resultados nas Figuras 32 e 33 a seguir. A Alternativa da rosca na Fôrma e no Suporte do Eixo foi a sugerida pelo método.

**FIGURA 32 - RESULTADO DO AHP DA FUNÇÃO 2**

Here are the overall synthesized priorities for the alternatives. You synthesized from the network Super Decisions Main Window: AHP MÁQUINA - fixação da forma.sdmod: formulaic

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
ARO LIMITADOR		0.559604	0.181702	0.060567
BASE COM MOLA PARA SEGURAR A FÔRMA		0.412409	0.133908	0.044636
CINTA EM TORNO DA FÔRMA		0.264605	0.085916	0.028639
DISPOSITIVO ACOPLADO À MÁQUINA		0.843181	0.273778	0.091259
ROSCA NA FÔRMA E NO SUPORTE DE ENCAIXE		1.000000	0.324697	0.108232

Fonte: os autores

**FIGURA 33 - RESULTADO GRÁFICO DO AHP DA FUNÇÃO 2**

Fonte: os autores

Para que a rosca na fôrma e no suporte de encaixe sejam a solução para a maneira de fixação da fôrma, a melhor solução para a função 1 seria a base intercambiável, uma vez que existirão três tamanhos diferentes de fôrma e, por consequência, três tamanhos diferentes de rosca. Para isolar a área de conformação, a solução ideal é o enclausuramento, mostrada na figura 34, visto que será a melhor forma de efetivamente isolar a área. A cortina de luz é um equipamento caro e o comando bimanual pode ser burlado, não protegendo

completamente a integridade do operador. Por fim, o dispositivo ideal para furar a massa de torta é o dispositivo acoplado à matriz, pois dessa forma haverão três matrizes que podem receber o dispositivo furador, ao invés de seis matrizes, três com furador e três sem furador.

### FIGURA 34 – ALTERNATIVAS DE PROTEÇÃO DAS PARTES MÓVEIS



*Enclausuramento*



*Comando bimanual*



*Cortina De luz*

Fonte: os autores

Por fim, o dispositivo para furar a massa de forma que seja acoplado à matriz é o ideal para a máquina, pois o furado manual foge às requisições dadas pelo cliente de que a máquina entregue a massa pronta para ir ao forno, e dentes soldados à matriz criarão a necessidade de ter seis matrizes ao invés de três.

Quanto às outras especificações de produto que não foram contempladas na matriz morfológica, têm-se primeiramente a escolha das matrizes intercambiáveis. As opções são apresentadas na figura 35. Já se sabe que três tipos de matrizes devem existir, pois há três tamanhos diferentes de torta. A primeira opção seria o encaixe como é feito em batedeiras planetárias, em que há uma cavidade no acessório e uma mola com trava na batedeira. A segunda opção é o encaixe de uma batedeira industrial, com um pino no acessório que se conecta à batedeira, e um anel de aço prende a conexão para dar maior segurança. Visto que a segunda opção é mais robusta e traz maior segurança para a operação, é a mais adequada para a fixação das matrizes.

### FIGURA 35 – BATEDEIRAS

*Batedeira planetária*



*Batedeira industrial*



Fonte: os autores

Quanto ao tipo de dispositivo de acionamento e parada, têm-se as opções de botoeira e chave comutadora. Por questões de segurança, a máquina deverá operar apenas um ciclo por vez. Desta maneira, a botoeira é a mais adequada, pois executará apenas um ciclo do CLP, enquanto a chave comutadora acionará a máquina, que só será desativada quando a chave for desligada. O dispositivo de acionamento de emergência é um botão de emergência comum, que desligará a alimentação do circuito caso seja acionado. O material escolhido para realizar a conformação é o poliuretano, uma vez que esse já é o material que compõe a máquina manual atualmente e sua durabilidade é considerada um ponto importante pelos clientes.

O mecanismo de mobilidade que atende as necessidades de uma fábrica de alimentos, em que é necessário afastar equipamentos para realizar a limpeza do local, é uma mesa com quatro rodas e com travas, por questões de segurança. A mesa deve ter ajuste hidráulico, para que sua altura seja variável e ela seja capaz de atender a operadores de várias alturas. Quanto à força das partes móveis, a máquina deve atender à 150 N de força, por questões de norma, e o tipo de acionamento deve ser pneumático, uma vez que hidráulico não é indicado para o setor alimentício devido a possíveis vazamentos de fluido. Por fim, o dispositivo protetor de sobretensão utilizado no circuito é um disjuntor.

### 3.5 DIAGRAMAS ELÉTRICO E PNEUMÁTICO

O diagrama elétrico montado para a máquina está presente no apêndice D. Na segunda página têm-se a alimentação do circuito, feito através de uma fonte de 24 Vcc, para alimentar o CLP. Um CLP faz a lógica do sistema, visto que além dos botões, é necessário que a máquina exerça diferentes funções para cada tamanho de torta. Também é necessário comandar o motor de passo. Para controlar esse motor é necessário um trem de pulso, que o CLP é capaz de fornecer.

As páginas 3 e 4 mostram as entradas do CLP, que estão explicadas na tabela 14.

**TABELA 14 – ENTRADAS DO CLP**

Entradas	Finalidade	Input
Botão de emergência	Parar a máquina em caso de emergência	I0:0
Porta de segurança	Retirar a alimentação do circuito caso o enclausuramento seja aberto	I0:1
Botão liga	Iniciar o ciclo da máquina	I0:2
Botão de rearme	Permitir que o circuito seja iniciado pelo botão liga novamente, após o uso do botão de emergência	I0:3
Sensor cilindro de conformação	Sinal de fim de curso do cilindro de conformação	I0:4
Sensor cilindro de sulco	Sinal de fim de curso do cilindro de sulco	I0:5
Chave seletora	Selecionar o tipo de funcionamento: com o cilindro de sulco ou sem o cilindro de sulco	I0:6

Fonte: os autores

15. As páginas 6 e 7 mostram as saídas do CLP, que estão explicadas na tabela

**TABELA 15 – SAÍDAS DO CLP**

Saídas	Finalidade	Output
Lâmpada amarela	sinalizador visual para emergência	Q0:1
Lâmpada vermelha	Sinalizador visual para operação da máquina	Q0:2
Lâmpada azul	Sinalizador para demonstrar necessidade de rearme	Q0:3
Pressurização	Fornecer pressurização para os cilindros	Q0:4
Habilita motor de passo	Rotacionar a base de encaixe da fôrma	Q0:5
Cilindro de conformação	Realizar a conformação da massa	Q0:6
Cilindro de sulco	Realizar a conformação do sulco	Q0:7

Fonte: os autores

A programação do CLP está apresentada no apêndice E. O programa foi desenvolvido no software SoMachine Basic, distribuído pela empresa Schneider Electric. Determina-se que o cilindro de conformação deve atuar durante vinte segundos sobre a massa, exercendo a força máxima de 150 N. Esses valores são referentes a um teste realizado em cima de uma balança, em que uma fôrma de dezenove centímetros de diâmetro é posicionada sobre a massa, que está dentro de outra fôrma de vinte centímetros de diâmetro. Após dez repetições, em que um valor estimado de 15 kg na balança era exercido sobre a fôrma de dezenove centímetros,

o tempo médio de vinte segundos é considerado como o ideal para conformar a massa totalmente. Os valores encontrados nas dez tentativas estão apresentados na tabela 16.

**TABELA 16 – RESULTADO DO TESTE DE FORÇA BALANÇA**

Tentativa	Kg na balança	Tempo (s)
1	14,9	20,1
2	15,1	19,9
3	15,04	19,8
4	14,95	20,05
5	14,97	20
6	15,07	20,2
7	15,06	20,2
8	14,98	20
9	15,12	19,7
10	14,88	20,2
Média	15,007	20,015

Fonte: os autores

A fonte escolhida para o circuito levou em consideração a corrente utilizada para alimentar o circuito de comando. O cálculo está apresentado na tabela 17. A fonte comercial com o valor mais próximo do consumo do circuito é a fonte de 10 A.

**TABELA 17 – CONSUMO DE CORRENTE DOS COMPONENTES DO CIRCUITO DE COMANDO**

Componente	Consumo de corrente (A)
Sensor de fim de curso do cilindro de conformação	0,2
Sensor de fim de curso do cilindro de sulco	0,2
Motor de Passo	4,2
CLP	0,5
<b>Total</b>	<b>5,1</b>

Fonte: os autores

Ainda na página 7 do diagrama elétrico, o motor de passo é ligado em série, devido o menor consumo de corrente, e bipolar por fornecer o maior torque.

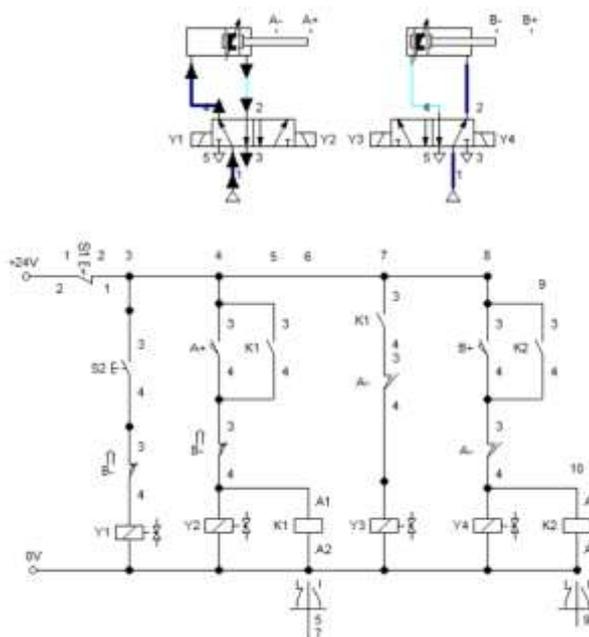
O diagrama pneumático está presente no apêndice F. A força máxima desenvolvida por cada cilindro é de 150 N. Como os dois cilindros são de dupla

ação, através de simulação no site da Festo<sup>9</sup>, chegou-se à um consumo de 2,227 l de ar por ciclo pelo cilindro de sulco e de 2,451 l de ar por ciclo pelo cilindro de conformação, totalizando 4,678 l de ar durante o funcionamento de um ciclo da máquina. Dessa forma, o compressor escolhido deve ter uma capacidade de fornecimento de ar maior do que esse valor.

### 3.6 SIMULAÇÃO PNEUMÁTICA E CONCEPÇÃO DA MÁQUINA

A simulação pneumática foi realizada com auxílio do software Fluidsim, conforme as figuras 36, 37, 38 e 39.

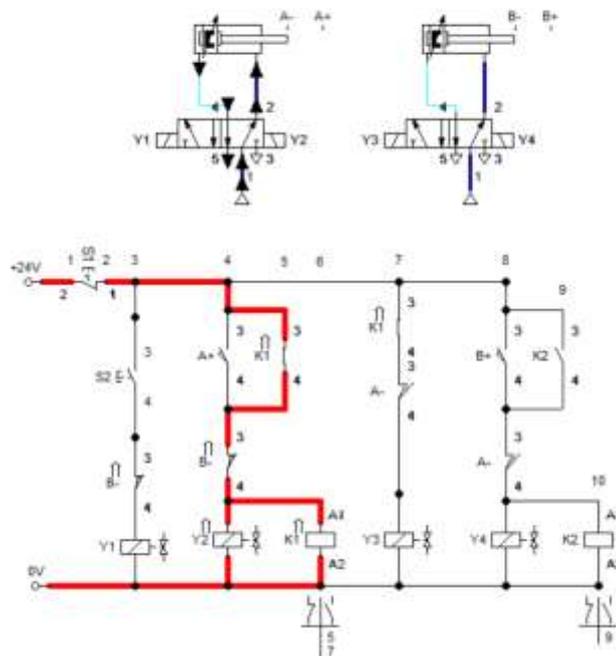
**FIGURA 36 – AVANÇO DO CILINDRO DE CONFORMAÇÃO**



Fonte: os autores

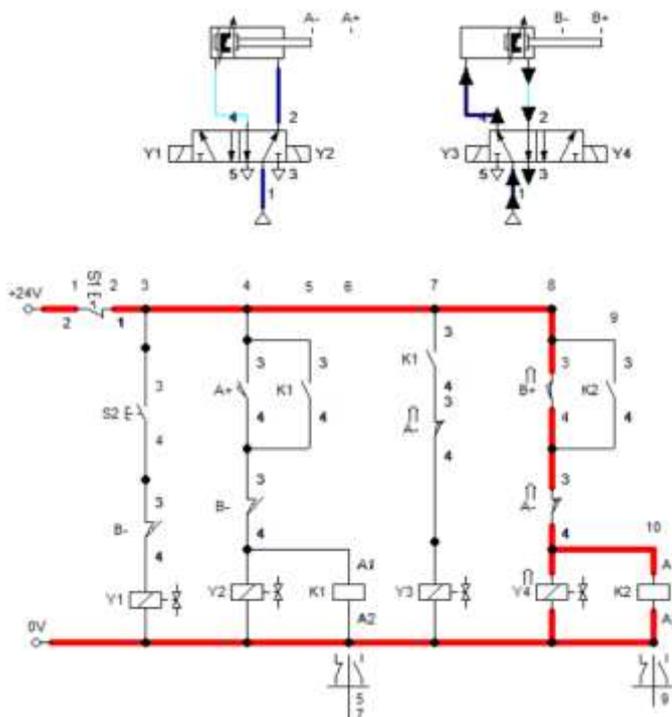
<sup>9</sup> Disponível em: <[https://www.festo.com/cat/pt-br\\_br/search?query=dsnu](https://www.festo.com/cat/pt-br_br/search?query=dsnu)>. Acesso em 13/11/18.

**FIGURA 37 – RECUO DO CILINDRO DE CONFORMAÇÃO**



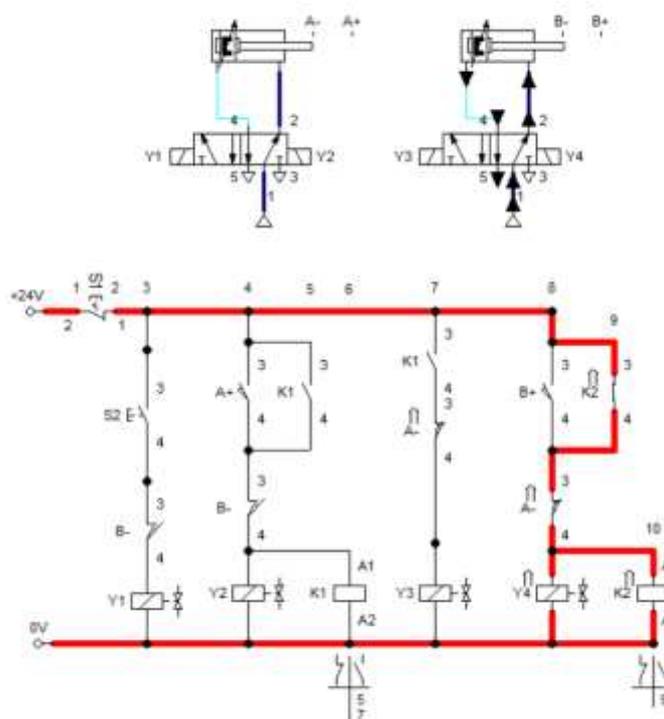
Fonte: os autores

**FIGURA 38 – AVANÇO DO CILINDRO DE SULCO**



Fonte: os autores

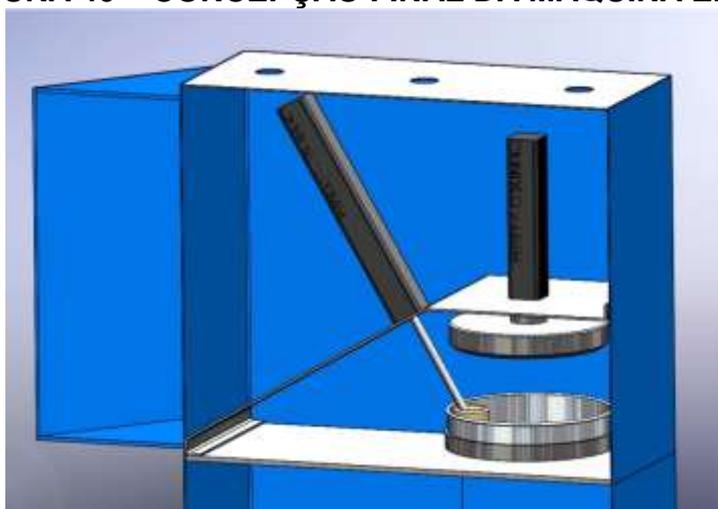
**FIGURA 39 – RECUO DO CILINDRO DE SULCO**



Fonte: os autores

A figura 36 mostra o avanço do cilindro de conformação, a figura 37 mostra o recuo desse cilindro. A figura 38 mostra o avanço do cilindro de sulco e a figura 30 mostra o recuo desse cilindro.

**FIGURA 40 – CONCEPÇÃO FINAL DA MÁQUINA EM 3D**



Fonte: os autores

A figura 40 mostra o desenho em 3D desenvolvido no software SolidWorks, com o intuito de apresentar um esboço da concepção final do projeto da máquina modeladora de tortas.

### 3.7 ANÁLISE DE RISCO E VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise de risco leva em consideração todos os possíveis riscos que podem afetar o projeto de alguma forma ou impedir que ele aconteça. A tabela 18 mostra os riscos levantados através de um brainstorming realizado pelos integrantes da equipe, bem como a probabilidade de acontecer e o respectivo plano de ação para impedir ou diminuir os riscos do projeto.

**TABELA 18 – RISCOS DO PROJETO, PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA E PLANO DE AÇÃO**

Risco do projeto	Probabilidade de ocorrência	Plano de ação
Falha por falta de manutenção	Média	Manutenção recomendada para os usuários de 3 a 5 vezes por ano
Falha de equipamento por fragilidade	Média	Medir forças necessárias que a máquina deve exercer e simular o circuito, para garantir o funcionamento adequado
Não atendimento ao que foi solicitado pelo cliente	Baixa	Verificar as especificações-meta, que foram criadas de acordo com os requisitos do cliente
Erro no dimensionamento que pode causar acidentes	Média	Simular o circuito para garantir o correto dimensionamento dos componentes
Exceder o orçamento do cliente	Baixa	Procurar alcançar o menor custo possível, visto que o cliente não passou um orçamento mínimo
Não ser um projeto ergonomicamente correto	Baixa	Verificar as especificações-meta, que foram criadas de acordo com os requisitos do cliente

Fonte: os autores

A análise da viabilidade econômica leva em consideração o custo estimado de materiais e fabricação da máquina, bem como o valor de outras máquinas presentes nesse nicho de mercado.

**TABELA 19 - ESTIMATIVA DE CUSTO DA PARTE ELÉTRICA**

Item	Descrição	Código Fabricante	Qtd.	Valor unid.	Total
1	Bornes	WI.56.704.0055.0	26	R\$15,00	R\$45,00
2	Borne Triplo	WI.56.703.3055.0	6	R\$60,00	R\$360,00
3	Borne PE	WI.56.704.9055.0	3	R\$10,00	R\$30,00
4	Borne fusível plug	WI.56.704.4055.0	2	R\$8,60	R\$17,20
5	Borne fusível suporte	WI.Z1.298.1053.0	2	R\$19,80	R\$39,60
6	Placa separação	WI.07.312.9355.0	4	R\$23,60	R\$94,40
7	Placa final	WI.07.312.9255.0	4	R\$12,00	R\$48,00
8	Poste	WI.Z5.523.9453.0	11	R\$4,99	R\$54,89
9	Jumper para borne	WI.Z7.261.2027.0	2	R\$12,00	R\$24,00
10	Identificação L1	WI.04.856.0453.0	1	R\$0,40	R\$0,40
11	Identificação N	WI.04.856.3253.0	1	R\$0,40	R\$0,40
12	Identificação 1-10	WI.04.846.0153.0	8	R\$0,40	R\$3,20
13	Identificação PE	WI.04.855.0753.0	1	R\$0,40	R\$0,40
14	Fonte	ABL1REM24100	1	R\$220,00	R\$220,00
15	Disjuntor monopolar 1P+N 6ª	A9N21535	1	R\$17,67	R\$17,67
16	Chave geral	VCF1	1	R\$249,00	R\$249,00
17	Botões Verde	XB7NW33B1	1	R\$16,19	R\$16,19
18	Botões Azul	XB7NW36B1	1	R\$16,19	R\$16,19
19	Sinalização Vermelha	XB7EV04BP	1	R\$16,19	R\$16,19
20	Emergência	ZB5AS844	1	R\$34,83	R\$34,83
21	CLP	TM221C24T	1	R\$859,80	R\$859,80
22	Micro de porta	XCSA701	1	R\$55,00	R\$55,00
23	Relé de interface	RSL1PVBU	2	R\$23,33	R\$46,66
24	Chave Seletora	XB5AD45	1	R\$34,80	R\$34,80
25	Sensores	MZT7	2	R\$106,30	R\$212,60
26	Prensa cabo PG11	PG11 + CONTRA PORCA	1	R\$41,24	R\$41,24
27	Motor de Passo	AK23/21F8Fn1.8	1	R\$259,40	R\$259,40
28	Drive	TB6600	1	R\$95,00	R\$95,00
29	Trilho		1,00m	R\$53,70	R\$53,70
30	Calha		2,00m	R\$113,00	R\$113,00
31	Painel 440x440x200		1	R\$127,30	R\$127,30
32	Fios		1 Rolo	R\$93,90	R\$93,90
33	Anilhas		-	R\$8,90	R\$8,90
34	Terminais para fio 2,5mm		-	R\$19,90	R\$19,90
<b>Total</b>					<b>R\$3.308,76</b>

Fonte: os autores

**TABELA 20 - ESTIMATIVA DE CUSTO DA PARTE PNEUMÁTICA**

Item	Descrição	Código Fabricante	Qtd.	Valor unid.	Total
1	VALVULA SOLENOIDE 3/8"	SY5120-5DZ-01	2	R\$68,80	R\$137,60
2	VALVULA SOLENOIDE 1/4"	SY7120-5DZ-02	1	R\$69,80	R\$69,80
3	BASE PARA 4 VÁLVULAS	SS5Y5-20-04	1	R\$215,98	R\$215,98
4	BUJÃO ROSCA 1/4"	B-02	1	R\$17,00	R\$17,00
5	CONEXÃO 3/8" L PROLONGADA	KQ2W06-01S	2	R\$22,00	R\$44,00
6	CONEXÃO 3/8" L	KQ2L06-01S	2	R\$18,00	R\$36,00
7	CONEXÃO 1/4" RETA	KQ2L10-02S	3	R\$12,00	R\$36,00
8	SUPORTE PARA VÁLVULA	SX7000-16-1A	1	R\$14,76	R\$14,76
9	PLACA CEGA	SY5000-26-9A	2	R\$21,00	R\$42,00
10	CONEXÃO 1/4" L	KQ2L10-02S	4	R\$15,00	R\$15,00
11	DISCONNECT PNEUMÁTICO	VHS30-F03	1	R\$11,50	R\$11,50
12	VÁLVULA REGULADORA DE VAZÃO	AW30-F03E	1	R\$16,00	R\$16,00
13	VÁLVULA REGULADORA DE FLUXO 1/8"	GRLA-1/8-QS-8-D	4	R\$55,00	R\$220,00
14	SUPORTE T	Y300T	4	R\$22,72	R\$22,72
15	CILINDRO NORMALIZADO	DSNU-25-300-P-A	1	R\$250,00	R\$250,00
16	CILINDRO NORMALIZADO	DSNU-32-200-PPV-A	1	R\$235,00	R\$235,00
17	CONEXÃO RÁPIDA ROSCADA	QS-1/8-8	2	R\$15,50	R\$31,00
18	TUBO FLEXÍVEL	PUN-8X1,25-BL	-	R\$150,00	R\$150,00
19	COMPRESSOR DE AR 20L 1,5HP 8BAR	863181	1	R\$596,07	R\$596,07
20	SILENCIADOR	U 1-8	1	R\$28,50	R\$28,50
<b>Total</b>					<b>R\$2.188,93</b>

Fonte: os autores

Os componentes da máquina levados em conta na estimativa de custo são os itens levantados nas Tabelas 19 e 20, pesquisas de mercado referente à mesa com altura ajustável e orçamento realizado com o profissional que confeccionou a máquina manual, da Figura 20. A tabela 21 mostra uma estimativa geral de custo da máquina.

**TABELA 21 - ESTIMATIVA GERAL DA MÁQUINA**

Item	Valor
Parte Elétrica	R\$3.308,76
Parte Pneumática	R\$2.188,93
Mesa ajustável	R\$550,00
Carcaça & Ferramental	R\$600,00
Mão-de-obra	R\$1.994,31
<b>Total</b>	<b>R\$8.642,00</b>

Fonte: os autores

Uma máquina de salgados, com função semelhante, no mercado custa cerca de 10 mil reais. Levando em consideração um lucro de 30%, o valor final da máquina ficará R\$8.642,00.

A viabilidade econômica com relação a um público alvo deve levar em consideração que este não é um projeto que se deseja produzir em larga escala, mas sim, algo foi projetado sob medida para as necessidades de um cliente específico, com requisitos específicos.

## 4 RESULTADOS

O custo atual da confeitaria com a fabricação das massas de torta leva em consideração o tempo de manufatura consumido pelas duas funcionárias que exercem a tarefa de montar a massa, separar a quantidade adequada para cada fôrma, conformar a massa e assar a massa já conformada. O custo atual da confeitaria com a fabricação das massas de torta leva em consideração o tempo de manufatura consumido pelas duas funcionárias que exercem as tarefas de montar a massa, separar a quantidade adequada para cada fôrma, conformar a massa e assar a massa já conformada. O custo hora/homem considerado para o estudo foi de R\$20,00 e o custo de consumo de energia do forno foi estimado em R\$8,33, de acordo com a potência do forno.

A tabela 22 mostra o tempo utilizado para a fabricação das massas durante uma semana de trabalho.

**TABELA 22 – TEMPO UTILIZADO ATUALMENTE PARA FABRICAÇÃO DAS MASSAS**

Tarefa	Tempo
Montar a massa	2,5
Separar a quantidade de massa	2,5
Conformar a massa	17,5
Colocar e retirar fôrma do forno	5,5
Total	28 horas (14h/funcionária)

Fonte: os autores

A tabela 23 mostra os resultados encontrados. O forno fica ligado de forma contínua, uma vez que as duas funcionárias não conseguem manter o forno cheio constantemente.

**TABELA 23 - GASTOS COM A FABRICAÇÃO DAS MASSAS**

	Horas gastas	Custos	Total (R\$)
Terça-feira	8	Duas funcionárias	320
		Forno consumindo energia	66,64
Quinta-feira	6	Duas funcionárias	240
		Forno consumindo energia	49,98
Total semanal (R\$)			676,62

Fonte: os autores

Na terça-feira, cerca de duzentas massas são conformadas e na quinta-feira, cerca de cento e cinquenta. O tempo estimado de conformação por torta da máquina é de um minuto, ou seja, trezentos e cinquenta minutos por semana. Ainda será necessário montar a massa e separar a quantidade de massa por fôrma, porém o tempo de fabricação diminuirá.

Os gastos com a implantação do projeto atualizados estão na tabela 24, com relação ao tempo utilizado pelas funcionárias.

**TABELA 24 – GASTOS COM O PROJETO IMPLEMENTADO**

Tarefa	Tempo
Montar a massa	2,5
Separar a quantidade de massa	2,5
conformar a massa	5,8
colocar e retirar fôrma do forno	5,5
Total	16,3 horas

Fonte: os autores

Os novos gastos da confeitaria estão expostos na tabela 25. O consumo da máquina refere-se à fonte de 24V, cuja potência é de 240W.

**TABELA 25 – GASTOS ATUALIZADOS DA CONFEITARIA**

	Custos	Total (R\$)
16,3	duas funcionárias	326
	forno consumindo energia	135,78
5,8	consumo da máquina	1,06
Total semanal		461,78

Fonte: os autores

A redução de custo trazida pela máquina é de R\$214,84, aproximadamente, por semana.

**TABELA 26 – PAYBACK DO PROJETO**

Período (mês)	FC	Saldo
0	-R\$ 6.647,69	-R\$ 6.647,69
1	R\$ 859,36	-R\$ 5.788,33
2	R\$ 859,36	-R\$ 4.928,97
3	R\$ 859,36	-R\$ 4.069,61
4	R\$ 859,36	-R\$ 3.210,25
5	R\$ 859,36	-R\$ 2.350,89
6	R\$ 859,36	-R\$ 1.491,53
7	R\$ 859,36	-R\$ 632,17
8	R\$ 859,36	R\$ 227,19

Fonte: os autores

O tempo estimado para o *payback* será no décimo primeiro mês, conforme a tabela 26. Esse tempo é um período aceitável e justifica o investimento, pois além de fazer com que se extingam as posturas prejudiciais a funcionária, evitando as doenças do trabalho também é possível que atue em outras atividades mais relevantes para o aumento da produtividade da confeitaria e melhor aproveitamento de seu trabalho.

**TABELA 27 – RESULTADOS OBTIDOS COM RELAÇÃO ÀS ESPECIFICAÇÕES-META**

Especificação	Situação	Resultado
Dispositivo de acionamento de emergência	Atingido	Botão de emergência comum
Altura variável	Atingido	Mesa com ajuste hidráulico
Material da ferramenta de conformação	Atingido	Poliuretano
Dispositivo para fixação da forma	Atingido	Rosca no suporte e na fôrma
Tipo de dispositivo de acionamento e parada	Atingido	Chave comutadora
Proteção de partes móveis	Atingido	Enclausuramento
Força das partes móveis até 150N	Atingido	Acionamento pneumático
Mecanismo de mobilidade	Atingido	mesa com quatro rodas
Dispositivo de expansão para fundo da massa	Atingido	Base giratória e 2 cilindros
Matrizes intercambiáveis	Atingido	Uma matriz para cada tamanho de torta
Dispositivo furador da massa	Atingido	Acoplado à cada matriz
Dispositivo protetor de sobretensão	Atingido	Disjuntor

Fonte: os autores

Com relação ao que foi atingido de resultados quanto às especificações-meta, a tabela 27 mostra a situação de cada especificação do projeto e a solução encontrada para cada uma delas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado a partir da observação do trabalho, com viés ergonômico, indica que há excesso de posturas inadequadas na realização da conformação das tortas utilizando a máquina atual da confeitaria. As queixas e inchaços nos membros superiores são evidências dessa suspeita. Com o embasamento teórico da ergonomia e da metodologia de desenvolvimento de produtos, foi possível alinhar ambos os conhecimentos para projetar uma máquina que eliminasse o risco ergonômico.

Ainda utilizando os conhecimentos adquiridos sobre metodologia de desenvolvimento de produto e recolhendo, através de entrevistas, as necessidades do cliente, foi possível desenvolver as especificações do produto, para enfim chegar a solução que fosse a ideal para a situação particular.

As normas de saúde e segurança do trabalho, ergonomia e equipamentos foram seguidas e utilizadas no embasamento e desenvolvimento do projeto de produto. A máquina projetada elimina os movimentos e posturas prejudiciais à funcionária, aumentando a produtividade do processo, otimizando o tempo de trabalho, eliminando os riscos eminentes de doenças como LER e DORT, uma vez que a própria máquina realiza os trabalhos repetitivos e de força, além de possuir altura variável e capacidade de mobilidade.

A idealização da máquina ocorreu por meio de simulações computacionais, tanto a parte elétrica, pneumática, a programação do CLP e o design. Para comprovação e validação do projeto é necessário a realização de um protótipo, onde podem ser verificados os resultados esperados pela solução implementada, ter mais acuracidade nos dimensionamentos e testar sua funcionalidade.

Algumas dificuldades foram encontradas no decorrer do desenvolvimento do projeto. A primeira foi entender a metodologia de desenvolvimento de projeto, visto que esse conteúdo não é contemplado nas matérias obrigatórias do curso, portanto, coube à equipe pesquisar sobre o assunto e desenvolver o conhecimento do tema junto ao orientador. Outra dificuldade foi conceber a revisão de literatura sobre o tema AHP. O conteúdo escrito disponível ainda é muito escasso, o que trouxe complicações para explicar o método de forma consistente.

Foi possível conceber uma máquina que automatizasse um processo produtivo manual, desnecessário e nocivo à saúde, utilizando todas as normas e

regulamentações, metodologias de projeto, passando por análises de viabilidade e simulações que comprovam a funcionalidade da máquina.

## REFERÊNCIAS

ABIP. **Indicadores 2016 Desempenho De Empresas De Panificação E Confeitaria Brasileiras Em 2016**. Disponível em: <<http://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2017/02/INDICADORES-2017-performance2016.pdf>>. Acesso em: 13 de novembro de 2018.

ANVISA. **Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/388704/RESOLU%25C3%2587%25C3%2583O-RDC%2BN%2B216%2BDE%2B15%2BDE%2BSETEMBRO%2BDE%2B2004.pdf/23701496-925d-4d4d-99aa-9d479b316c4b>> Acesso em: 28 de maio de 2018.

ANVISA. **Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002**. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC\\_275\\_2002\\_COMP.pdf/face9dac0-ae57-4de2-8cf9-e286a383f254](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_275_2002_COMP.pdf/face9dac0-ae57-4de2-8cf9-e286a383f254)> Acesso em: 28 de maio de 2018.

BACK, Nelson. **Metodologia de Projetos de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 389p. ISBN 85-7030-013-1.

BACK, Nelson. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008. 601 p. ISBN 9788520422083.

CHENG, Lin Chih; MELO FILHO, Leonel Del Rey de. **QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. 2.ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2010. XXVI, p. 539. ISBN 9788521205418.

COUTO, Hudson de Araújo. **Ergonomia aplicada ao trabalho: conteúdo básico, guia prático**. Belo Horizonte: Ergo, 2007. 272 p. ISBN 978-85-99759-03-5

DUARTE, Francisco. **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Coppe/ RJ: Lucerna, 2001. 312p 21cm. ISBN 85-86930-12-1

DUL, Jan; WEERDMEEESTER, B. A. **Ergonomia prática**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: E. Blücher, 2004. xi, 137 p. ISBN 8521203497

EVANGELISTA, Leoni. **Análise Ergonômica do Posto de Trabalho do Mecânico Automotivo**. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1544/1/CT\\_CEEEST\\_XXV\\_2013\\_21.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1544/1/CT_CEEEST_XXV_2013_21.pdf)> Acessado em: 20 de abril de 2018

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo, SP: Atlas, 2002. ISBN 85-224-3113-2

GRANDJEAN, Etienne. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.

IIDA, Itiro. **Ergonomia Prática**, 2ª Edição Revista e Ampliada, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2011.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Norma Regulamentadora 10**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR-10-atualizada-2016.pdf> > Acesso em: 23 de maio de 2018

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Norma Regulamentadora 12**. Disponível em: <<http://www.trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf> > Acesso em: 29 de maio de 2018

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Norma Regulamentadora 17**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR17.pdf>> Acesso em: 29 de maio de 2018

MORAES, Cícero Couto de. **Engenharia de automação industrial** / Cícero Couto de Moraes, Plínio de Lauro Castrucci. - 2.ed. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro: LTC, 2010.

PINHEIRO, Ana Karla da Silva; FRANÇA, Maria Beatriz Araújo. **Ergonomia aplicada à anatomia e à fisiologia do trabalhador**. Goiânia, GO: AB, 2006. xix, 165 p. (Coleção saúde e segurança do trabalhador; 2) ISBN 8574981346.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Fundamentos da Automação**. 1. ed. Salvador: Verão, 2003.

ROGGIA, Leandro. **Automação industrial** / Leandro Roggia, Rodrigo Cardozo Fuentes. – Santa Maria : Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Rede e-Tec Brasil, 2016.

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo, SP: Saraiva, 2006. 542 p. ISBN 8502054465.

SEBRAE; **Um estudo sobre panificação, biscoitos e confeitaria**. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/bis/um-estudo-sobre-panificacao-biscoitos-e-confeitaria,7084ee1e19042510VgnVCM1000004c00210aRCRD>

SESA. **Código de Saúde do Paraná** / Secretaria de Estado da Saúde. - Curitiba: SESA, 2002. 245p.

VIEIRA, Sebastião Ivone. **Manual de saúde e segurança do trabalho**. 2ª ED. São Paulo: LTr, 2008.

WISNER, Alain. **Por dentro do trabalho: ergonomia, método e técnica**. Tradução Flora Maria Gomide Vezzà. São Paulo: FTD / Oboré, 1987. Disponível em: <https://www.festo-didactic.com/br-pt/software/fluidsim-3.6-portugues/fluidsim-3.6.htm?fbid=YnlucHQQuNTM3LjIzLjE4LjEwMTIuNTQ0Mw>>. Acesso em 10 de setembro de 2018.



APÊNDICE B – TELAS DO AHP DA FUNÇÃO 4

1. Choose	2. Node comparisons with respect to GOAL NODE	3. Results									
Node Cluster Choose Node GOAL NODE Cluster: CONFORMAÇÃO DA ~ Choose Cluster VARIÁVEIS RELE~	Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct Comparisons wrt "GOAL NODE" node in "VARIÁVEIS RELEVANTES" cluster 1. CUSTO >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. MANUTENÇÃO 2. CUSTO >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. PRODUTIVIDADE 3. MANUTENÇÃO >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. PRODUTIVIDADE	Normal Hybrid Inconsistency: 0.05156 <table border="1"> <tr> <td>CUSTO</td> <td></td> <td>0.17862</td> </tr> <tr> <td>MANUTENÇÃO</td> <td></td> <td>0.11252</td> </tr> <tr> <td>PRODUTIVI~</td> <td></td> <td>0.70886</td> </tr> </table>	CUSTO		0.17862	MANUTENÇÃO		0.11252	PRODUTIVI~		0.70886
CUSTO		0.17862									
MANUTENÇÃO		0.11252									
PRODUTIVI~		0.70886									

Fonte: Software SuperDecisions

1. Choose	2. Node comparisons with respect to DE MANUTENÇÃO	3. Results												
Node Cluster Choose Node DE MANUTENÇÃO Cluster: CUSTO Choose Cluster ALTERNATIVES	Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct Comparisons wrt "DE MANUTENÇÃO" node in "ALTERNATIVES" cluster ARO PARA SEGURAR A LATERAL DA MASSA is moderately to strongly more imp 1. ARO PARA SEGURA~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. BASE GIRATÓRIA ~ 2. ARO PARA SEGURA~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. FÔRMA PARA SEGU~ 3. ARO PARA SEGURA~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. REVESTIMENTO DE~ 4. BASE GIRATÓRIA ~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. FÔRMA PARA SEGU~ 5. BASE GIRATÓRIA ~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. REVESTIMENTO DE~ 6. FÔRMA PARA SEGU~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. REVESTIMENTO DE~	Normal Hybrid Inconsistency: 0.06560 <table border="1"> <tr> <td>ARO PARA ~</td> <td></td> <td>0.24768</td> </tr> <tr> <td>BASE GIRA~</td> <td></td> <td>0.07670</td> </tr> <tr> <td>FÔRMA PAR~</td> <td></td> <td>0.15265</td> </tr> <tr> <td>REVESTIME~</td> <td></td> <td>0.52296</td> </tr> </table>	ARO PARA ~		0.24768	BASE GIRA~		0.07670	FÔRMA PAR~		0.15265	REVESTIME~		0.52296
ARO PARA ~		0.24768												
BASE GIRA~		0.07670												
FÔRMA PAR~		0.15265												
REVESTIME~		0.52296												

Fonte: Software SuperDecisions

1. Choose	2. Node comparisons with respect to DE MATERIAL	3. Results												
Node Cluster Choose Node DE MATERIAL Cluster: CUSTO Choose Cluster ALTERNATIVES	Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct Comparisons wrt "DE MATERIAL" node in "ALTERNATIVES" cluster ARO PARA SEGURAR A LATERAL DA MASSA is strongly more important 1. ARO PARA SEGURA~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. BASE GIRATÓRIA ~ 2. ARO PARA SEGURA~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. FÔRMA PARA SEGU~ 3. ARO PARA SEGURA~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. REVESTIMENTO DE~ 4. BASE GIRATÓRIA ~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. FÔRMA PARA SEGU~ 5. BASE GIRATÓRIA ~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. REVESTIMENTO DE~ 6. FÔRMA PARA SEGU~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. REVESTIMENTO DE~	Normal Hybrid Inconsistency: 0.04390 <table border="1"> <tr> <td>ARO PARA ~</td> <td></td> <td>0.47088</td> </tr> <tr> <td>BASE GIRA~</td> <td></td> <td>0.07387</td> </tr> <tr> <td>FÔRMA PAR~</td> <td></td> <td>0.26724</td> </tr> <tr> <td>REVESTIME~</td> <td></td> <td>0.18801</td> </tr> </table>	ARO PARA ~		0.47088	BASE GIRA~		0.07387	FÔRMA PAR~		0.26724	REVESTIME~		0.18801
ARO PARA ~		0.47088												
BASE GIRA~		0.07387												
FÔRMA PAR~		0.26724												
REVESTIME~		0.18801												

Fonte: Software SuperDecisions

### 1. Choose

Node Cluster

Choose Node

FACILIDADE

Cluster: MANUTENÇÃO

Choose Cluster

ALTERNATIVES

### 2. Node comparisons with respect to FACILIDADE

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "FACILIDADE" node in "ALTERNATIVES" cluster

**BASE GIRATÓRIA D DOIS CILÍNDROS is moderately to strongly more im**

1. ARO PARA SEGURA~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	BASE GIRATÓRIA ~
2. ARO PARA SEGURA~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	FÔRMA PARA SEGU~
3. ARO PARA SEGURA~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	REVESTIMENTO DE~
4. BASE GIRATÓRIA ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	FÔRMA PARA SEGU~
5. BASE GIRATÓRIA ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	REVESTIMENTO DE~
6. FÔRMA PARA SEGU~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	REVESTIMENTO DE~

### 3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.12878

ARO PARA ~		0.20945
BASE GIRA~		0.51172
FÔRMA PAR~		0.15783
REVESTIME~		0.12100

Fonte: Software SuperDecisions

### 1. Choose

Node Cluster

Choose Node

FREQUÊNCIA

Cluster: MANUTENÇÃO

Choose Cluster

ALTERNATIVES

### 2. Node comparisons with respect to FREQUÊNCIA

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "FREQUÊNCIA" node in "ALTERNATIVES" cluster

**ARO PARA SEGURAR A LATERAL DA MASSA is strongly more important t**

1. ARO PARA SEGURA~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	BASE GIRATÓRIA ~	
2. ARO PARA SEGURA~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	FÔRMA PARA SEGU~
3. ARO PARA SEGURA~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	REVESTIMENTO DE~	
4. BASE GIRATÓRIA ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	FÔRMA PARA SEGU~	
5. BASE GIRATÓRIA ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	REVESTIMENTO DE~	
6. FÔRMA PARA SEGU~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	REVESTIMENTO DE~	

### 3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.06457

ARO PARA ~		0.41551
BASE GIRA~		0.06698
FÔRMA PAR~		0.36225
REVESTIME~		0.15526

Fonte: Software SuperDecisions

### 1. Choose

Node Cluster

Choose Node

QUALIDADE

Cluster: PRODUTIVIDADE

Choose Cluster

ALTERNATIVES

### 2. Node comparisons with respect to QUALIDADE

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "QUALIDADE" node in "ALTERNATIVES" cluster

**BASE GIRATÓRIA D DOIS CILÍNDROS is very strongly to extremely mor**

1. ARO PARA SEGURA~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	BASE GIRATÓRIA ~
2. ARO PARA SEGURA~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	FÔRMA PARA SEGU~
3. ARO PARA SEGURA~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	REVESTIMENTO DE~
4. BASE GIRATÓRIA ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	FÔRMA PARA SEGU~
5. BASE GIRATÓRIA ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	REVESTIMENTO DE~
6. FÔRMA PARA SEGU~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	REVESTIMENTO DE~

### 3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.09757

ARO PARA ~		0.0706
BASE GIRA~		0.6246
FÔRMA PAR~		0.0842
REVESTIME~		0.2204

Fonte: Software SuperDecisions

1. Choose	2. Node comparisons with respect to VOLUME	3. Results
Node Cluster	Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct	Normal Hybrid
Choose Node	Comparisons wrt "VOLUME" node in "ALTERNATIVES" cluster	Inconsistency: 0.19487
VOLUME	<b>BASE GIRATÓRIA D DOIS CILÍNDROS is very strongly to extremely mo</b>	
Cluster: PRODUTIVIDADE	1. ARO PARA SEGURA- >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. BASE GIRATÓRIA ~	ARO PARA ~ 0.05651
Choose Cluster	2. ARO PARA SEGURA- >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. FÔRMA PARA SEGU~	BASE GIRA~ 0.35604
ALTERNATIVES	3. ARO PARA SEGURA- >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. REVESTIMENTO DE~	FÔRMA PAR~ 0.09082
	4. BASE GIRATÓRIA ~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. FÔRMA PARA SEGU~	REVESTIME~ 0.49663
	5. BASE GIRATÓRIA ~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. REVESTIMENTO DE~	
	6. FÔRMA PARA SEGU~ >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. REVESTIMENTO DE~	

Fonte: Software SuperDecisions

1. Choose	2. Node comparisons with respect to CUSTO	3. Results
Node Cluster	Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct	Normal Hybrid
Choose Node	Comparisons wrt "CUSTO" node in "CUSTO" cluster	Inconsistency: 0.00000
CUSTO	<b>DE MATERIAL is moderately to strongly more important than DE MANUT</b>	
Cluster: VARIÁVEIS RELEV~	1. DE MANUTENÇÃO >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. DE MATERIAL	DE MANUTE~ 0.20000
Choose Cluster		DE MATERI~ 0.80000
CUSTO		

Fonte: Software SuperDecisions

1. Choose	2. Node comparisons with respect to MANUTENÇÃO	3. Results
Node Cluster	Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct	Normal Hybrid
Choose Node	Comparisons wrt "MANUTENÇÃO" node in "MANUTENÇÃO" cluster	Inconsistency: 0.00000
MANUTENÇÃO	<b>FREQUÊNCIA is moderately to strongly more important than FACILIDADE</b>	
Cluster: VARIÁVEIS RELEV~	1. FACILIDADE >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. FREQUÊNCIA	FACILIDADE 0.20000
Choose Cluster		FREQUÊNCIA 0.80000
MANUTENÇÃO		

Fonte: Software SuperDecisions

### 1. Choose

Node Cluster

Choose Node ◀▶

PRODUTIVIDADE └

Cluster: VARIÁVEIS RELEV~

Choose Cluster ◀▶

PRODUTIVIDADE └

### 2. Node comparisons with respect to PRODUTIVIDADE

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "PRODUTIVIDADE" node in "PRODUTIVIDADE" cluster

QUALIDADE is strongly to very strongly more important than VOLUME

1. QUALIDADE 9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 9.5 No comp. VOLUME

### 3. Results

Normal └ Hybrid └

Inconsistency: 0.00000

QUALIDADE	<div style="background-color: blue; height: 10px; width: 80%;"></div>	0.85714
VOLUME	<div style="background-color: blue; height: 10px; width: 10%;"></div>	0.14286

Fonte: Software SuperDecisions

APÊNDICE C – TELAS DO AHP DA FUNÇÃO 2

1. Choose	2. Node comparisons with respect to GOAL NODE	3. Results
Node Cluster Choose Node GOAL NODE Cluster: FIXAÇÃO DA FÓRM- Choose Cluster VARIÁVEIS RELEV-	Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct Comparisons wrt "GOAL NODE" node in "VARIÁVEIS RELEVANTES" cluster 1. AGILIDADE vs CUSTO 2. AGILIDADE vs SEGURANÇA 3. CUSTO vs SEGURANÇA	Normal Hybrid Inconsistency: 0.05156 AGILIDADE 0.17862 CUSTO 0.11252 SEGURANÇA 0.70886

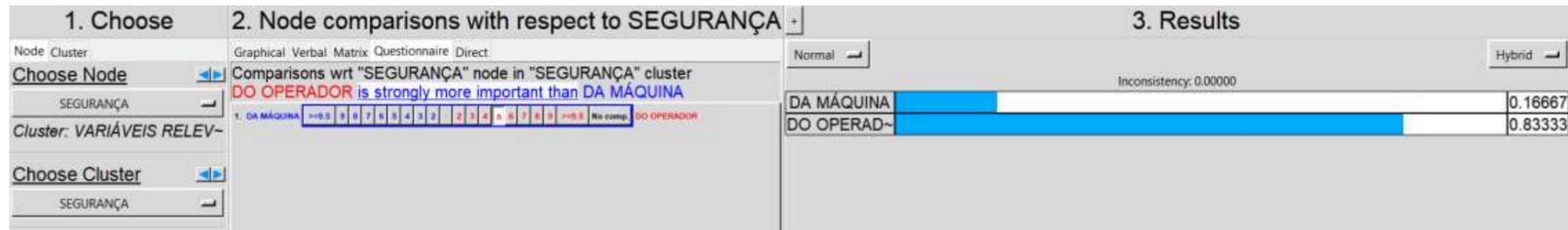
Fonte: Software SuperDecisions

1. Choose	2. Node comparisons with respect to AGILIDADE	3. Results
Node Cluster Choose Node AGILIDADE Cluster: VARIÁVEIS RELEV- Choose Cluster AGILIDADE	Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct Comparisons wrt "AGILIDADE" node in "AGILIDADE" cluster MONTAGEM is moderately more important than LIMPEZA 1. LIMPEZA vs MONTAGEM	Normal Hybrid Inconsistency: 0.00000 LIMPEZA 0.25000 MONTAGEM 0.75000

Fonte: Software SuperDecisions

1. Choose	2. Node comparisons with respect to CUSTO	3. Results
Node Cluster Choose Node CUSTO Cluster: VARIÁVEIS RELEV- Choose Cluster CUSTO	Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct Comparisons wrt "CUSTO" node in "CUSTO" cluster MATERIAL is equally to moderately more important than MANUTENÇÃO 1. MANUTENÇÃO vs MATERIAL	Normal Hybrid Inconsistency: 0.00000 MANUTENÇÃO 0.33333 MATERIAL 0.66667

Fonte: Software SuperDecisions



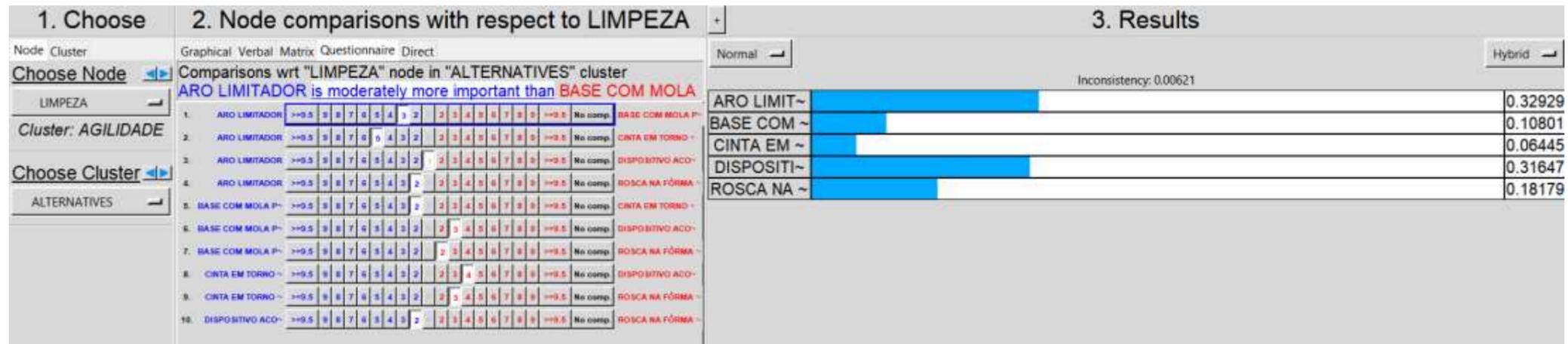
Fonte: Software SuperDecisions



Fonte: Software SuperDecisions



Fonte: Software SuperDecisions



Fonte: Software SuperDecisions



Fonte: Software SuperDecisions



Fonte: Software SuperDecisions

### 1. Choose

Node Cluster

Choose Node

MATERIAL

Cluster: CUSTO

Choose Cluster

ALTERNATIVES

### 2. Node comparisons with respect to MATERIAL

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "MATERIAL" node in "ALTERNATIVES" cluster

ARO LIMITADOR is strongly more important than BASE COM MOLA PA

1.	ARO LIMITADOR	9.5	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9.5	No comp.	BASE COM MOLA P~
2.	ARO LIMITADOR	9.5	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9.5	No comp.	CINTA EM TORNO ~
3.	ARO LIMITADOR	9.5	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9.5	No comp.	DISPOSITIVO ACO~
4.	ARO LIMITADOR	9.5	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9.5	No comp.	ROSCA NA FÓRMA ~
5.	BASE COM MOLA P~	9.5	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9.5	No comp.	CINTA EM TORNO ~
6.	BASE COM MOLA P~	9.5	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9.5	No comp.	DISPOSITIVO ACO~
7.	BASE COM MOLA P~	9.5	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9.5	No comp.	ROSCA NA FÓRMA ~
8.	CINTA EM TORNO ~	9.5	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9.5	No comp.	DISPOSITIVO ACO~
9.	CINTA EM TORNO ~	9.5	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9.5	No comp.	ROSCA NA FÓRMA ~
10.	DISPOSITIVO ACO~	9.5	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	9.5	No comp.	ROSCA NA FÓRMA ~

### 3. Results

Normal Hybrid

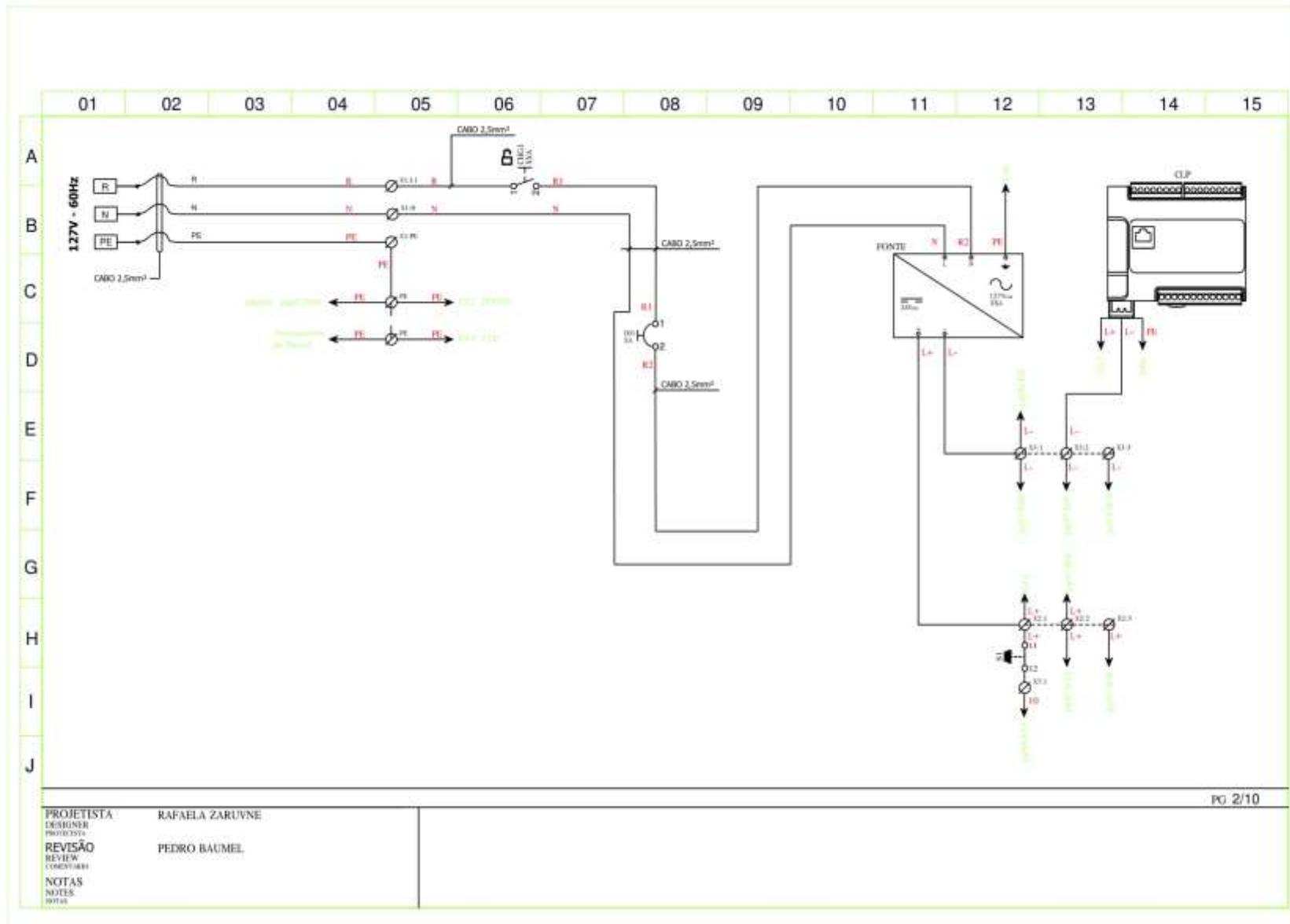
Inconsistency: 0.03088

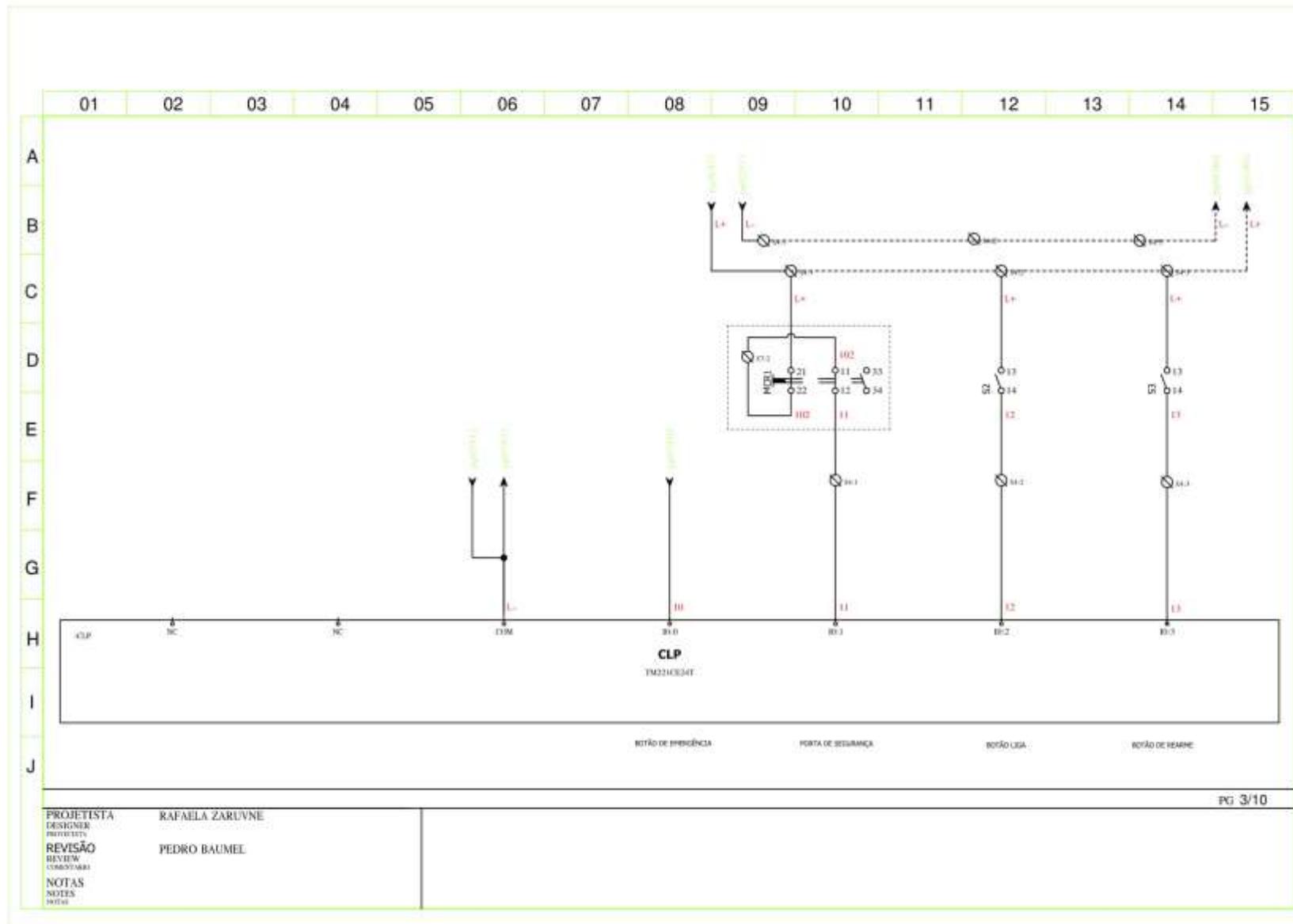
ARO LIMIT~		0.28696
BASE COM ~		0.08484
CINTA EM ~		0.33974
DISPOSITI~		0.22088
ROSCA NA ~		0.06758

Fonte: Software SuperDecisions

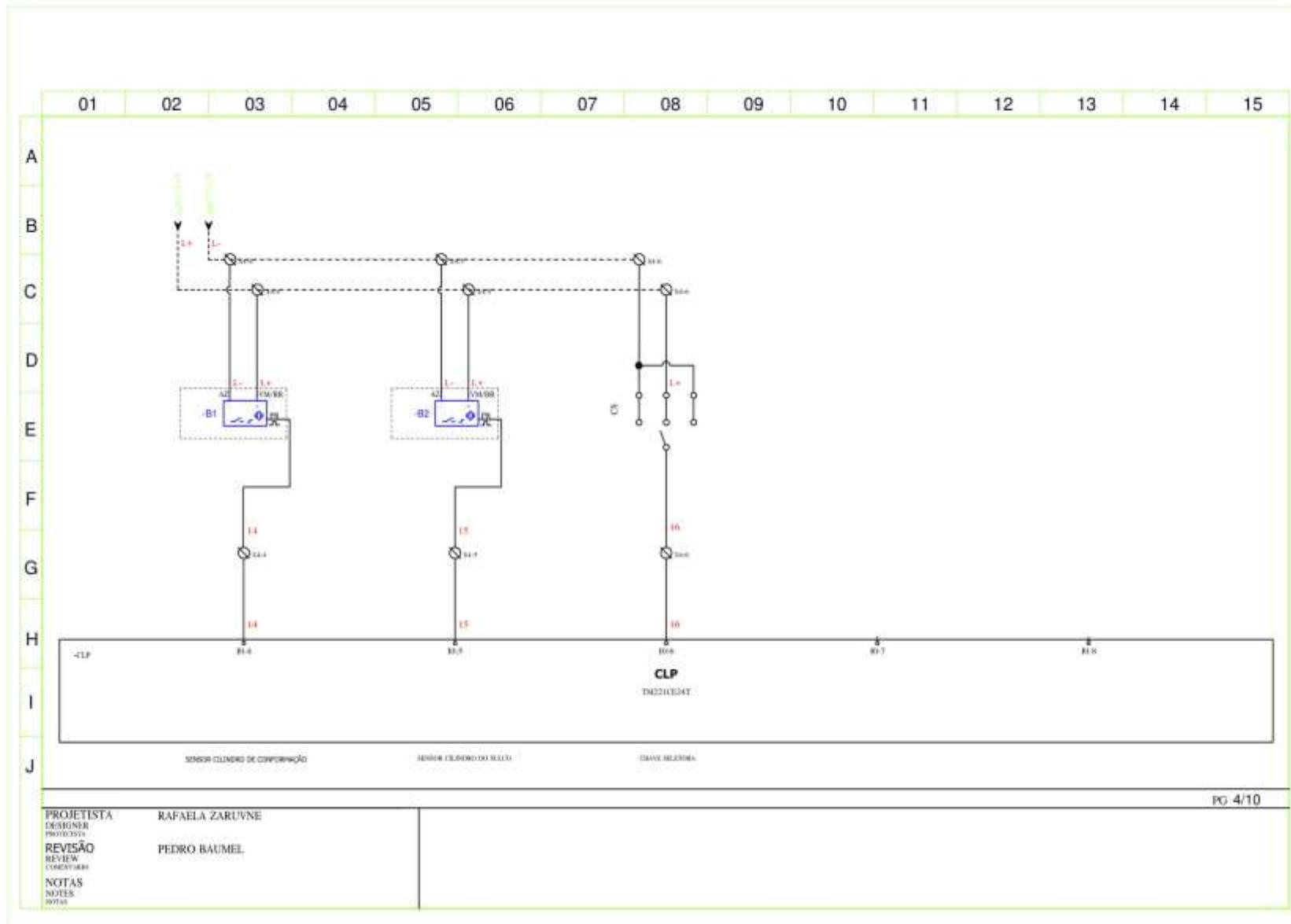


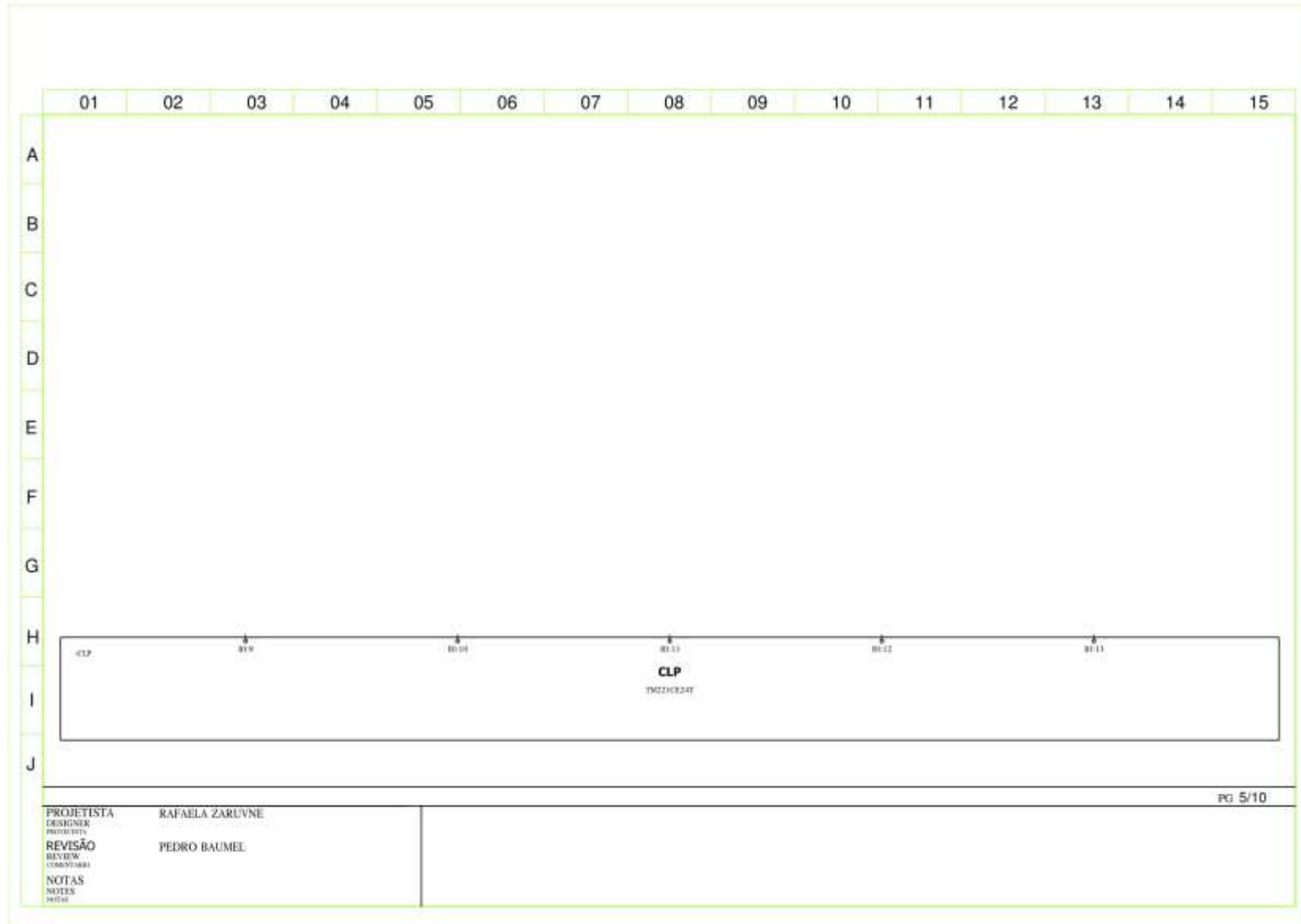
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15																						
A	<b>ÍNDICE</b>																																				
B	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descrição</th> <th>Página</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ÍNDICE</td> <td>1/10</td> </tr> <tr> <td>ALIMENTAÇÃO</td> <td>2/10</td> </tr> <tr> <td>CLP INPUTS I0.0 à I0.3</td> <td>3/10</td> </tr> <tr> <td>CLP INPUTS I0.4 à I0.8</td> <td>4/10</td> </tr> <tr> <td>CLP INPUTS I0.9 à I0.13</td> <td>5/10</td> </tr> <tr> <td>CLP OUTPUTS Q0.0 à Q0.3</td> <td>6/10</td> </tr> <tr> <td>CLP OUTPUTS Q0.4 à Q0.9</td> <td>7/10</td> </tr> <tr> <td>LAYOUT</td> <td>8/10</td> </tr> <tr> <td>LEGENDA</td> <td>9/10</td> </tr> <tr> <td>LISTA DE MATERIAIS</td> <td>10/10</td> </tr> </tbody> </table>															Descrição	Página	ÍNDICE	1/10	ALIMENTAÇÃO	2/10	CLP INPUTS I0.0 à I0.3	3/10	CLP INPUTS I0.4 à I0.8	4/10	CLP INPUTS I0.9 à I0.13	5/10	CLP OUTPUTS Q0.0 à Q0.3	6/10	CLP OUTPUTS Q0.4 à Q0.9	7/10	LAYOUT	8/10	LEGENDA	9/10	LISTA DE MATERIAIS	10/10
Descrição	Página																																				
ÍNDICE	1/10																																				
ALIMENTAÇÃO	2/10																																				
CLP INPUTS I0.0 à I0.3	3/10																																				
CLP INPUTS I0.4 à I0.8	4/10																																				
CLP INPUTS I0.9 à I0.13	5/10																																				
CLP OUTPUTS Q0.0 à Q0.3	6/10																																				
CLP OUTPUTS Q0.4 à Q0.9	7/10																																				
LAYOUT	8/10																																				
LEGENDA	9/10																																				
LISTA DE MATERIAIS	10/10																																				
C																																					
D																																					
E																																					
F																																					
G																																					
H																																					
I																																					
J																																					
PG 1/10																																					
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>PROJETISTA DESIGNER PROJEKTOVAJ REVISÃO REVIEW KONTROLOVAJ NOTAS NOTES POZNAV</td> <td>           RAFAELA ZARUVNE             PEDRO BAUMEL         </td> <td colspan="13"></td> </tr> </tbody> </table>															PROJETISTA DESIGNER PROJEKTOVAJ REVISÃO REVIEW KONTROLOVAJ NOTAS NOTES POZNAV	RAFAELA ZARUVNE  PEDRO BAUMEL																					
PROJETISTA DESIGNER PROJEKTOVAJ REVISÃO REVIEW KONTROLOVAJ NOTAS NOTES POZNAV	RAFAELA ZARUVNE  PEDRO BAUMEL																																				

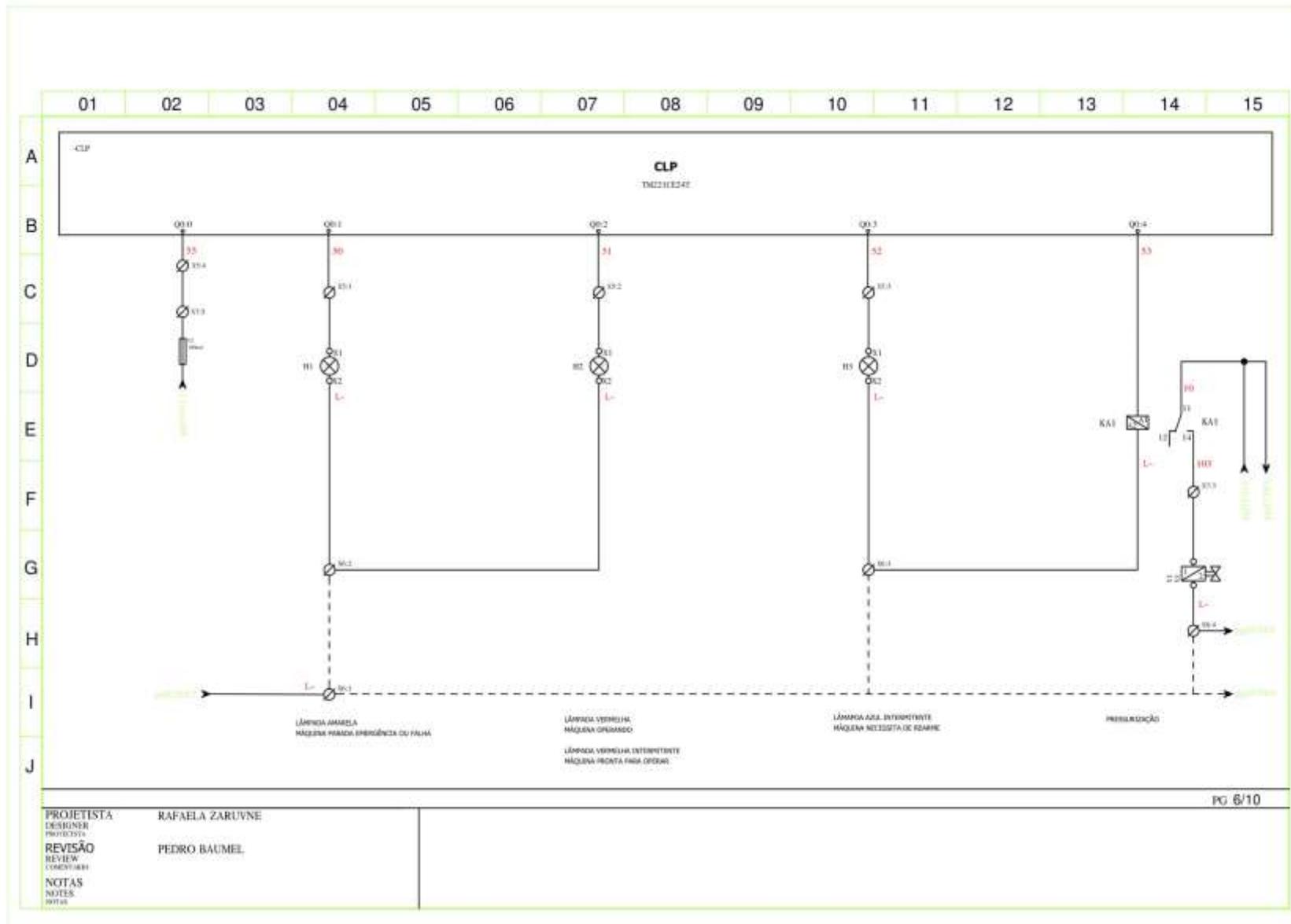


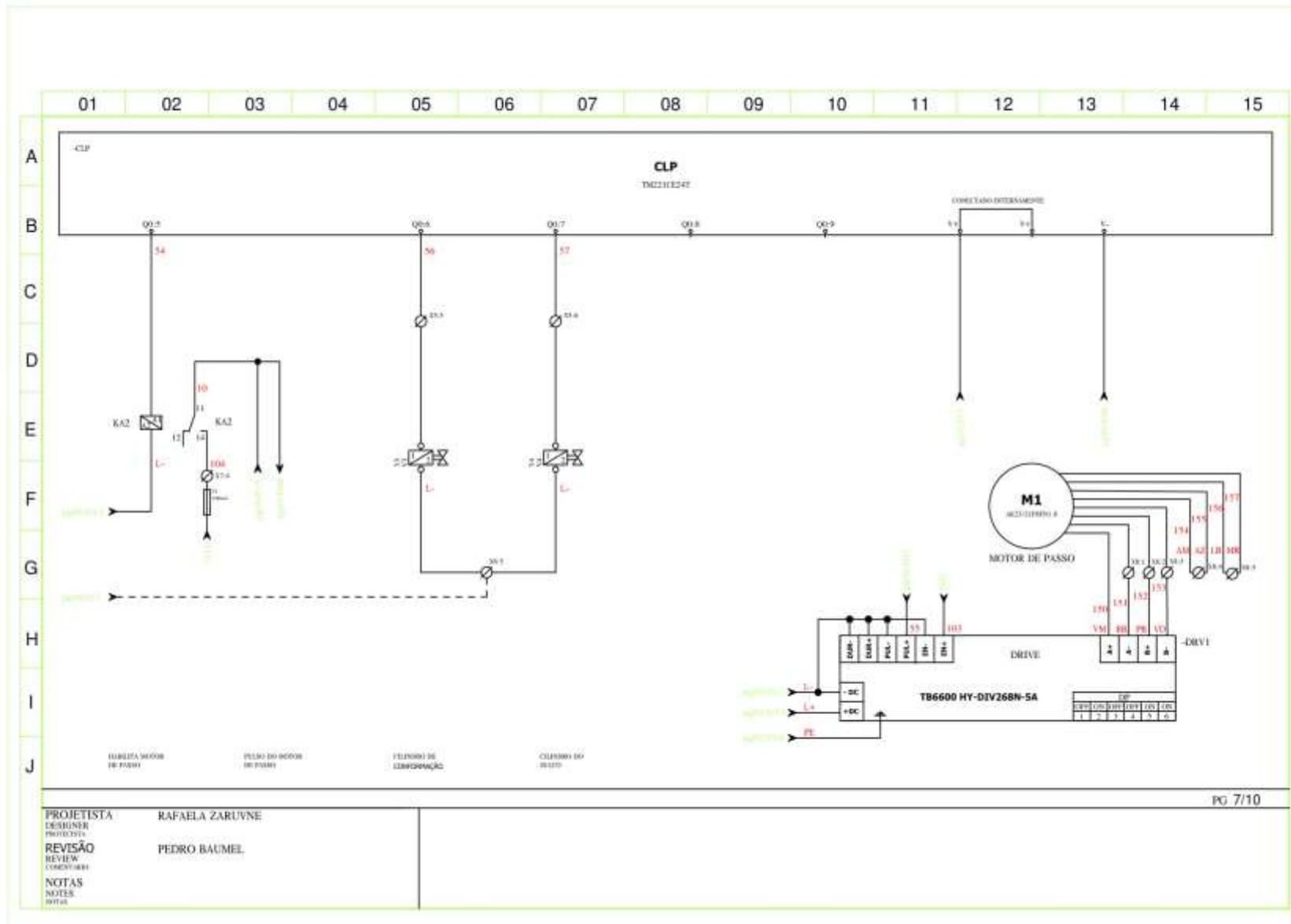


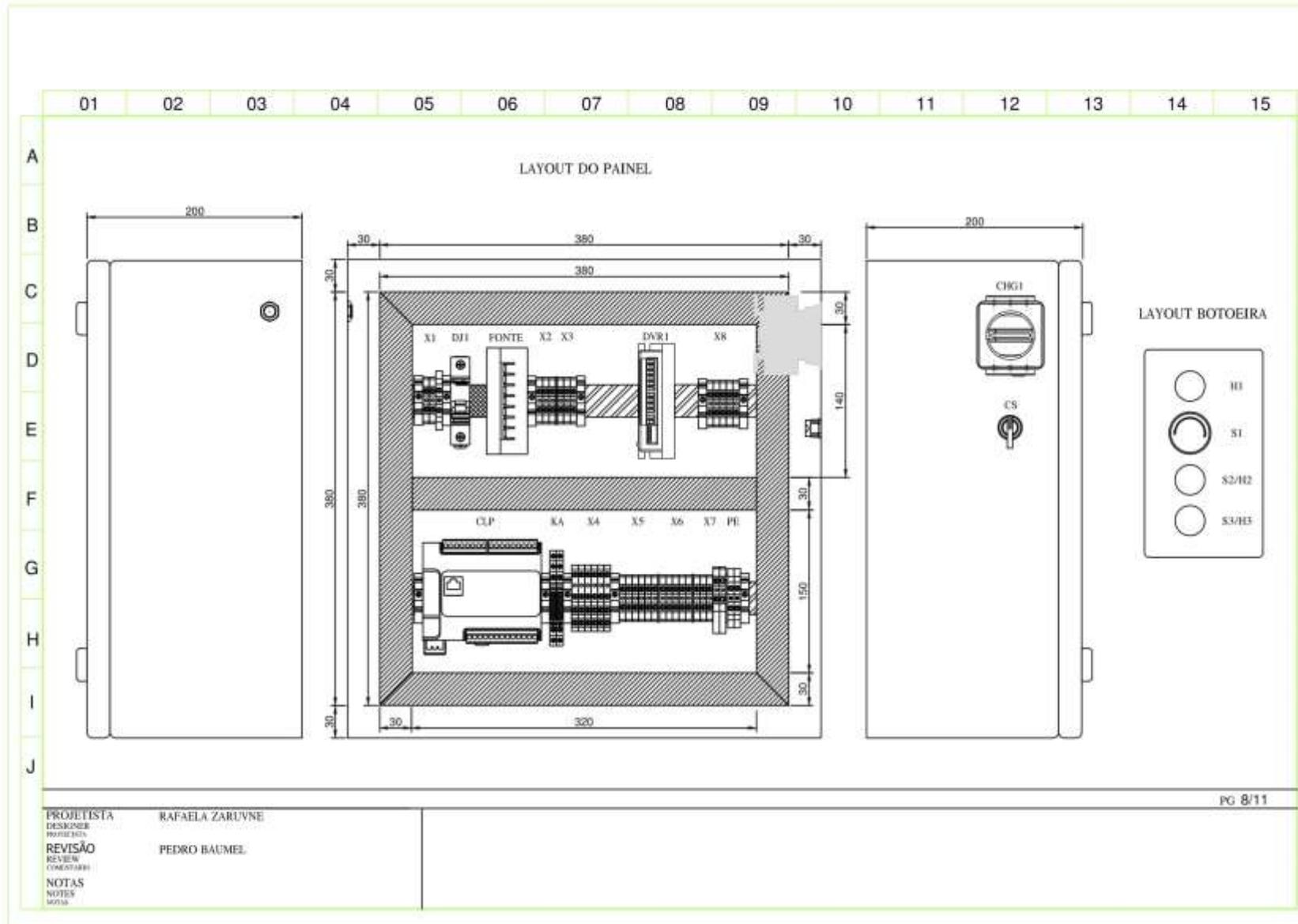
PROJETISTA DESIGNER PROJETTIST	RAFAELA ZARUVNE
REVISÃO REVIEW CORRETORE	PEDRO BAUMEL
NOTAS NOTES NOTIZ	













	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																												
<b>A</b>	<b>LISTA DE MATERIAIS</b>																																																																																																																																																										
<b>B</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Descrição</th> <th>Código Fabricante</th> <th>Qtd.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Bornes</td> <td>WL56.704.0055.0</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Borne Triplo</td> <td>WL56.703.3055.0</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Borne PE</td> <td>WL56.704.9055.0</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Borne fusível plug</td> <td>WL56.704.4055.0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Borne fusível suporte</td> <td>WL21.298.1053.0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Placa separação</td> <td>WL07.312.9355.0</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Placa final</td> <td>WL07.312.9255.0</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Poste</td> <td>WL25.523.9453.0</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Jumper para borne</td> <td>WL27.261.2027.0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Identificação L1</td> <td>WL04.856.0453.0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Identificação N</td> <td>WL04.856.3253.0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Identificação 1-10</td> <td>WL04.846.0153.0</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>Identificação PE</td> <td>WL04.855.0753.0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>Fonte</td> <td>ABL1REM24100</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>Disjuntor monopolar 1P+N 6A</td> <td>A9N21535</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>Chave geral</td> <td>VCF1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>Botões Verde</td> <td>XB7NW33B1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>Botões Azul</td> <td>XB7NW36B1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>Sinalização Vermelha</td> <td>XB7EV04BP</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Emergência</td> <td>ZB5ASB44</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>21</td> <td>CLP</td> <td>TM221C24T</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>Micro de porta</td> <td>XCSA701</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>23</td> <td>Relé de interface</td> <td>RSL1PVBU</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>Chave Seletora</td> <td>XBSAD45</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>Sensores</td> <td>MZT7</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>Prensa cabo PG11</td> <td>PG11 + CONTRA PORCA</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>27</td> <td>Motor de Passo</td> <td>AK23/21F8Fn1.8</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>Drive</td> <td>TB6600</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>29</td> <td>Trilho</td> <td></td> <td>1,00m</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>Calha</td> <td></td> <td>2,00m</td> </tr> <tr> <td>31</td> <td>Painel 440x440x200</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>Fios</td> <td></td> <td>1 Rolo</td> </tr> <tr> <td>33</td> <td>Anilhas</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>Terminais para fio 2,5mm</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>															Item	Descrição	Código Fabricante	Qtd.	1	Bornes	WL56.704.0055.0	26	2	Borne Triplo	WL56.703.3055.0	6	3	Borne PE	WL56.704.9055.0	3	4	Borne fusível plug	WL56.704.4055.0	2	5	Borne fusível suporte	WL21.298.1053.0	2	6	Placa separação	WL07.312.9355.0	4	7	Placa final	WL07.312.9255.0	4	8	Poste	WL25.523.9453.0	11	9	Jumper para borne	WL27.261.2027.0	2	10	Identificação L1	WL04.856.0453.0	1	11	Identificação N	WL04.856.3253.0	1	12	Identificação 1-10	WL04.846.0153.0	8	13	Identificação PE	WL04.855.0753.0	1	14	Fonte	ABL1REM24100	1	15	Disjuntor monopolar 1P+N 6A	A9N21535	1	16	Chave geral	VCF1	1	17	Botões Verde	XB7NW33B1	1	18	Botões Azul	XB7NW36B1	1	19	Sinalização Vermelha	XB7EV04BP	1	20	Emergência	ZB5ASB44	1	21	CLP	TM221C24T	1	22	Micro de porta	XCSA701	1	23	Relé de interface	RSL1PVBU	2	24	Chave Seletora	XBSAD45	1	25	Sensores	MZT7	2	26	Prensa cabo PG11	PG11 + CONTRA PORCA	1	27	Motor de Passo	AK23/21F8Fn1.8	1	28	Drive	TB6600	1	29	Trilho		1,00m	30	Calha		2,00m	31	Painel 440x440x200		1	32	Fios		1 Rolo	33	Anilhas			34	Terminais para fio 2,5mm		
Item	Descrição	Código Fabricante	Qtd.																																																																																																																																																								
1	Bornes	WL56.704.0055.0	26																																																																																																																																																								
2	Borne Triplo	WL56.703.3055.0	6																																																																																																																																																								
3	Borne PE	WL56.704.9055.0	3																																																																																																																																																								
4	Borne fusível plug	WL56.704.4055.0	2																																																																																																																																																								
5	Borne fusível suporte	WL21.298.1053.0	2																																																																																																																																																								
6	Placa separação	WL07.312.9355.0	4																																																																																																																																																								
7	Placa final	WL07.312.9255.0	4																																																																																																																																																								
8	Poste	WL25.523.9453.0	11																																																																																																																																																								
9	Jumper para borne	WL27.261.2027.0	2																																																																																																																																																								
10	Identificação L1	WL04.856.0453.0	1																																																																																																																																																								
11	Identificação N	WL04.856.3253.0	1																																																																																																																																																								
12	Identificação 1-10	WL04.846.0153.0	8																																																																																																																																																								
13	Identificação PE	WL04.855.0753.0	1																																																																																																																																																								
14	Fonte	ABL1REM24100	1																																																																																																																																																								
15	Disjuntor monopolar 1P+N 6A	A9N21535	1																																																																																																																																																								
16	Chave geral	VCF1	1																																																																																																																																																								
17	Botões Verde	XB7NW33B1	1																																																																																																																																																								
18	Botões Azul	XB7NW36B1	1																																																																																																																																																								
19	Sinalização Vermelha	XB7EV04BP	1																																																																																																																																																								
20	Emergência	ZB5ASB44	1																																																																																																																																																								
21	CLP	TM221C24T	1																																																																																																																																																								
22	Micro de porta	XCSA701	1																																																																																																																																																								
23	Relé de interface	RSL1PVBU	2																																																																																																																																																								
24	Chave Seletora	XBSAD45	1																																																																																																																																																								
25	Sensores	MZT7	2																																																																																																																																																								
26	Prensa cabo PG11	PG11 + CONTRA PORCA	1																																																																																																																																																								
27	Motor de Passo	AK23/21F8Fn1.8	1																																																																																																																																																								
28	Drive	TB6600	1																																																																																																																																																								
29	Trilho		1,00m																																																																																																																																																								
30	Calha		2,00m																																																																																																																																																								
31	Painel 440x440x200		1																																																																																																																																																								
32	Fios		1 Rolo																																																																																																																																																								
33	Anilhas																																																																																																																																																										
34	Terminais para fio 2,5mm																																																																																																																																																										
<b>C</b>																																																																																																																																																											
<b>D</b>																																																																																																																																																											
<b>E</b>																																																																																																																																																											
<b>F</b>																																																																																																																																																											
<b>G</b>																																																																																																																																																											
<b>H</b>																																																																																																																																																											
<b>I</b>																																																																																																																																																											
<b>J</b>																																																																																																																																																											
PG 10/10																																																																																																																																																											
<table border="1"> <tr> <td style="width: 15%;"> <b>PROJETISTA</b> DESIGNER PROJECISTA <b>REVISÃO</b> REVIEW COORDENADOR <b>NOTAS</b> NOTES NOTAS </td> <td style="width: 30%;">           RAFAELA ZARUVNE             PEDRO BAUMEL </td> <td style="width: 55%;"></td> </tr> </table>																<b>PROJETISTA</b> DESIGNER PROJECISTA <b>REVISÃO</b> REVIEW COORDENADOR <b>NOTAS</b> NOTES NOTAS	RAFAELA ZARUVNE  PEDRO BAUMEL																																																																																																																																										
<b>PROJETISTA</b> DESIGNER PROJECISTA <b>REVISÃO</b> REVIEW COORDENADOR <b>NOTAS</b> NOTES NOTAS	RAFAELA ZARUVNE  PEDRO BAUMEL																																																																																																																																																										

## APÊNDICE E – PROGRAMAÇÃO DO CLP

**Project Name: Formadora de Tortas**

## CONTENTS

Program .....	3
POU .....	3
Master Task .....	3
1 - Controle Geral .....	3
Rung0 - Sistema Não Seguro .....	3
Rung1 - Sistema Não Seguro .....	3
Rung2 - Sistema Seguro .....	3
Rung3 - Rearme Liberado .....	4
Rung4 - Rearme .....	4
Rung5 - Automatico Liberado .....	4
Rung6 - Automático .....	4
2 - Automatico .....	5
Rung0 - Inicio Ciclo .....	5
Rung1 - Tempo Para Ligar Cilindro Formador .....	5
Rung2 - Tempo Para Desligar Cilindro Formador .....	5
Rung3 - Comando Formador .....	5
Rung4 - Condição Para Próxima Etapa .....	5
Rung5 - Tempo Para Ligar Cilindro Sulco .....	6
Rung6 - Tempo Para Desligar Cilindro Sulco .....	6
Rung7 - Comando Sulco .....	6
Rung8 - Comando Motor .....	6
Rung9 - Encerra Ciclo .....	6
3 - Sinalização .....	7
Rung0 - BLINK OFF .....	7
Rung1 - BLINK ON .....	7
Rung2 - AZUL .....	7
Rung3 - VERDE .....	7
Rung4 - VERMELHO .....	7
4 - Motor .....	8
Rung0 - Start .....	8
Rung1 - Start .....	8
Rung2 - Pulso Motor de Passo .....	8
5 - Seleção Tempos .....	9
Rung0 - Tempos Torta 1 .....	9
Rung1 - Tempos Torta 2 .....	9

# PROGRAM

## POU

### Master Task

#### 1 - Controle Geral

Master Task

#### Rung0 - Sistema Não Seguro



**Variables used:**

%I0.0	BOTAO_EMERGENCIA	Botão de Emergência Liberado
%I0.1	PORTA	Porta Fechada
%M1	AUTOMATICO_LIGADO	
%M3	SISTEMA_NAO_SEGURO	

#### Rung1 - Sistema Não Seguro



**Variables used:**

%M1	AUTOMATICO_LIGADO	
%M2	SISTEMA_SEGURO	
%M3	SISTEMA_NAO_SEGURO	
%Q0.4	PRESSURIZAÇÃO	Pressurização Liberada
%Q0.5	HAB_STM0	Habilita Motor de Passo

#### Rung2 - Sistema Seguro



**Variables used:**

%I0.0	BOTAO_EMERGENCIA	Botão de Emergência Liberado
%I0.1	PORTA	Porta Fechada
%I0.3	BOTAO_REARME	Botão de Rearme
%M2	SISTEMA_SEGURO	
%M3	SISTEMA_NAO_SEGURO	

**Rung3 - Rearme Liberado**



**Variables used:**

%I0.0	BOTAO_EMERGENCIA	Botão de Emergência Liberado
%I0.1	PORTA	Porta Fechada
%M2	SISTEMA_SEGURO	
%M4	HAB_FLASH_AZUL	
%Q0.4	PRESSURIZAÇÃO	Pressurização Liberada

**Rung4 - Rearme**



**Variables used:**

%I0.3	BOTAO_REARME	Botão de Rearme
%M0	LIGA_GIRO	
%M1	AUTOMATICO_LIGADO	
%M2	SISTEMA_SEGURO	
%MNO	PASSO	
%Q0.4	PRESSURIZAÇÃO	Pressurização Liberada
%Q0.5	HAB_STMO	Habilita Motor de Passo

**Rung5 - Automático Liberado**



**Variables used:**

%I0.1	PORTA	Porta Fechada
%M1	AUTOMATICO_LIGADO	
%M2	SISTEMA_SEGURO	
%M5	HAB_FLASH_VERDE	
%Q0.4	PRESSURIZAÇÃO	Pressurização Liberada

**Rung6 - Automático**



**Variables used:**

%I0.2	BOTAO_LIGA	Botão de Liga Automático
%M1	AUTOMATICO_LIGADO	
%M5	HAB_FLASH_VERDE	

**2 - Automatico**

**Master Task**

*Rung0 - Inicio Ciclo*



**Variables used:**

%M1            AUTOMATICO\_LIGADO  
 %MW0        PASSO

*Rung1 - Tempo Para Ligar Cilindo Formador*



**Variables used:**

%MW0        PASSO  
 %TM2        LIGA\_CIL\_FORMADOR  
 %TM3.Q      DESL\_CIL\_FORMADOR.Q

*Rung2 - Tempo Para Desligar Cilindro Formador*



**Variables used:**

%MW0        PASSO  
 %TM2.Q      LIGA\_CIL\_FORMADOR.Q  
 %TM3        DESL\_CIL\_FORMADOR

*Rung3 - Comando Formador*



**Variables used:**

%MW0        PASSO  
 %Q0.6        CIL\_CONFORMACAO                    Cilindro de Conformação  
 %TM2.Q      LIGA\_CIL\_FORMADOR.Q

*Rung4 - Condição Para Próxima Etapa*



**Variables used:**

%I0.4        SENSOR\_CONFORMACAO                Sensor Avanço Cilindro de Conformação  
 %MW0        PASSO  
 %Q0.6        CIL\_CONFORMACAO                    Cilindro de Conformação

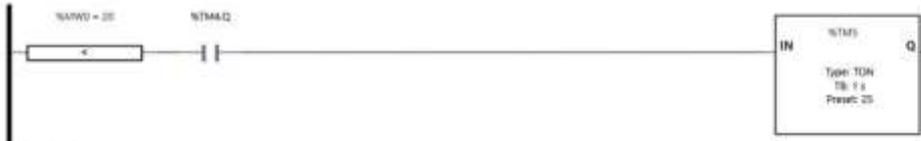
**Rung5 - Tempo Para Ligar Cilindro Sulco**



**Variables used:**

%MNO	PASSO
%TM4	LIGA_CIL_SULCO
%TMS.Q	DESL_CIL_SULCO.Q

**Rung6 - Tempo Para Desligar Cilindro Sulco**



**Variables used:**

%MNO	PASSO
%TM4.Q	LIGA_CIL_SULCO.Q
%TMS	DESL_CIL_SULCO

**Rung7 - Comando Sulco**



**Variables used:**

%MNO	PASSO	
%Q0.7	CIL_SULCO	Cilindro do Sulco
%TM4.Q	LIGA_CIL_SULCO.Q	

**Rung8 - Comando Motor**



**Variables used:**

%I0.5	SENSOR_SULCO	Senso Avanço Cilindro do Sulco
%M0	LIGA_GIRO	
%MNO	PASSO	

**Rung9 - Encerra Ciclo**



**Variables used:**

%I0.5	SENSOR_SULCO	Senso Avanço Cilindro do Sulco
%M1	AUTOMATICO_LIGADO	
%MNO	PASSO	
%Q0.7	CIL_SULCO	Cilindro do Sulco

### 3 - Sinalização

#### Master Task

#### Rung0 - BLINK OFF



#### Variables used:

%M6            TRUE  
 %TM0          TIME\_OFF  
 %TM1.Q        TIME\_ON.Q

#### Rung1 - BLINK ON



#### Variables used:

%TM0.Q        TIME\_OFF.Q  
 %TMI          TIME\_ON

#### Rung2 - AZUL



#### Variables used:

%M4            HAB\_FLASH\_AZUL  
 %Q0.3         LAMPADA\_AZUL            Necessita Reszme  
 %TM0.Q        TIME\_OFF.Q

#### Rung3 - VERDE



#### Variables used:

%M1            AUTOMATICO\_LIGADO  
 %M5            HAB\_FLASH\_VERDE  
 %Q0.2         LAMPADA\_VERDE            Automático  
 %TM0.Q        TIME\_OFF.Q

#### Rung4 - VERMELHO



#### Variables used:

%M3            SISTEMA\_NAO\_SEGURO  
 %Q0.1         LAMPADA\_VERMELHA        Máquina Parada

4 - Motor

Master Task

Rung0 - Start



Variables used:

%M0            LIGA\_GIRO  
 %TMS           PULSO\_LIGA\_GIRO

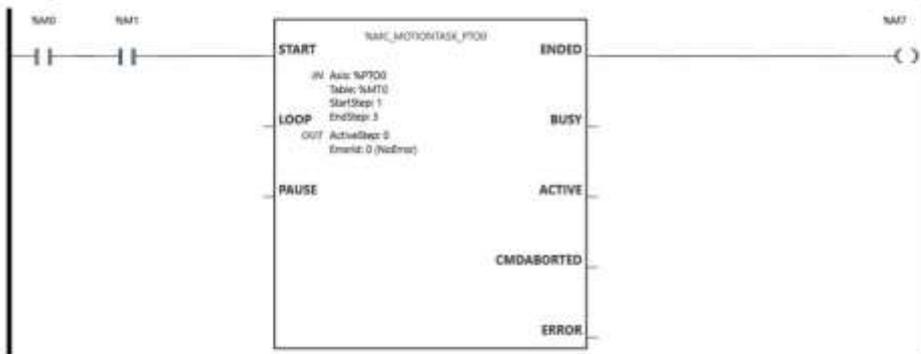
Rung1 - Start



Variables used:

%M0            LIGA\_GIRO  
 %TMS.Q        PULSO\_LIGA\_GIRO.Q

Rung2 - Pulso Motor de Passo



Variables used:

%M0            LIGA\_GIRO  
 %M1            AUTOMATICO\_LIGADO  
 %M7            FIM\_GIRO  
 %MC\_MOTIONTASK\_PT00    MOTOR

Controle Do Motor de Passo

**5 - Seleção Tempos**

Master Task

*Rung0 - Tempos Torta 1*



**Variables used:**

WTM0.6	CHAVE_SELETORA	Seleciona os Tempos Para Cada Forma
WTM2.P	LIGA_CIL_FORMADOR.P	
WTM3.P	DESL_CIL_FORMADOR.P	
WTM4.P	LIGA_CIL_SULCO.P	
WTM5.P	DESL_CIL_SULCO.P	

*Rung1 - Tempos Torta 2*



**Variables used:**

WTM0.6	CHAVE_SELETORA	Seleciona os Tempos Para Cada Forma
WTM2.P	LIGA_CIL_FORMADOR.P	
WTM3.P	DESL_CIL_FORMADOR.P	
WTM4.P	LIGA_CIL_SULCO.P	
WTM5.P	DESL_CIL_SULCO.P	

## APÊNDICE F – DIAGRAMA PNEUMÁTICO

### LISTA DE MATERIAIS

Item	Descrição	Código Fabricante	Qtd.
1	VALVULA SOLENOIDE 3/8"	SY5120-5DZ-01	2
2	VALVULA SOLENOIDE 1/4"	SY7120-5DZ-02	1
3	BASE PARA 4 VÁLVULAS	SS5Y5-20-04	1
4	BUJÃO ROSCA 1/4"	B-02	1
5	CONEXÃO 3/8" L PROLONGADA	KQ2W06-01S	2
6	CONEXÃO 3/8" L	KQ2L06-01S	2
7	CONEXÃO 1/4" RETA	KQ2L10-02S	3
8	SUPORTE PARA VÁLVULA	SX7000-16-1A	1
9	PLACA CEGA	SY5000-26-9A	2
10	CONEXÃO 1/4" L	KQ2L10-02S	4
11	DISCONNECT PNEUMÁTICO	VHS30-F03	1
12	VÁLVULA REGULADORA DE VAZÃO	AW30-F03E	1
13	VÁLVULA REGULADORA DE FLUXO 1/8"	GRLA-1/8-QS-8-D	4
14	SUPORTE T	Y300T	4
15	CILINDRO NORMALIZADO	DSNU-25-300-P-A	1
16	CILINDRO NORMALIZADO	DSNU-32-200-PPV-A	1
17	CONEXÃO RÁPIDA ROSCADA	QS-1/8-8	2
18	TUBO FLEXÍVEL	PUN-8X1,25-BL	
19	COMPRESSOR DE AR 20L 1,5HP 8BAR	863181	1
20	SILENCIADOR	U 1-8	1

PROJETISTA  
 RAFAELA ZARUVNE  
 REVISÃO  
 PEDRO BAUMEL  
 NOTAS

## APÊNDICE G – PARÂMETROS PARA CILINDRO DE CONFORMAÇÃO

FESTO

### Entrada - parâmetros do sistema

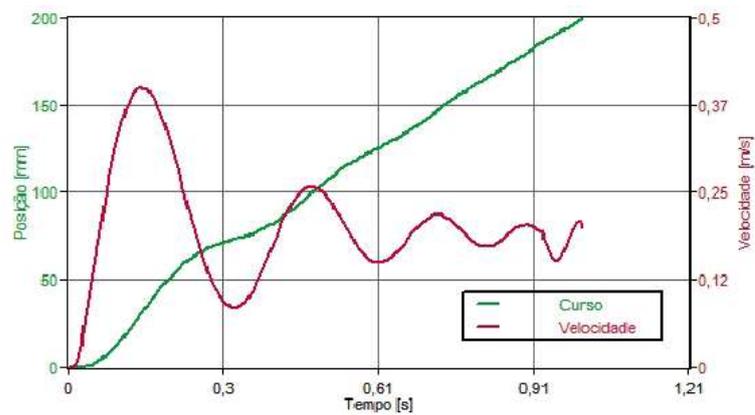
Curso necessário	0.2 m	Direção do movimento	Avanço
Massa movida	15 kg	Pressão de operação	6 bar
Ângulo de montagem	0 deg		

### Lista de materiais

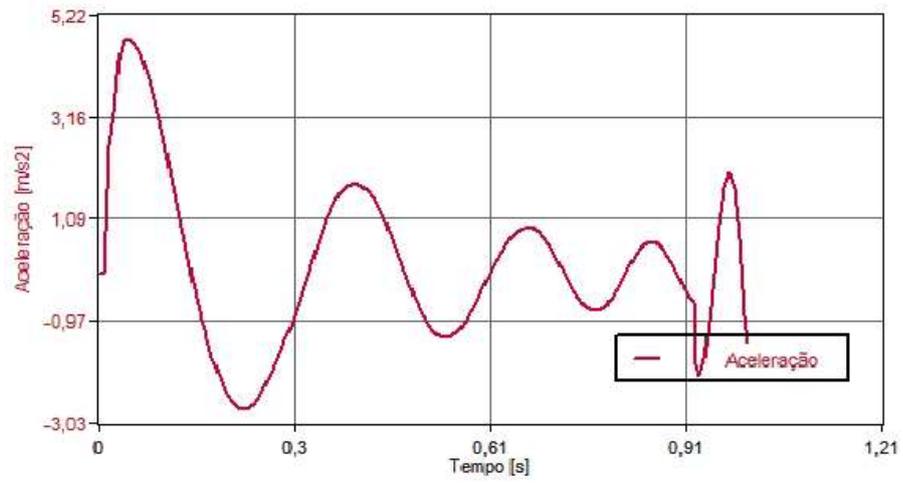
Atuador	DSNU-32-200-PPV-A	196027		
Válvula de retenção unidirecional	GRLA-1/8-QS-8-D	193145	Configuração:	Vazão 5.1 Rotações abertas
Válvula direcional	VUVG-L14-B52-ZT-G18-1P3	566509		
Silenciador	U -1/8	2307		
Tubo flexível [atuador > válvula]	PUN-8x1,25-BL	159666	Comprimento do tubo flexível	1 m
Conexão1	QS-1/8-8	153004		
Tubo flexível [fonte > válvula]	PUN-8x1,25-BL	159666	Comprimento do tubo flexível	1 m
Conexão2	QS-1/8-8	153004		

### Resultados calculados

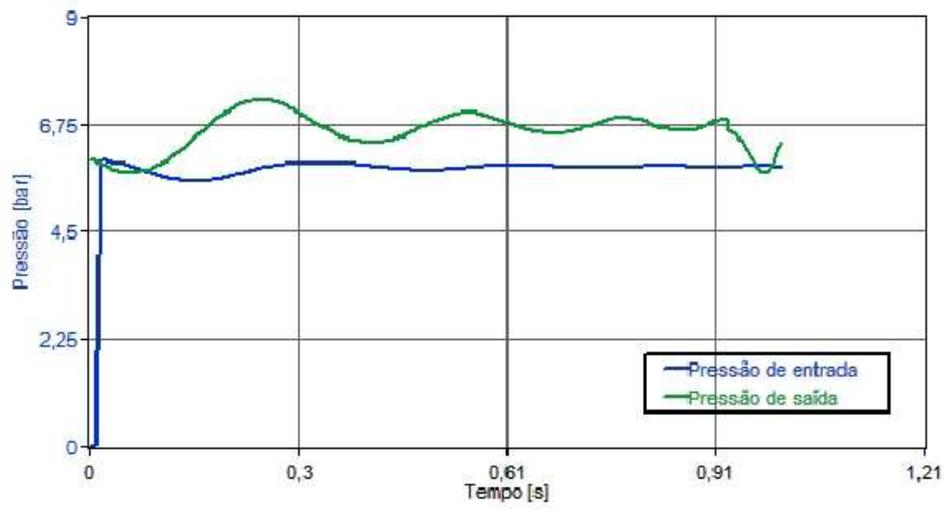
Tempo de posicionamento total	1.003 s	Velocidade de impacto	0.199 m/s
Velocidade média	0.200 m/s	Velocidade máxima	0.398 m/s
Consumo de ar por ciclo	2.451 l		
Ajuste PPV	100 %		
Energia cinética de impacto	0.303 J		



Fonte: site Festo



Fonte: site Festo



Fonte: site Festo

## APÊNDICE H – PARÂMETROS PARA CILINDRO DE SULCO

**FESTO**

### Entrada - parâmetros do sistema

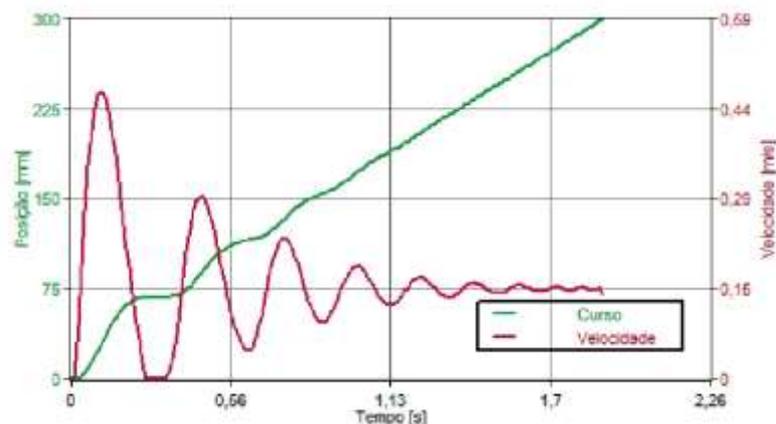
Curso necessário	0.3 m	Direção do movimento	Avanço
Massa movida	5 kg	Pressão de operação	6 bar
Ângulo de montagem	0 deg		

### Lista de materiais

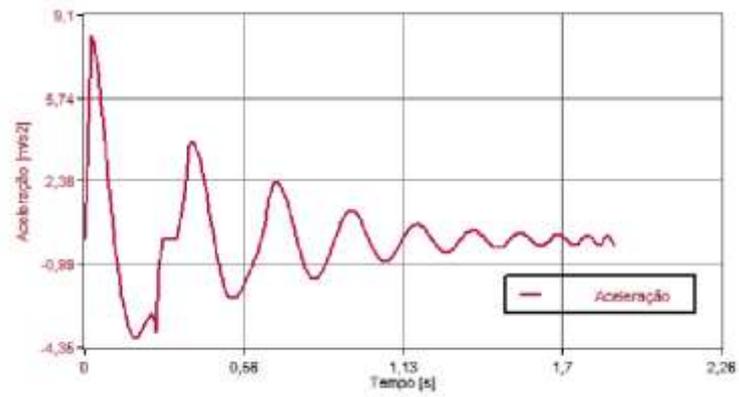
Atuador	DSNU-25-300-P-A	19228		
Válvula de retenção unidirecional	GRLA-1/8-QS-8-D	193145	Configuração:	Vazão3.5 Rotações abertas
Válvula direcional	VUVG-L14-B52-ZT-G18-1P3	566509		
Silenciador	U -1/8	2307		
Tubo flexível [atuador > válvula]	PUN-8x1,25-BL	159666	Comprimento do tubo flexível	1 m
Conexão1	QS-1/8-8	153004		
Tubo flexível [fonte > válvula]	PUN-8x1,25-BL	159666	Comprimento do tubo flexível	1 m
Conexão2	QS-1/8-8	153004		

### Resultados calculados

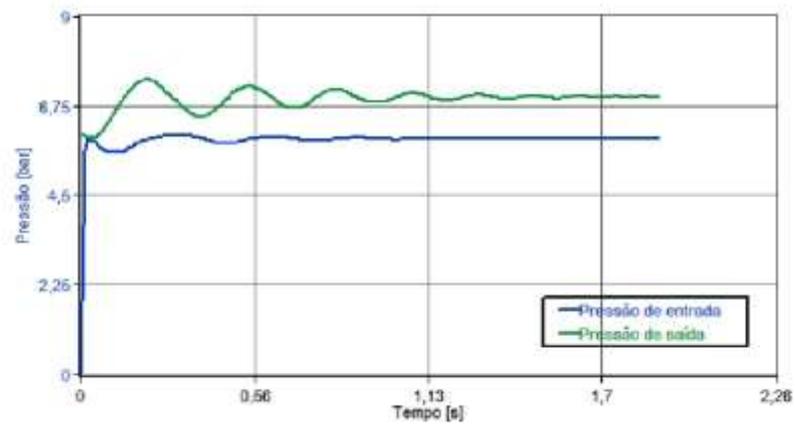
Tempo de posicionamento total	1.881 s	Velocidade de impacto	0.138 m/s
Velocidade média	0.160 m/s	Velocidade máxima	0.471 m/s
Consumo de ar por ciclo	2.227 l		
Energia cinética de impacto	0.050 J		



Fonte: site Festo



Fonte: site Festo



Fonte: site Festo