

ALEX SANDRO PEREIRA

DESENVOLVIMENTO DE UM CONGELADOR RÁPIDO DE BAIXO CUSTO PARA  
ALIMENTOS

Florianópolis 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA  
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE METAL MECÂNICA PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM MECATRÔNICA

ALEX SANDRO PEREIRA

DESENVOLVIMENTO DE UM CONGELADOR RÁPIDO DE BAIXO CUSTO PARA  
ALIMENTOS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Mecatrônica.

Professor orientador: Valdir Noll

Florianópolis-SC

Março/2018

CDD 629.8  
P436d

Pereira, Alex Sandro  
Desenvolvimento de um congelador rápido de baixo custo para alimentos [DIS] /  
Alex Sandro Pereira; orientação de Valdir Noll – Florianópolis, 2018.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Mecatrônica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Congelador rápido de alimentos. 2. Sistema embarcado. 3. Eficiência energética. I.  
Noll, Valdir. II. Título.

DESENVOLVIMENTO DE UM CONGELADOR RÁPIDO DE BAIXO CUSTO PARA  
ALIMENTOS

ALEX SANDRO PEREIRA

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em  
Mecatrônica e aprovada na sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em  
Mecatrônica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa  
Catarina

Florianópolis, 16 de Março de 2018



Prof. Valdir Noll, Dr. Eng. – Orientador

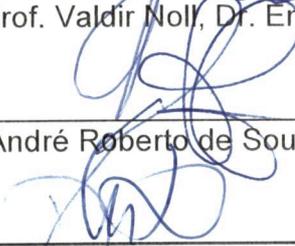


Sra. Cynthia Beatriz Scheffer Dutra, Dr. Eng. – Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Valdir Noll, Dr. Eng. – Presidente



Prof. André Roberto de Sousa, Dr. Eng. – Titular



Sra. Daniela Águida Bento, Dr. Eng. - Titular



Sr. Vladimir Gaidzinski, Me. Eng. - Titular

Dedico este trabalho a minha família,  
amigos e colegas.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar meu caminho em todos os momentos em que me senti desorientado.

Agradeço ao meu orientador, por acreditar neste projeto e me guiar para a conclusão do mesmo.

Agradeço ao meu amigo Professor Jorge Luiz Pereira, pelo suporte e empenho em cada etapa do projeto.

Agradeço a meu pai, Roberto Carlos Pereira, por sempre querer o meu melhor e me ajudar, me apoiar e me suportar, sendo a pessoa que posso contar em todos os momentos da vida. Agradeço a minha mãe, Jovita Fedrizzi Pereira, por acreditar em mim e sempre estar ao meu lado. Agradeço ao meu irmão, Lucas Eduardo Pereira, por ser o meu melhor amigo.

Agradeço a minha companheira, Gisele Sachet Ghisi, por me ajudar com este trabalho, corrigindo-o diversas vezes, pelo suporte nas horas difíceis e por ser a pessoa com quem quero passar o resto da vida.

Agradeço aos meus amigos que sempre estão ao meu lado, que me apoiaram e incentivaram a concluir este trabalho.

Agradeço ao meu amigo, Alexandre Verdin da Silva, por ser o meu guia desde o início da minha carreira, acreditando no meu potencial e estando sempre do meu lado em todas as horas, como um irmão.

Agradeço aos meus colegas do mestrado pelo apoio, incentivo, companheirismo e pelos cafés.

Agradeço a Automatec de Criciúma por ser hoje a maior fonte do meu conhecimento em automação, por prover trabalho para o meu sustento e apoiar sempre que possível para o avanço em pesquisas acadêmicas, sendo um exemplo de empresa para o estado de Santa Catarina.

Agradeço ao SENAI por me dar a chance de ser professor.

Agradeço ao Instituto Federal de Santa Catarina por ter me formado como tecnólogo em mecatrônica industrial, me tornando hoje um profissional completamente capaz de atender ao mercado. Agradeço também por ter me aceitado no programa de mestrado me possibilitando atingir um sonho.

Agradeço ao Prof. Francisco Edson Nogueira de Melo pelas aulas de FPGA e por ter feito parte deste trabalho.

Agradeço ao Prof. André Roberto de Sousa pelas aulas de metrologia e por ser meu orientador enquanto ainda era bolsista do IFSC.

Agradeço a Prof. Daniela Águida Bento por suas aulas de elementos mecânicos e por sua dedicação em enriquecer este trabalho.

Agradeço ao Prof. Jean Paulo Rodrigues pelas aulas de eletrônica de potência e por ser um exemplo como professor, por sua dedicação e paciência.

Aos professores que dedicaram seu tempo para minha formação.  
Vocês fizeram a diferença, obrigado!

“Menor que meu sonho não posso ser.”  
(Lindolf Bell, filósofo blumenauense)

## RESUMO

Neste trabalho desenvolveu-se um protótipo de congelador de baixo custo para alimentos capaz de congelar porções alimentícias, as quais se encontravam na temperatura ambiente de aproximadamente 28 °C, até atingirem -2 °C em menos de 7 minutos. O congelador foi composto por um tanque com álcool a -25 °C e um misturador cuja função foi homogeneizar a temperatura do fluido e aumentar o coeficiente de dissipação térmica do produto.

O método que se utilizou para desenvolver este trabalho foi baseado no Projeto Integrado de Produtos (NELSON BACK, 2008), que fornece e organiza etapas, tarefas, atividades e ferramentas para auxílio no processo de desenvolvimento do projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado. Após definir a concepção que melhor atendeu aos requisitos de projeto, construiu-se um protótipo para testes e validação do mesmo. O alimento escolhido para os testes foi o pinhão, em porções de 500 g, embaladas a vácuo.

Concluiu-se que o equipamento apresenta a capacidade de congelamento esperada, com a capacidade produtiva chegando a 4,7 kg/h. Desta forma, pode-se atender a um nicho de mercado que necessita de um equipamento de baixo custo com capacidade de congelar alimentos de forma rápida.

**Palavras-chave:** Congelador Rápido de Alimentos. Sistema Embarcado. Eficiência Energética.

## **ABSTRACT**

A low-cost food freezer prototype was developed. It was capable of freezing food portions, from room temperature, approximately 28 °C, to -2 °C in less than 7 minutes. The freezer was made of an alcohol tank at -25 °C and a mixer whose function was to homogenize the fluid temperature and increase the product thermal dissipation's coefficient.

The method used to develop this work was based on Integrated Products Project (NELSON BACK, 2008), which provides and organizes steps, tasks, activities and tools to aid the process development of informational, conceptual, preliminary and detailed project. After the design that best met the design requirements was defined, a prototype was built for testing and validation. The food chosen for the tests was pinion, in 500 g portions, vacuum packed.

It was concluded that the equipment reaches the expected freezing capacity, having a productive capacity of 4,7 kg/h. Thus, the product could range market niche that requires low cost equipment with the ability to quickly freeze food.

**Keywords:** Fast Freezer Food. Embedded System. Energy Efficiency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação entre tamanho dos cristais de gelo e velocidade de congelamento.....	18
Figura 2 - Relação entre temperatura, as reações de deterioração e o crescimento e a produção de toxinas de alguns microrganismos. ....	20
Figura 3 - Processo de Desenvolvimento de Produto. ....	22
Figura 4 - Esquema de congelador de placas horizontais de funcionamento descontínuo.....	24
Figura 5 - Ilustração de um sistema de refrigeração para câmara fria. ....	25
Figura 6 - Esquema de congelamento por imersão. ....	26
Figura 7 - Sistema de funcionamento do congelador de nitrogênio. ....	27
Figura 8 - Supercongelador Simply modelo 5GN 1/1. ....	28
Figura 9 - Desenho esquemático do Supercongelador Simply modelo 5GN 1/1.....	29
Figura 10 - Ultracongelador 15GN Genesis Refrigeração. ....	30
Figura 11 - Esquema de funcionamento de uma unidade de refrigeração. ....	31
Figura 12 - Curva de congelamento de cubos de carne de 15,24 cm <sup>3</sup> a -17 °C.....	33
Figura 13 - Fluxograma de processamento do pinhão atual. ....	36
Figura 14 - Fluxograma de processamento do pinhão proposto. ....	37
Figura 15 - Solução de Problemas. ....	49
Figura 16 - Função global do sistema. ....	50
Figura 17 - Funções parciais do sistema 1.....	51
Figura 18 - Funções parciais do sistema 2.....	52
Figura 19 - Funções parciais do sistema 3.....	53
Figura 20 - Módulo 1. ....	74
Figura 21 - Módulo 2. ....	75
Figura 22 - Módulo 3. ....	76
Figura 23 - Módulo 4. ....	77
Figura 24 - Equipamentos do Módulo 5. ....	78
Figura 25 - Modulo A.....	79
Figura 26 - Módulo B.....	80
Figura 27 - Módulo B renderizado.....	80
Figura 28 - Módulo B em detalhes. ....	81
Figura 29 - Módulo C renderizado.....	82
Figura 30 - Vista explodida e vista em corte do módulo D. ....	83
Figura 31 - Módulo D montado na estrutura.....	84
Figura 32- Painel de controle modelagem tridimensional.....	85
Figura 33 - Painel de controle detalhado.....	85
Figura 34 - Esquema ilustrativo das atribuições do arduino.....	86
Figura 35 - Painel de potência modelagem tridimensional.....	87
Figura 36 - Painel de potência detalhado. ....	87
Figura 37 - Balança utilizada para os testes.....	88
Figura 38 - Protótipo do congelador rápido de alimentos.....	88
Figura 39 - Ilustração da Concepção 1.....	89
Figura 40 - Concepção 1.....	90
Figura 41 - Concepção 2.....	91

Figura 42 - Concepção 1 e 2 em diferentes cores.....	92
Figura 43 - Procedimento para preparação do pinhão.....	94
Figura 44 - Procedimento para teste.....	95
Figura 45 - Procedimento de iniciar equipamento.....	96
Figura 46 - Queda da temperatura interna do pinhão (amostra nº 1).....	97
Figura 47 - Queda da temperatura interna do pinhão (amostra nº 2).....	98
Figura 48 - Queda da temperatura interna do pinhão (amostra nº 7).....	98
Figura 49 - Tempo mínimo e máximo para congelar uma porção de 500 g de pinhão até -2 °C.....	100
Figura 50 - Tempo para o equipamento atingir temperatura de regime.....	101
Figura 51 - Câmera Térmica Flir E40 e Tabela de características.....	102
Figura 52 - Fotos térmicas da porção de 500 g de pinhão. (a,b) Imagem térmica e fotografia antes do congelamento; (c,d) Imagem térmica e fotografia após o congelamento sem a embalagem; (e,f) Imagem térmica e fotografia após o congelamento sem a embalagem em perspectiva; (g,h) Imagem térmica e fotografia da porção fragmentada.....	103

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Definição de tempo de congelamento.....	19
Tabela 2 - Requisitos de Cliente. ....	39
Tabela 3 - Representação dos requisitos do cliente.....	40
Tabela 4 - Diagrama de Mudge.....	42
Tabela 5 - Representação dos requisitos do projeto.....	43
Tabela 6 - Matriz de avaliação das funções parciais do sistema.....	54
Tabela 7 - Matriz morfológica.....	55
Tabela 8 - Concepção 1.....	62
Tabela 9 - Concepção 2.....	63
Tabela 10 - Concepção 3.....	63
Tabela 11- Concepção 4.....	64
Tabela 12 - Matriz decisão.....	65
Tabela 13 - Concepção 1 Detalhada.....	67
Tabela 14 - Tempo para congelamento do pinhão.....	96
Tabela 15 - Resultados dos testes.....	99
Tabela 16 - Tempos para iniciar equipamento.....	101
Tabela 17 - Resultados dos testes de inicialização do equipamento.....	101
Tabela 18 - Avaliação do protótipo.....	105
Tabela 19 - Custos do congelador rápido de baixo custo para alimentos.....	110
Tabela 20 – Casa da qualidade (QFD).....	142

## SIMBOLOGIA

NaCl - cloreto de sódio

CO<sub>2</sub> – dióxido de carbono

N<sub>2</sub> - nitrogênio

kg - quilograma

h - hora

hp – horsepower (cavalos de força)

cm<sup>3</sup> - centímetro cúbico

m<sup>3</sup> - metro cúbico

dB - decibéis

mm - milímetro

IP – índice de proteção

s - segundo

°C – graus Celsius

g - grama

W - Watts

Σ - Somatório

## SUMÁRIO

Capítulo 1 .....	17
INTRODUÇÃO .....	17
1.1 - Generalidades .....	17
1.2 - Panorama Mundial da Cadeia do Frio.....	17
1.3 - Congelamento Rápido de Alimentos .....	17
1.4 - Objetivos do trabalho .....	20
2.1 - Introdução .....	23
2.2 - Mercado de Equipamentos de Congelamento Rápido no Brasil .....	27
2.3 – Unidade de Refrigeração.....	30
2.4 - Mercado de alimentos congelados .....	32
2.5 - Comércio de pinhões congelados em Santa Catarina .....	33
Capítulo 3.....	38
Projeto Informacional .....	38
3.1 - Introdução .....	38
3.2 - Levantamento das necessidades dos clientes .....	38
3.3 - Conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto.....	43
3.4 - Avaliação dos requisitos de clientes <i>versus</i> requisitos de projeto.....	47
Capítulo 4.....	49
Projeto Conceitual .....	49
4.1 - Introdução .....	49
4.2 - Definição da estrutura funcional do produto.....	50
4.3 - Busca por princípios de solução e geração de concepções alternativas....	55
4.4 - Avaliação das concepções alternativas .....	65
Capítulo 5.....	72
Construção do Protótipo e Testes.....	72
5.1 - Introdução .....	72
5.2 - Construção do protótipo .....	72
6.2.2 - Protótipo 2 .....	78
5.3 - Planejamento de um novo layout.....	90
Capítulo 6.....	93
Testes .....	93
6.1 - Introdução .....	93
6.2 - Procedimento para teste .....	93
6.3 - Testes do protótipo.....	96

6.4 - Análise da amostra.....	102
6.5 - Inspeção final do protótipo .....	104
Capítulo7 .....	107
Conclusões / Considerações Finais .....	107
7.1 - Introdução .....	107
7.2 - Análise de objetivos e resultados.....	107
7.3 - Recomendações para trabalhos futuros .....	109
7.4 - Conclusões Finais .....	110
Referências.....	112
Apêndice A.....	116
QUESTIONÁRIO COM PUBLICO DIVERSIFICADO .....	116
Apêndice B.....	122
MATRIZ DE APOIO AO LEVANTAMENTO DE NECESSIDADES DOS CLIENTES .....	122
Apêndice C .....	129
PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO .....	129
Apêndice D .....	130
PLANILHA DE GASTOS .....	130
Apêndice E.....	131
ESQUEMA ELÉTRICO DO PAINÉL DO ARDUINO.....	131
Apêndice F .....	141
CASA DA QUALIDADE .....	141
Anexo A.....	143
NORMAS REGULAMENTADORAS E PORTARIAS.....	143



## INTRODUÇÃO

---

### 1.1 - Generalidades

O interesse crescente dos consumidores em alimentos de fácil preparo expandiu o mercado global de alimentos congelados. Além disso, a busca por alimentos saudáveis fez com que o mercado de frutas e hortaliças evoluísse com novas embalagens e tecnologias de congelamento (BRASIL FOODS, 2010).

Alimentos prontos para o consumo são apontados pelo Ibope desde 2010 como uma das tendências mais fortes na indústria de alimentos devido à sua praticidade. Para esse setor o congelamento rápido é essencial, uma vez que proporciona uma refeição com qualidade e segurança.

### 1.2 - Panorama Mundial da Cadeia do Frio

Os congeladores são cada vez mais empregados não apenas para garantir a qualidade, mas também para diminuir perdas financeiras, que para alguns produtos podem chegar a 40% da produção (NITZKE, 2016).

Equipamentos que proporcionam um congelamento rápido do alimento podem ser empregados em diferentes etapas na Cadeia do Frio (todo o processo de armazenamento, conservação, distribuição, transporte e manipulação dos produtos, que necessitam de controle da temperatura), desde o frigorífico até empresas de alimentos prontos para o consumo.

### 1.3 - Congelamento Rápido de Alimentos

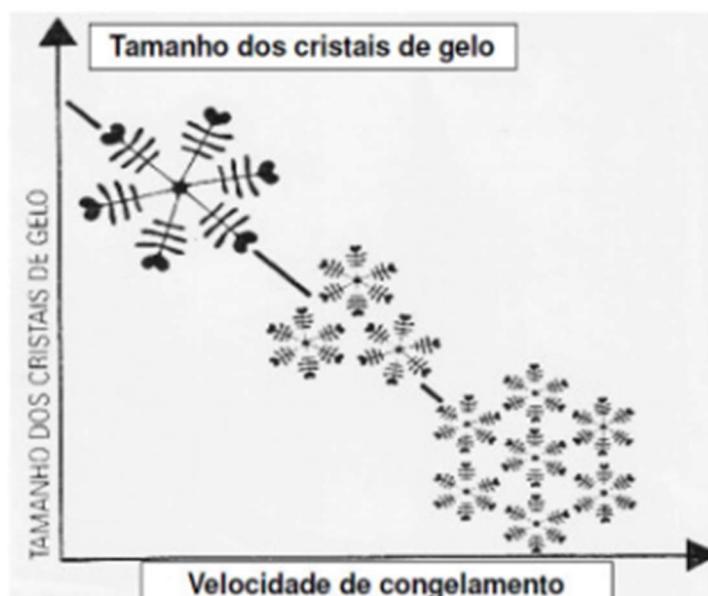
O congelamento rápido de gêneros alimentícios é um processo chave para manter características como sabor, textura e apresentação dos alimentos na indústria alimentícia (NEVES, 1991). Isto garante a qualidade e segurança ao produto. (BRASIL FOODS, 2010).

Durante o congelamento lento a queda da temperatura no alimento demanda muito tempo, o que permite a formação de grandes cristais de gelo no ambiente

extracelular. Isto ocorre porque a concentração de soluto é maior no interior da célula, o que leva ao rompimento da membrana celular e ao extravasamento do fluido intracelular. Durante o descongelamento ocorrerá o efeito conhecido como “gotejamento”, no qual alimento perde nutrientes. Já durante o congelamento rápido do alimento, ocorre primeiro a formação de micro cristais no interior das células, eliminando grande parte das bactérias. Posteriormente ocorre o congelamento extracelular sem a formação de grandes cristais de gelo, reduzindo assim o rompimento das paredes celulares.

A Figura 1 relaciona o tamanho dos cristais de gelo com o tempo de congelamento, quanto mais rápido o congelamento acontece, menor o tamanho dos cristais de gelo.

Figura 1 - Relação entre tamanho dos cristais de gelo e velocidade de congelamento.



FONTE: Lima Lino (2014).

A velocidade de congelamento rápido é de  $0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  e a de congelamento lento de  $0,05 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  (ROÇA, 2010). A taxa de congelamento pode ser definida como o quociente da meia espessura do produto dividido pelo tempo necessário para a temperatura do centro do material chegar a zero (SOUZA, 2013). Ainda que não haja consenso na literatura, alguns autores definiram uma escala em graus Celsius por segundo para definir o tempo de congelamento, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Definição de tempo de congelamento.

Muito lento	menor que 0,01°C/s
Lento	entre 0,01°C/s a 0,06°C/s
Rápido	entre 0,06°C/s a 50°C/s
Super rápido	acima de 50°C/s

FONTE: Souza (2013).

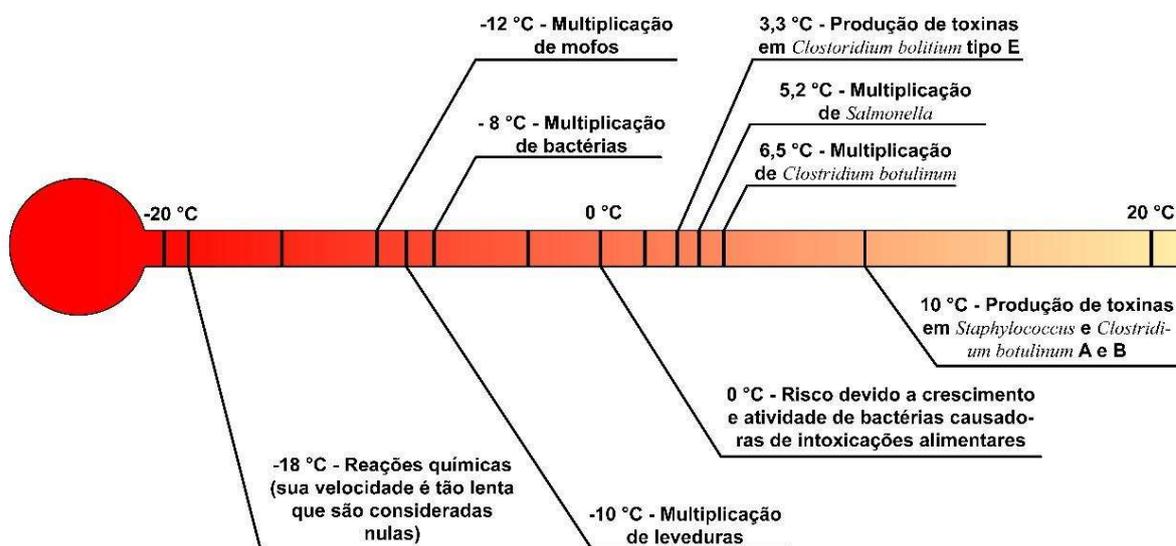
Para a indústria de carnes, por exemplo, o deslocamento de água durante o processo de congelamento, causado por um congelamento lento, significa uma perda de qualidade no produto, pois além de perder nutrientes, a carne fica com uma aparência menos agradável para o consumidor.

Micro-organismos estão naturalmente presentes nos alimentos. Quando em condições favoráveis, iniciam o processo de crescimento e multiplicação, que prejudicam a saúde humana, tais como a Salmonella. A temperatura ótima para o crescimento da maioria desses seres microrganismos varia de 20 °C a 50 °C (NOBRE, 2011).

O congelamento intracelular elimina grande parte dos micro-organismos presentes no alimento, garantindo mais segurança. A Figura 2 apresenta uma escala das temperaturas críticas para alguns micro-organismos, bactérias e até mesmo as reações químicas, naturais do alimento.

Figura 2 - Relação entre temperatura, as reações de deterioração e o crescimento e a produção de toxinas de alguns microrganismos.

### Temperaturas críticas em que cessam :



FONTE: Redesenhado pelo Autor, de Lima Lino (2014).

## 1.4 Objetivos do trabalho

Os objetivos que nortearam o desenvolvimento do projeto estão apresentados a seguir.

### 1.4.1 Objetivo Principal

O objetivo foi desenvolver um congelador de baixo custo, com sistema de controle capaz de congelar rapidamente e eficientemente pequenas porções de alimentos.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

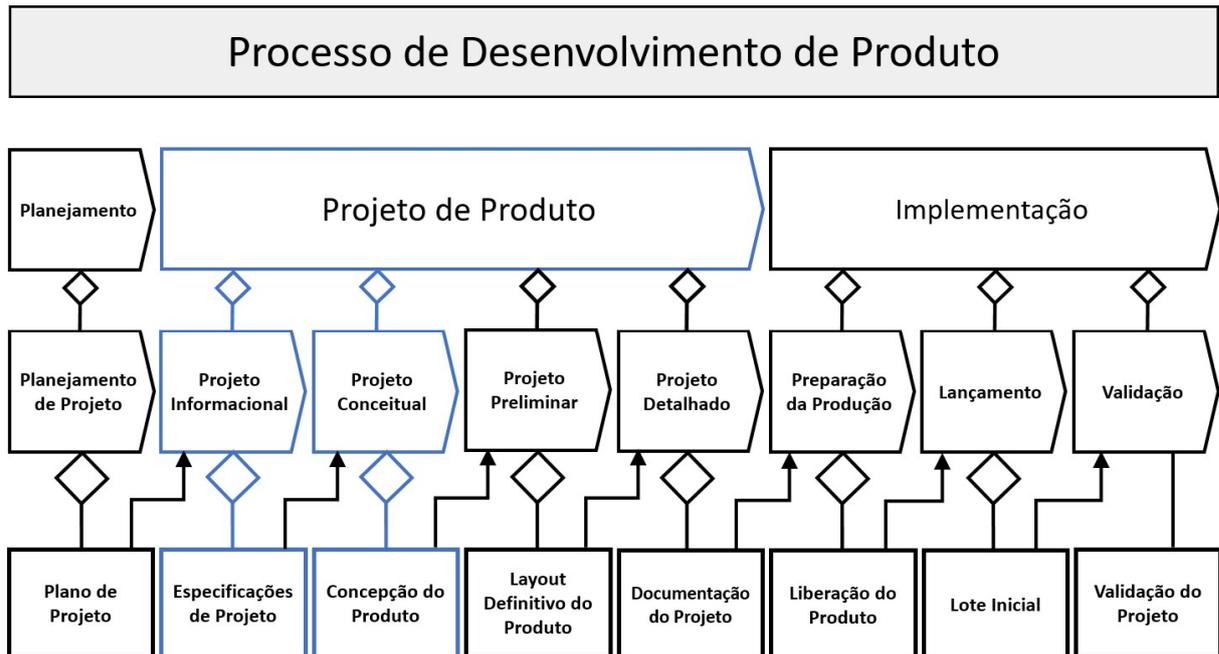
- Projetar o congelador com o uso de softwares de modelagem tridimensional, visando o menor custo financeiro do projeto;

- Construir um protótipo do congelador para testes e avaliar sua viabilidade técnica, considerando tempo de montagem, fornecedores, logística e custo final do produto;
- Desenvolver um processo eficaz de congelamento com reduzido consumo de energia e aumento da produtividade;
- Mensurar o tempo de congelamento de um alimento previamente estabelecido;
- Determinar a capacidade de produção do equipamento, de forma a ter um parâmetro que permita a adequação do equipamento para clientes com demandas distintas;
- Projetar e fabricar um sistema eletrônico que viabilize o monitoramento e posteriormente o controle do protótipo do congelador rápido;
- Calibrar o equipamento para obter confiabilidade nos resultados e alimentar corretamente o sistema de controle;
- Desenvolver uma IHM (Interface Humano Máquina) para o equipamento.

## **1.5 Metodologia utilizada no projeto**

A metodologia de projeto utilizada nesta dissertação baseou-se no Projeto Integrado de Produtos (BACK, 2008), que fornece e organiza etapas, tarefas, atividades e ferramentas para o auxílio no processo de desenvolvimento do projeto do produto (informacional, conceitual, preliminar e detalhado), conforme a Figura 3. Destaca-se que, para esta dissertação, deu-se ênfase no desenvolvimento do projeto Informacional e conceitual, chegando ao desenvolvimento de um protótipo, utilizado para a prova de conceitos e como base para o desenvolvimento de um futuro produto.

Figura 3 - Processo de Desenvolvimento de Produto.



FONTE: redesenhado pelo Autor, de Back (2008).

## 1.6 Estrutura do Trabalho

Capítulo 2 – Estado da arte: Neste capítulo apresentou-se tecnologias em congelamento desenvolvidas ao longo do tempo, chegando aos equipamentos utilizados hoje na Cadeira do Frio.

Capítulo 3 – Projeto Informacional: Capítulo onde foi desenvolvido a geração das especificações, as quais foram classificadas da mais importante para a menos importante.

Capítulo 4 – Projeto Conceitual: Neste capítulo desenvolveu-se princípios de solução para o problema proposto.

Capítulo 5 – Desenvolvimento do Protótipo: Nesta etapa foi apresentado o passo-a-passo para a construção do protótipo.

Capítulo 6 – Testes: O detalhamento dos testes efetuados está descrito neste capítulo. Ao final os resultados são avaliados.

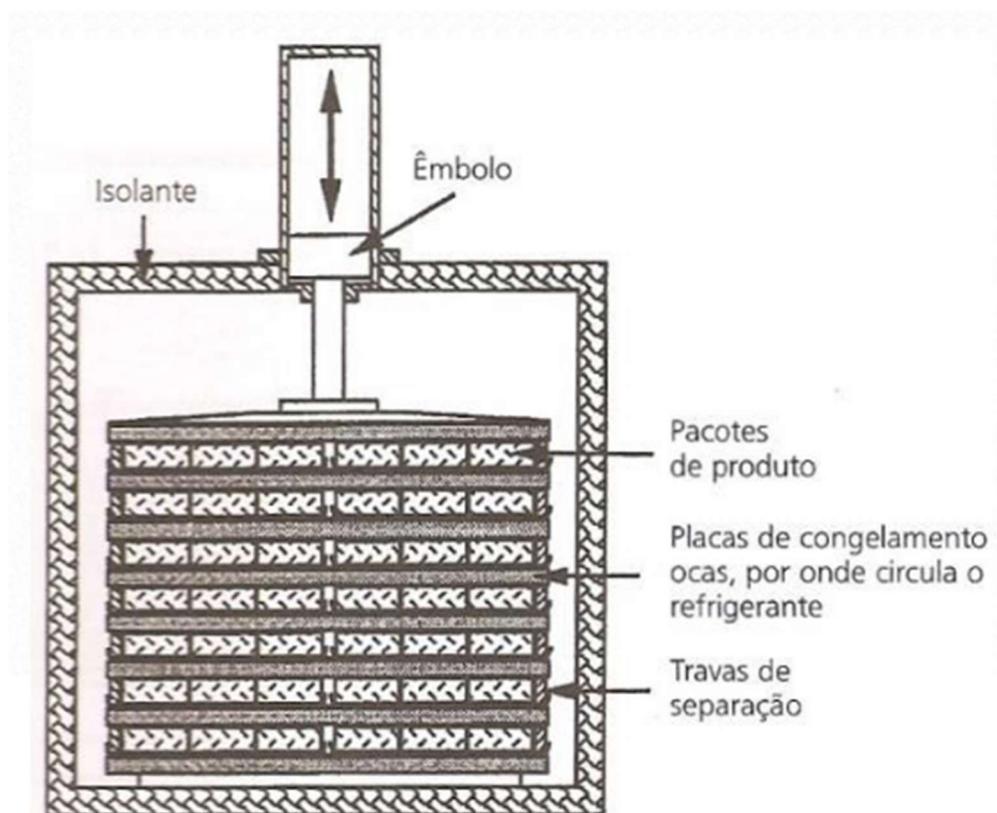
Capítulo 7 – Conclusão: A análise dos objetivos alcançados é descrita neste capítulo. As considerações e orientações de trabalhos futuros também são apresentadas.

#### 2.1 - Introdução

Os métodos de congelamento de alimentos podem ser por: ar imóvel, método mais empregado e de baixa eficiência; congelamento em placas, no qual apoiam-se os produtos em chapas de metal refrigeradas e cuja eficiência é superior ao anterior; congelamento em corrente de ar, também conhecido como congelamento rápido, congelamento brusco e congelamento em túneis, o mais empregado na indústria de carnes, no qual a velocidade do ar utilizado é de 5 a 6 m/s em temperatura de -30 °C; imersão e aspensão de líquidos, pouco utilizado, consiste em imergir o produto acondicionado em uma embalagem em um líquido, necessariamente não tóxico, de baixa viscosidade, de baixo ponto de congelamento e alta condutividade térmica e relativamente barato, para o qual podem ser utilizados salmouras, glicerina e glicóis; a congelação criogênica, a qual eleva os custos do produto e apenas se justifica quando há a urgência em congelar grandes quantidades de alimentos, com elevado valor comercial, em um curto espaço de tempo (LEITÃO, 2015).

O primeiro equipamento industrial projetado para congelar alimentos data de 1920 e foi desenvolvido por Clarence Birdseye, que utilizou um congelador de placas para congelar filés de peixe embalados em caixas (NITZKE, 2016). Embora possa ser utilizado somente para alimentos já armazenados em blocos retangulares, o rendimento térmico era ótimo. Esse sistema era composto de placas, na maioria das vezes dispostas na horizontal, o mesmo foi ilustrado na Figura 4. No interior das placas circulava o fluido refrigerante, assim congelando os produtos dispostos entre as placas. As placas aplicavam leve pressão sobre os produtos para aumentar a superfície de contato.

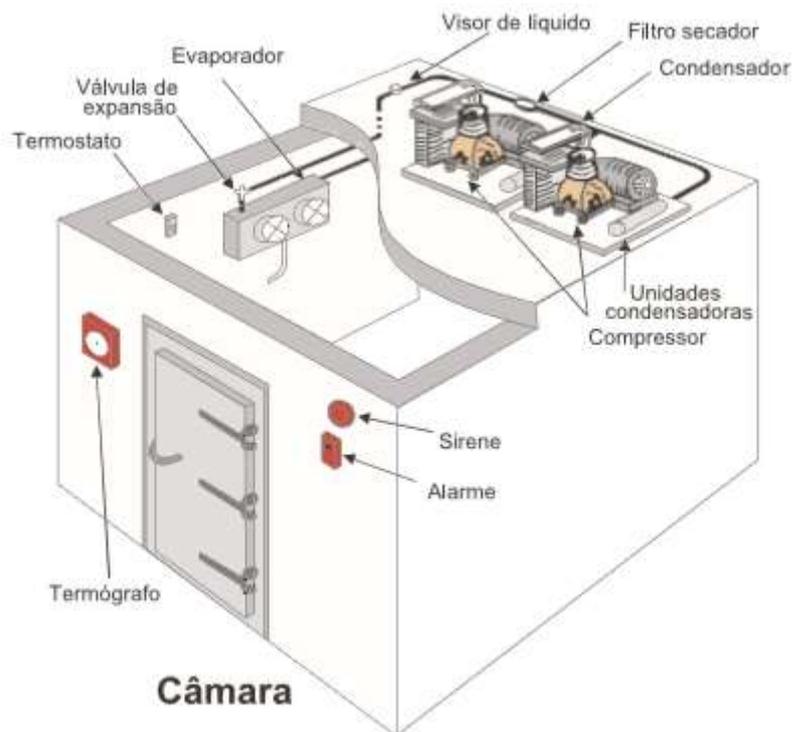
Figura 4 - Esquema de congelador de placas horizontais de funcionamento descontínuo.



FONTE: Nitzke (2016).

A câmara frigorífica, ilustrada na Figura 5, foi utilizada largamente na Cadeia do Frio e pode ser adaptada a diferentes ambientes e armazenar um grande volume de produtos. Câmaras frias normalmente são dimensionadas para manter a temperatura do produto e não para reduzir a temperatura até o seu congelamento (PEREIRA, 2010).

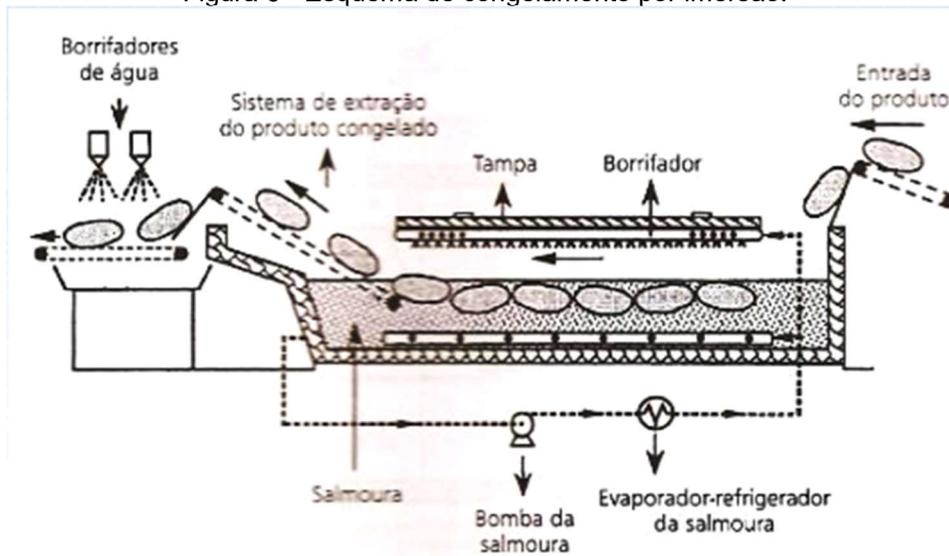
Figura 5 - Ilustração de um sistema de refrigeração para câmara fria.



FONTE: Ministério da Saúde (2001).

Congeladores a líquido refrigerado utilizam-se, normalmente, de soluções de Cloreto de Sódio, açúcar e glicerol, as quais podem atingir respectivamente  $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$  (para 23,3% de NaCl diluído em água),  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (para 62% de sacarose diluído em água) e  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$  (para 67% de glicerol diluído em água). É possível imergir alguns alimentos direto na solução sem embalá-lo, como peixes em solução salina (NOBRE, 2011). Um esquema de congelamento por imersão foi ilustrado na Figura 6.

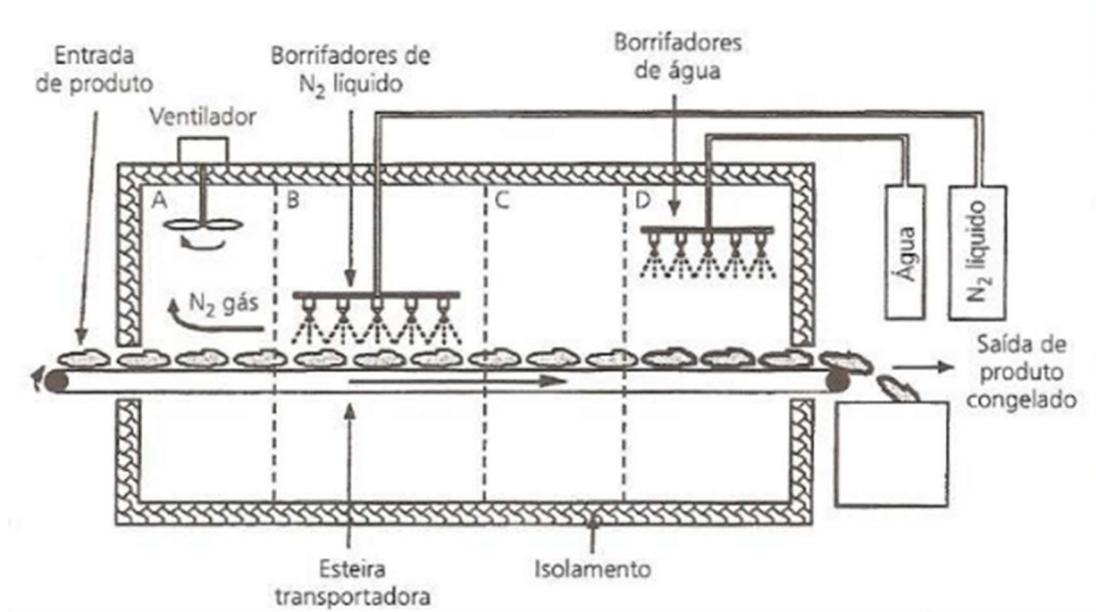
Figura 6 - Esquema de congelamento por imersão.



FONTE: Nitzke (2016).

Utiliza-se muito o congelamento criogênico em produtos de alto valor agregado, devido garantia de alta qualidade. O impeditivo à expansão desta forma é seu custo elevado pela necessidade de fluidos criogênicos. Esse método se diferencia do congelamento por imersão, pois nele existe mudança de estado com a troca do calor latente. Um dos principais fornecedores desse tipo de equipamento é a White Martins, fornecendo armários criogênicos para produções de até 300 kg/h, e túneis de congelamento lineares. O túnel de congelamento linear, ilustrado na Figura 7, é contínuo e o comprimento do sistema varia de acordo com a capacidade produtiva. Neste equipamento, o CO<sub>2</sub> ou o N<sub>2</sub> é jateado sobre o produto.

Figura 7 - Sistema de funcionamento do congelador de nitrogênio.



FONTE: Nitzke (2016).

Para produtos muito delicados e que necessitam de um manuseio especial utilizam-se os túneis de imersão, nos quais o produto é imerso em nitrogênio líquido a  $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Congelador do tipo de Transferência Contínua, normalmente utilizado para congelamento de alimentos, pulveriza ar gelado sobre os itens enquanto os mesmos são transportados por uma esteira transportadora (MAYEKAWA, 2006).

## 2.2 - Mercado de Equipamentos de Congelamento Rápido no Brasil

No âmbito de equipamentos para cozinha, a maior referência nacional é a Tramontina. Esta empresa possui um congelador rápido de alimentos nomeado pela mesma de supercongelador profissional. Os equipamentos apresentam uma estrutura em aço inox com visor digital e botões sensíveis ao toque, como podemos ver na Figura 8.

Figura 8 - Supercongelador Simply modelo 5GN 1/1.

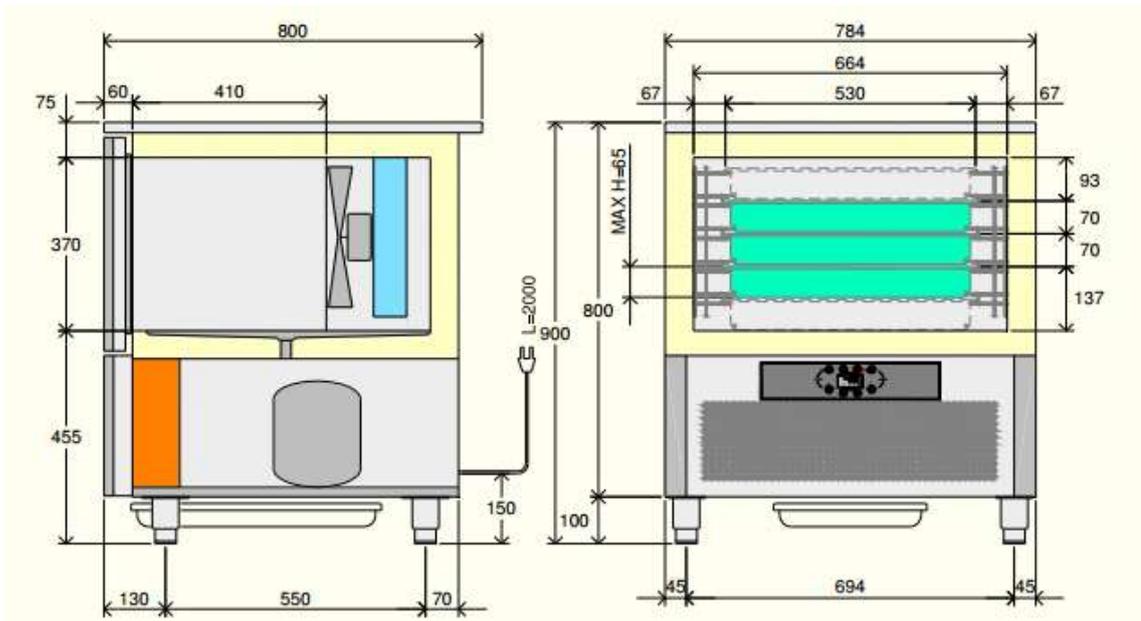


FONTE: Tramontina (2017).

A produtividade deste modelo é de 9 kg para um ciclo de 270 minutos considerando a temperatura inicial do alimento a 90 °C e a final -18 °C. Neste caso, o alimento sai do equipamento na temperatura de armazenamento.

O sistema de congelamento do Supercongelador Simply consiste em forçar a passagem do ar, sob temperaturas extremamente baixas e em alta velocidade, pelo alimento. A circulação forçada de ar aumenta o coeficiente de transferência de calor e diminui o tempo de congelamento em relação a um congelador convencional. Para que esse sistema funcione, o evaporador deve ter a capacidade de trocar todo esse calor, e para isto é necessário um compressor de alta potência, o que também aumenta a quantidade de gás refrigerante no sistema. Para esse modelo, utiliza-se um compressor de 1 hp e 1 kg de gás refrigerante. Para um equipamento com capacidade de congelamento de 2 kg/h, como este, o custo de aquisição pode variar entre 40 e 62 mil reais. O Supercongelador Simply, modelo 5GN 1/1, está ilustrado em detalhes na Figura 9, onde é possível analisar o espaço útil e suas dimensões externas.

Figura 9 - Desenho esquemático do Supercongelador Simply modelo 5GN 1/1.



FONTE: Tramontina (2014).

Algumas empresas menores possuem produtos similares e de menor valor em seu catálogo, como é o caso da Genesis Refrigeração que disponibiliza o Ultracongelador 15GN, com capacidade de 45 kg/ciclo, pelo valor de R\$ 19.980,00, o mesmo é ilustrado na Figura 10. O equipamento da Tramontina com a mesma capacidade pode ultrapassar R\$ 90.000,00 para aquisição no mercado brasileiro.

Figura 10 - Ultracongelador 15GN Genesis Refrigeração.



FONTE: Genesis (2018).

Outra forma de congelar o alimento de forma rápida é utilizar um túnel de resfriamento, equipamento muito empregado para indústria de salgados assados e fritos. A empresa Nuernberg Refrigeração de Tubarão-SC produz um túnel com capacidade de congelamento de quatro toneladas por hora. O equipamento utiliza um compressor de 25 hp e seis ventiladores para o evaporador, ocupando um espaço de aproximadamente 12 m<sup>2</sup> e custando entre R\$ 200.000,00 e R\$ 300.000,00.

O principal material utilizado na confecção de equipamentos para indústria alimentícia é o aço inox, um material que não oxida quando em uma liga nobre como o 304, podendo encontrá-lo também em suas mais diferentes ligas. O material garante ao comprador um investimento garantido ao considerar qualidade e longevidade. Além disso, o acabamento estético que esse material proporciona é ótimo para diferentes projetos e respeita as normas de segurança alimentar citadas no Anexo A deste trabalho.

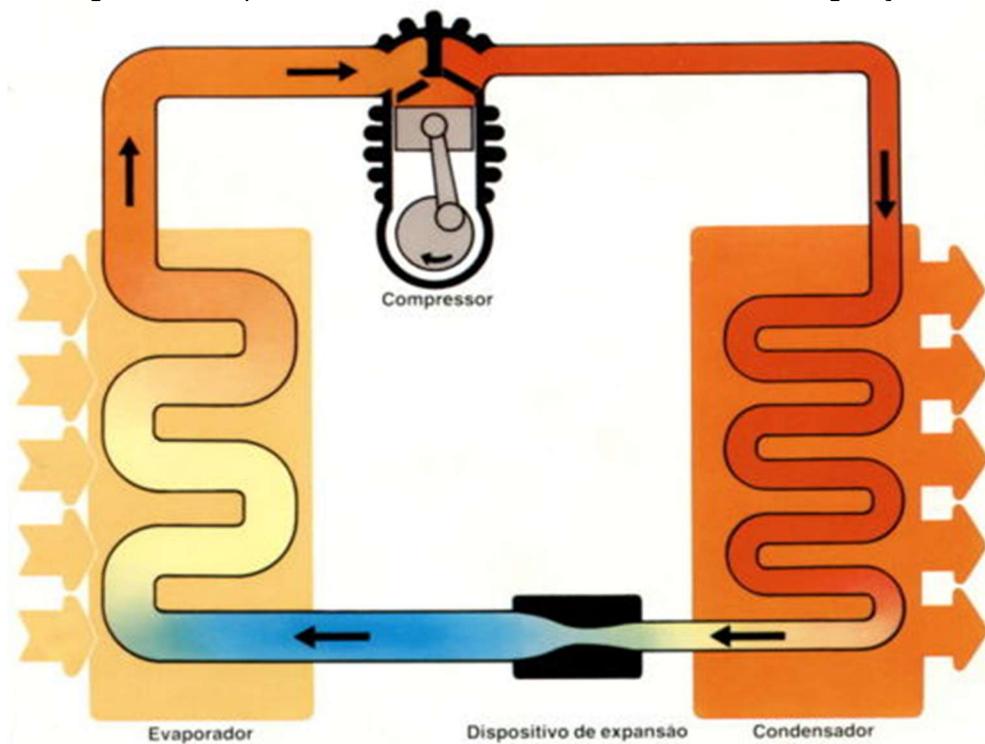
### **2.3 – Unidade de Refrigeração**

A unidade de refrigeração evoluiu nos últimos anos com pesquisas apoiadas por empresas multimilionárias, como a Whirlpool S.A. (Subsidiária da americana Whirlpool Corporation) que emprega cerca de 11 mil colaboradores em 6 países. O

grande consumo atual, alavancado pelos condicionadores de ar e refrigeradores, cada vez mais presentes nas casas e empresas de todo país, é tido como o responsável por este incentivo. O gás utilizado, a serpentina, a eficiência do compressor, o óleo do mesmo e até a vibração do equipamento é estudado por diferentes universidades, sempre encontrando melhorias no processo e na fabricação da unidade de refrigeração.

O compressor tem por finalidade fornecer calor ao gás refrigerante, calor este que foi perdido no evaporador. O gás é enviado por meio de tubos de cobre até o condensador, onde ele se liquefaz ao entrar em contato com as baixas temperaturas do condensador. Em seguida, o gás liquefeito é orientado para um depósito onde fica até ir para o evaporador. Para que a substância refrigerante, ainda líquida, consiga passar para o estado gasoso, é preciso calor, assim a vaporização ocorre dentro do evaporador. Esse processo é exemplificado em forma de esquema pela Figura 11.

Figura 11 - Esquema de funcionamento de uma unidade de refrigeração.



FONTE: Lima Lino (2014)

As temperaturas de evaporação e condensação podem variar dependendo da aplicação podendo chegar a -40 °C a +20 °C e +25 °C a +65 °C, respectivamente (DANGUI, 2016).

A unidade de refrigeração também influenciou no valor final do equipamento desenvolvido neste trabalho, pois se utilizou um compressor com potência inferior aos encontrados nos equipamentos da mesma categoria, reduzindo assim os custos com energia elétrica, questão melhor abordada no Capítulo 7.

Porém, o que aparentemente é um material perfeito para indústria alimentícia, acarreta um elevado custo ao consumidor, por se tratar de um material de alto valor agregado. O custo também aumenta na etapa de fabricação, pois desde a etapa de solda até o acabamento, o aço inox gera mais custos e mais tempo de fabricação quando comparado com o aço carbono 1020, material muito utilizado pela indústria na fabricação de máquinas. A pesquisa apresentada no Apêndice A indica que o aço inox é o material mais desejado como acabamento de máquinas pelos consumidores. Contudo, o preço de venda de um equipamento com este acabamento ainda é uma barreira que limita o público alvo final.

## **2.4 - Mercado de alimentos congelados**

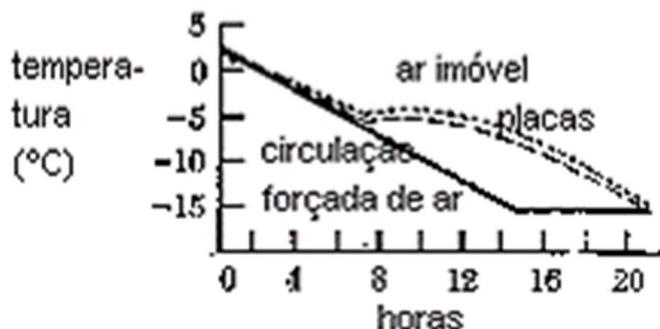
Como já mencionado no Capítulo 1.1, o mercado de alimentos congelados está em alta com o surgimento de um novo modelo de mercado baseado na rapidez e praticidade como fatores essenciais. O alimento agora tem seu modo de preparo, com uma gama de opções as quais só é preciso aquecer o alimento e ele já está pronto para o consumo. Quem compra, ganha tempo no preparo do alimento. Quem vende, ganha com as margens de lucro maiores por se tratar de um produto normalmente vendido em porções menores ou até individuais.

Os alimentos prontos para consumo, facilmente encontrados no mercado, são dos mais diversos. De uma simples lasanha a um elaborado marreco recheado com repolho roxo, alimento tradicional alemão. Todos eles são congelados por um dos processos mencionados no Capítulo 2, utilizando-se o que mais for conveniente dadas as características de cada alimento e o volume de produção.

A carne é o alimento que mais demanda um processo eficiente e uma capacidade de refrigeração muito alta, dado o grande volume de carne produzida

pelas empresas do setor. Na Figura 12 mostra-se a curva de queda de temperatura por 3 diferentes métodos de congelamento, destacando-se o grande tempo (12 h a 20 h) para se chegar à temperatura desejada, de um cubo de carne de 15,24 cm<sup>3</sup>, apresentado por OLIVEIRA ROÇA (2001).

Figura 12 - Curva de congelamento de cubos de carne de 15,24 cm<sup>3</sup> a -17 °C.



FONTE: Oliveira Roça (2001).

Outro setor que evoluiu e movimentou o mercado de máquinas é o de salgadinhos, encontrados em padarias e supermercados, tais como a coxinha, o rissole, a salsicha empanada e outros. Algumas empresas se especializaram em fabricar, congelar e vender esses alimentos para o comércio, removendo este processo e reduzindo custos operacionais. Com esta mudança, surgiram novas necessidades para o processo. Para o congelamento utilizar-se-ia, normalmente, o túnel de congelamento com corrente de ar, equipamento cujo custo inicial é de, pelo menos, R\$ 200.000,00 (Nuernberg Refrigeração), portanto difícil de ser adquirido por pequenas empresas. As empresas menores deste ramo, então, utilizam-se de métodos menos eficientes e possivelmente prejudiciais a qualidade dos seus produtos, como o congelamento a ar imóvel.

## 2.5 - Comércio de pinhões congelados em Santa Catarina

Um alimento ainda não comumente encontrado pronto para consumo, congelado em supermercados, é o pinhão, o qual movimentou a agricultura familiar no oeste de Santa Catarina. Para muitas famílias que vendem pinhão às margens das estradas em época de safra, o pinhão não representa apenas uma renda extra, mas

uma forma de sobrevivência (OLIVERA, 2008). Em função disso, tal alimento foi escolhido como objeto de estudo desta dissertação.

O valor nutricional do pinhão é alto, sendo rico em proteínas, cálcio, ferro, fósforo e vitaminas. O cozimento não altera o valor nutricional do pinhão. O valor do quilograma de pinhão pago ao produtor, segundo uma pesquisa da Conab feita em 2014 variou entre R\$1,50, em Guarapuava/PR, a R\$5,75, em São Francisco de Paula/RS.

O pinhão pode ser armazenado em temperatura ambiente por apenas 5 dias (OLIVERA, 2005). Assim, os agricultores veem os preços despencarem em época de safra e subirem na entressafra. O pinhão possui umidade maior que 80% e uma atividade de água de 0,98, o que provoca uma rápida contaminação por fungos (OLIVERA, 2005).

O pinhão, já cozido e embalado a vácuo, pode ser armazenado a uma temperatura de 1 °C, contudo com o decorrer do tempo a textura fica pastosa e o sabor azedo (SICT-SUL, 2013). Pode-se armazenar o pinhão a 1 °C, em rede, contudo após algumas semanas a aparência do pinhão muda, consequência da desidratação (SICT-SUL, 2013). Uma alternativa seria congelar o pinhão, processo feito por algumas empresas de grande porte, porém uma tecnologia ainda onerosa para o agricultor familiar catarinense.

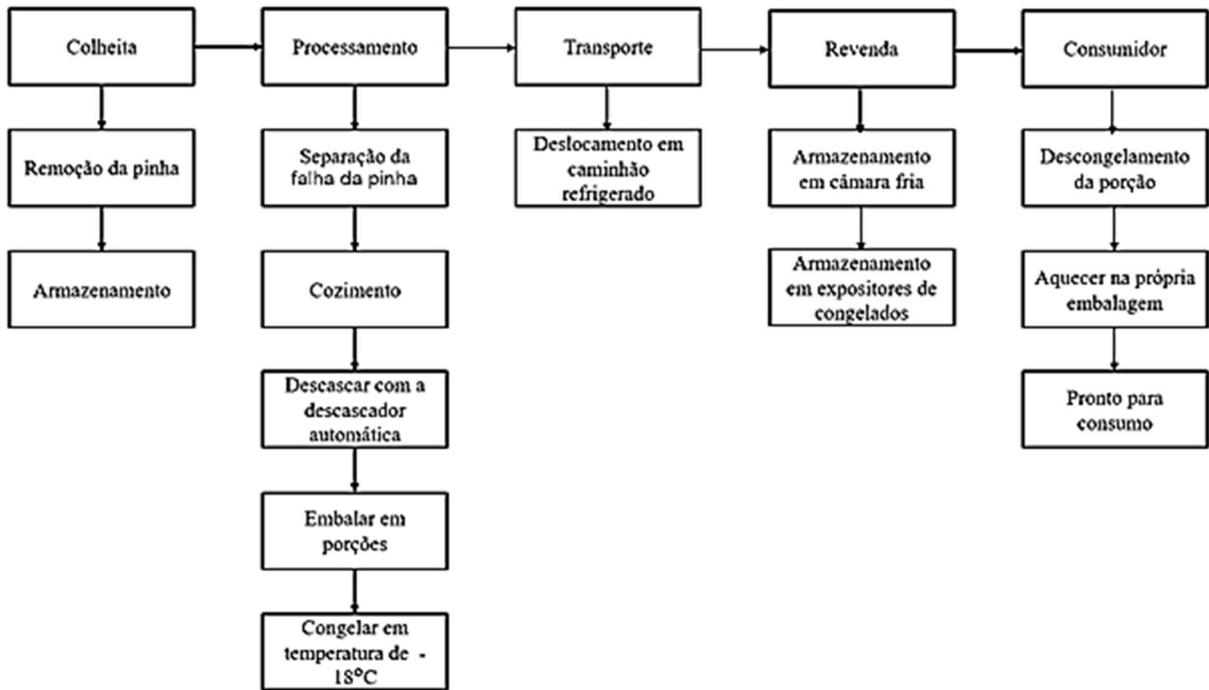
Um estudo, feito pelo Instituto Federal Catarinense/Campus Sombrio, armazenou porções de pinhão de diferentes formas e após 240 dias avaliou as amostras. O resultado foi que as amostras congeladas a vácuo não apresentaram desenvolvimento microbiano (SILVA, 2013).

“Considerando-se que a produção de microtoxinas pode ocorrer nas diversas fases do desenvolvimento, maturação, colheita, transporte, processamento e armazenamento dos produtos vegetais, percebe-se a vital importância da pós-colheita no processamento e acondicionamento adequados dos vegetais e suas partes a serem consumidos, por animais e por humanos, estando relacionada diretamente não só à economia, mas principalmente a saúde pública.” (SILVA, 2013)

Visando este mercado a Maquinarium®, empresa especializada em desenvolvimento de equipamentos automatizados, localizada em Criciúma, busca uma solução para explorar este nicho de mercado ao preencher a lacuna do congelamento, principal causador da perda de qualidade do produto.

O processo de congelamento de pinhão atual foi detalhado na Figura 13.

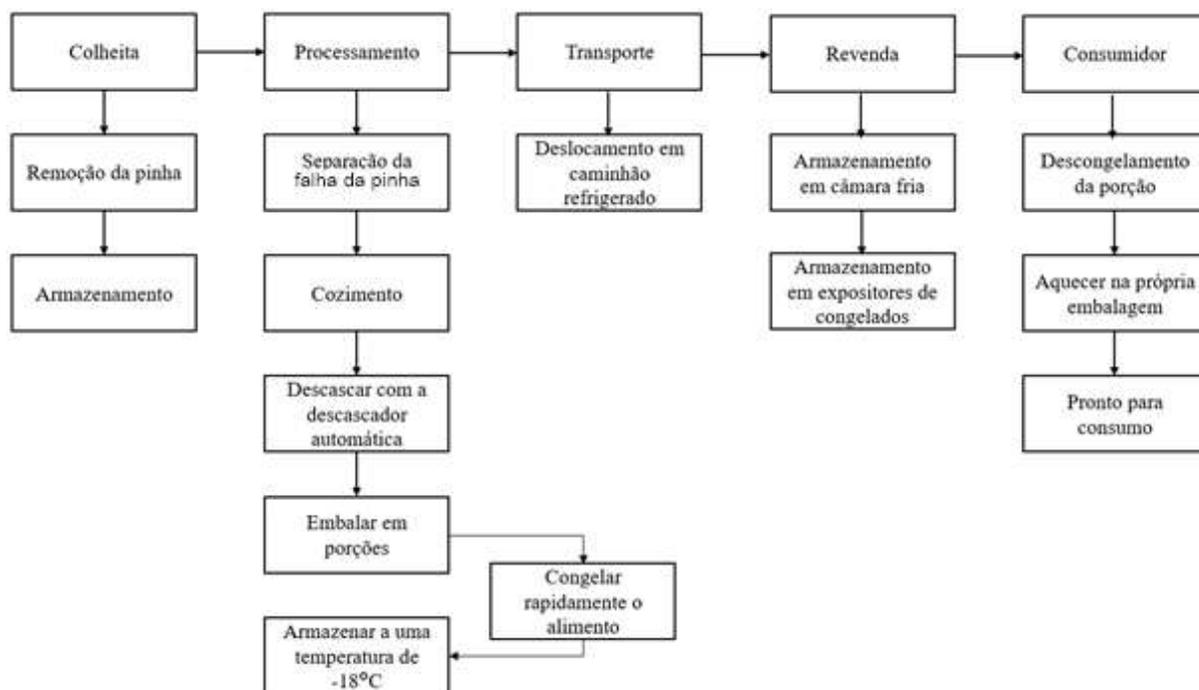
Figura 13 - Fluxograma de processamento do pinhão atual.



Fonte: Autor.

Com o congelamento lento do pinhão a perda na qualidade se torna evidente e o produto é rejeitado pelo mercado. O processo necessita, portanto, de um equipamento capaz de congelar porções de pinhão de forma eficiente e com um custo aplicável ao agricultor, para que ele consiga fazer este processo e obter uma renda extra melhor distribuída, sem sofrer com a baixa na entressafras. A Figura 14 apresenta o processo proposto, o qual foi possível com o congelador rápido de baixo custo para alimentos.

Figura 14 - Fluxograma de processamento do pinhão proposto.



FONTE: Autor.

# Projeto Informacional

---

### **3.1 - Introdução**

Neste capítulo são abordadas etapas, dentre as quais está o levantamento das necessidades dos clientes. Esta primeira etapa tem por objetivo buscar as reais necessidades dos clientes por meio de entrevistas e questionários. Desta forma nenhuma “falsa necessidade” passa para a etapa seguinte, assim, não influenciando de forma negativa no andamento do trabalho. As necessidades dos clientes são apresentadas como Requisitos de Cliente e comparados uns aos outros, pelo Diagrama de Mudge.

Como resultado do Diagrama de Mudge obteve-se os Requisitos de Cliente agora hierarquizados do mais importante para o menos importante. Com isso, chegou-se a próxima etapa, a conversão dos Requisitos de Cliente em Requisitos de Projeto.

Os Requisitos de Projeto são orientações técnicas para que o projeto seja desenvolvido seguindo estas orientações. Alguns requisitos são mais importantes que outros, sendo assim foi necessário classificá-los do mais importante para o menos importante e valorá-los para que se possa analisar o quão mais importante são, a ferramenta utilizada foi a Casa da Qualidade.

Por fim conclui-se o capítulo que, inicialmente, obtinha apenas necessidades dos clientes em termos informais, com objetivos descritos em termos técnicos, com as respectivas importâncias para o projeto.

### **3.2 - Levantamento das necessidades dos clientes**

Para desenvolver o congelador rápido de alimentos, definiram-se requisitos atendidos em seu desenvolvimento. A etapa de levantamento das necessidades, geralmente resulta em uma exposição mal definida do problema (NORTON, 2013). Essas informações foram adquiridas por meio de pesquisa e entrevista com os

possíveis beneficiários e convertidas em requisitos de cliente, que são as necessidades do cliente (Tabela 2) expressa de forma técnica.

Tabela 2 - Requisitos de Cliente.

Requisitos de Cliente
Congelar alimento até uma temperatura suficiente para manter a qualidade do mesmo
Poder operar em qualquer temperatura ambiente
Manutenção e manutenibilidade de baixo custo
Fácil de limpar
Ocupar pouco espaço
Fácil de transportar
Ser seguro de operar
Poder usar para diferentes tipos de alimentos no equipamento
Tem que ser econômico
Baixo custo
Ter uma boa durabilidade
Possuir uma boa estética
Fácil usabilidade
Poder ser operado por apenas um operador
Equipamento não pode produzir muito barulho ou ruídos
Ter mais de uma opção de acabamento
Equipamento não deve exalar mau cheiro
Atender as normas regulamentadoras do setor
Considerar somente o congelamento de alimentos embalados

Não proporcionar insalubridade ao operador do equipamento
Ter poucos passos de montagem durante a fabricação.
Consumir o mínimo de insumos possível na fabricação.
Ter um processo de fabricação do equipamento para viabilizar a terceirização.

FONTE: Autor.

Em seguida usou-se o diagrama de Mudge, Tabela 4, para saber o grau de importância de cada requisito de cliente obtido. O diagrama de Mudge se desenvolve comparando em pares os requisitos com as seguintes perguntas:

- a) Qual o requisito mais importante para o sucesso do produto?
- b) Quanto mais importante é este requisito?

Usando o critério de pontuação de 5, 3 e 1, os quais respectivamente significam Alto, Médio e Baixo, completou-se uma sequência dos itens mais importantes para o sucesso do produto. Cada requisito de cliente foi representado por uma letra do alfabeto como mostra a Tabela 3, facilitando assim a manipulação dos dados no diagrama de Mudge.

Tabela 3 - Representação dos requisitos do cliente.

	Requisitos de Cliente
A	Congelar alimento até uma temperatura suficiente para manter a qualidade do mesmo
B	Poder operar em qualquer temperatura ambiente
C	Manutenção e manutenibilidade de baixo custo
D	Fácil de limpar
E	Ocupar pouco espaço
F	Fácil de transportar
G	Ser seguro de operar

H	Poder usar para diferentes tipos de alimentos no equipamento
I	Tem que ser econômico
J	Baixo custo
K	Ter uma boa durabilidade
L	Possuir uma boa estética
M	Fácil usabilidade
N	Poder ser operado por apenas um operador.
O	Equipamento não pode produzir muito barulho ou ruídos
P	Ter mais de uma opção de acabamento
Q	Equipamento não deve exalar mau cheiro
R	Atender as normas regulamentadoras do setor
S	Considerar somente o congelamento de alimentos embalados
T	Não proporcionar insalubridade ao operador do equipamento
U	Ter poucos passos de montagem durante a fabricação.
V	Consumir o mínimo de insumos possível na fabricação.
X	Ter um processo de fabricação do equipamento para viabilizar a terceirização.

FONTE: Autor.

Tabela 4 - Diagrama de Mudge.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	X	Somatório
A		A3	A5	A5	A5	A5	G5	A1	A1	A1	A3	A5	A5	A5	A3	A5	A3	R1	A3	T1	A3	A5	A5	76
B			B1	B1	B3	B1	G5	H3	I3	J3	B1	B1	B1	N1	B3	B1	Q1	R3	S1	T5	B3	B1	X1	17
C				D1	C3	C3	G5	H5	I3	J3	K1	L3	M3	N1	O1	C5	Q1	R3	C5	T5	U1	C3	X1	19
D					E5	D3	G5	H5	I5	J5	K1	L5	M5	N5	Q1	P1	Q5	R5	S1	T5	U5	D1	X5	2
E						E3	G5	H1	I3	J5	E1	L1	M1	N5	O3	P1	Q3	R5	E3	T5	E1	E3	E1	17
F							G5	H5	I3	J5	K3	L1	M1	N3	O3	P1	Q5	R5	F3	T5	F5	F3	F5	16
G								G3	I1	G3	G5	G1	G5	G5	G1	G5	G1	R1	G5	G1	G5	G5	G3	78
H									I1	J3	H3	H5	H3	N1	H1	H1	Q1	R5	H5	T5	P1	V1	H1	35
I										J1	I3	I1	I5	I3	I5	I5	I1	R1	I5	T1	I1	V1	I1	49
J											J5	J3	J1	J5	J1	J1	J1	R1	J5	T1	J1	J3	J5	46
K												L5	M1	K1	O5	K1	Q1	R3	K5	T5	U1	K1	K5	18
L													L5	L5	L1	L3	Q1	R3	L3	T5	L1	V1	L3	36
M														N1	O1	M3	Q3	R5	S1	T5	M1	M1	M1	17
N															O3	P1	Q5	R5	N3	T5	U5	V5	X1	20
O																O5	Q3	R1	O5	T3	O3	O1	O5	35
P																	Q3	R5	P5	T5	U3	V5	P1	10
Q																		R5	Q3	T5	Q5	Q3	Q5	48
R																			R5	R1	R3	R1	R5	67
S																				T5	U3	V5	X3	3
T																					T5	T3	T5	84
U																						V1	U1	19
V																							V5	13
X																								11

FONTE: Autor.

Como resultado do Diagrama de Mudge, obtiveram-se os requisitos de cliente hierarquizados e com isto uma ideia válida de quais seriam os requisitos de cliente mais importantes para o desenvolvimento do projeto.

### 3.3 - Conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto

Definidos os requisitos de cliente, começou sua conversão em requisitos de produto usando matriz de conversão (Tabela 5) que transforma as informações dos requisitos de cliente em atributos mensuráveis. Vale ressaltar que pode haver mais requisitos de produto do que requisitos de cliente, pois muitas vezes um requisito, ao ser convertido, pode gerar dois ou mais requisitos de projeto.

Para auxiliar esta etapa, utilizou-se a matriz de apoio ao levantamento de necessidade dos clientes (Apêndice B). A disposição dos requisitos de cliente foi hierarquizada de acordo com a ordem de importância, resultado do diagrama de Mudge, do mais importante para o menos importante.

Tabela 5 - Representação dos requisitos do projeto.

Requisitos de Cliente	Requisitos de Projeto	Tipo de Requisito
Não proporcionar insalubridade ao operador do equipamento	Respeitar as normas da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).	Quantitativo
	Alto nível de ergonomia para o operador.	Qualitativo
	Baixa exigência de esforços físicos do operador.	Quantitativo
	Alta proteção a elementos energizados.	Quantitativo
Ser seguro de operar	Não possuir cantos cortantes.	Quantitativo (Unidade)
	Sistema de segurança intuitivo.	Qualitativo

Congelar alimento até uma temperatura suficiente para manter a qualidade do mesmo	Baixo tempo de operação para congelamento do alimento.	Quantitativo (S)
Atender as normas regulamentadoras do setor	Respeitar todas as normas regentes.	Quantitativo
Tem que ser econômico	Baixo custo para peças de reposição.	Quantitativo (R\$)
	Baixo consumo de energia.	Quantitativo (W/h)
Equipamento não deve exalar mau cheiro	Geometria sem pontos de acúmulo de resíduos que possam exalar mau cheiro.	Quantitativo
	Alta resistência dos materiais.	Quantitativo
Baixo custo	Baixo número de peças importadas.	Quantitativo (Unidade)
Possuir uma boa estética	Alto nível de aceitação das formas geométricas pelo mercado consumidor.	Qualitativo
	Conceito da aparência do equipamento baseado em pesquisa de mercado.	Qualitativo
Poder usar para diferentes tipos de alimentos no equipamento	Formas geométricas que permitam o congelamento de diferentes alimentos.	Qualitativo
	Sistema de entrada de dados.	Quantitativo
Equipamento não pode produzir muito barulho ou ruídos	Alta qualidade dos elementos de fixação.	Qualitativo
	Baixo nível de ruído	Quantitativo (dB)

Poder ser operado por apenas um operador.	Fácil acesso aos elementos de controle	Qualitativo
Manutenção e manutenibilidade de baixo custo	Alto número de peças comerciais.	Quantitativo (%)
	Alto nível de compatibilidade com padrão brasileiro de energia.	Quantitativo
	Baixa visibilidade de elementos desmontáveis ao operador.	Quantitativo (Unidade)
	Baixo tempo de entrega para peças de reposição	Quantitativo (h)
	Poucos passos para ter acesso ao interior do equipamento.	Quantitativo (Unidade)
	Baixo número de elementos de fixação distintos.	Quantitativo (Unidade)
Ter poucos passos de montagem durante a fabricação.	Alto número de peças modulares.	Quantitativo (Unidade)
	Baixo número de processos de fabricação.	Quantitativo (Unidade)
Ter uma boa durabilidade	Estrutura resistente.	Qualitativo
	Utilizar materiais com boa procedência.	Qualitativo
	Alta resistência a corrosão.	Quantitativo
	Método de transporte eficiente.	Qualitativo
	Alto nível de proteção contra eventos elétricos.	Qualitativo
Poder operar em qualquer temperatura ambiente	Alta capacidade de produção em diferentes temperaturas de operação.	Quantitativo (kg/h)
Ocupar pouco espaço	Dimensões compatíveis para um equipamento doméstico.	Quantitativo (mm)
	Alto nível de aproveitamento do	Quantitativo

	espaço interno da máquina.	(%)
Fácil usabilidade	Possuir Interface intuitiva.	Qualitativo
Fácil de transportar	Alto nível de aproveitamento do espaço interno do caminhão para o transporte das máquinas	Quantitativo (%)
	Materiais leves	Quantitativo (kg)
	Baixo volume ocupado pela máquina.	Quantitativo (m <sup>3</sup> )
	Alto nível de proteção para o transporte.	Quantitativo
Ter mais de uma opção de acabamento	Possuir diferentes opções de acabamento	Quantitativo (Unidade)
Ter um processo de fabricação do equipamento para viabilizar a terceirização.	Alto nível de otimização e organização da fabricação do equipamento	Qualitativo
	Alto nível de otimização e organização da montagem elétrica	Qualitativo
Consumir o mínimo de insumos possível na fabricação.	Baixo número de peças do equipamento.	Quantitativo (Unidade)
Considerar somente o congelamento de alimentos embalados	Alto nível de proteção do alimento durante o processo de congelamento.	Quantitativo
Fácil de limpar	Baixo número de dobras com ângulos fechados.	Quantitativo (Unidade)
	Não possuir formas geométricas que acumulem resíduos.	Quantitativo
	Baixo tempo para remoção de sujeira.	Quantitativo (h)
	Interface de controle resistente a	Quantitativo

	água.	(IP)
	Alto nível de proteção contra a radiação solar.	Quantitativo

FONTE: Autor.

### 3.4 - Avaliação dos requisitos de clientes *versus* requisitos de projeto

Aplicado pela Mitsubishi Heavy em 1972, posteriormente pela Ford e a Xerox na década de 80, o QDF (Quality Function Deployment – Desdobramento da Função Qualidade) foi desenvolvido na década de 60 pelo japonês Yoji Akao com o objetivo de incorporar as reais necessidades do cliente em seus projetos (CAROLINE FARIA, 2018).

“QFD é mais que uma metodologia da qualidade baseada em matrizes; é uma importante ferramenta de planejamento, comunicação e documentação do desenvolvimento de novos produtos e melhoria dos existentes, que auxilia a redução de custos e garante a melhoria da qualidade.” (PRATES, 1998)

Gláucia Aparecida Prates, em sua tese “Ecodesign Utilizando QFD, Métodos Taguchi e DFE”, de 1998, comparou as diferentes definições do QFD. Para tanto ela utilizou tais trabalhos e autores: “Function Deployment: integrating customers requirements into product desing” de Yoji Akao, 1988; “Better Designs in Half the Time” de Bob King, 1987; “QFD Perspectivas Gerenciais do Desdobramento da Função Qualidade” de William E. Eureka e Nancy E. Ryan, 1992; “The House of Quality” de John R. Hauser e Don Clausing, 1988; “Beyond Quality: Taking SPC Upstream” de Ronald M. Fortuna, 1988. Após comparar as definições dadas pelos autores em seus manuscritos supracitados, conclui-se que a que melhor descreve a utilização de QFD para o atual trabalho foi a divulgada por Fortuna.

“QFD é um meio sistemático de assegurar que a demanda do consumidor ou mercado (requisitos, necessidades ou desejos) seja traduzida de forma precisa em especificações técnicas relevantes e ações, através de cada estágio do ciclo de projeto e desenvolvimento do produto.” (FORTUNA, 1988)

Além de introduzir a voz do cliente no planejamento do produto, o QFD é capaz de reduzir custos. Iniciar o projeto com informações e fundamentação corretas aumenta a chances de aceitação no mercado e cria uma documentação do mesmo.

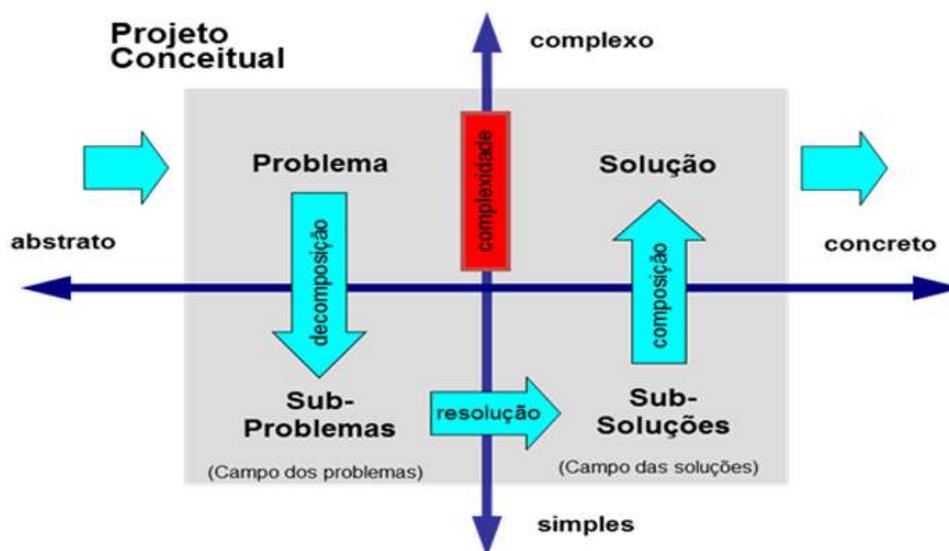
A Casa da Qualidade desenvolvida por este trabalho está representada no Apêndice F, como resultado da mesma temos os requisitos de projeto ordenados por importância e com o valor da importância.

O telhado da casa da qualidade tem por objetivo apresentar o inter-relacionamento dos requisitos de projeto e o grau de intensidade, assim, possibilita-se analisar como a alteração de uma característica do produto pode influenciar outras características (PINTO, 2013).

### 4.1 - Introdução

Após esclarecer as especificações e os requisitos do produto, buscou-se nesta etapa uma concepção capaz de atender estas necessidades. O problema foi decomposto em subproblemas, de menor intensidade, cujas resoluções foram sub-soluções, as quais compostas entre si formaram a solução para o problema de projeto, conforme esquematiza a Figura 15.

Figura 15 - Solução de Problemas.



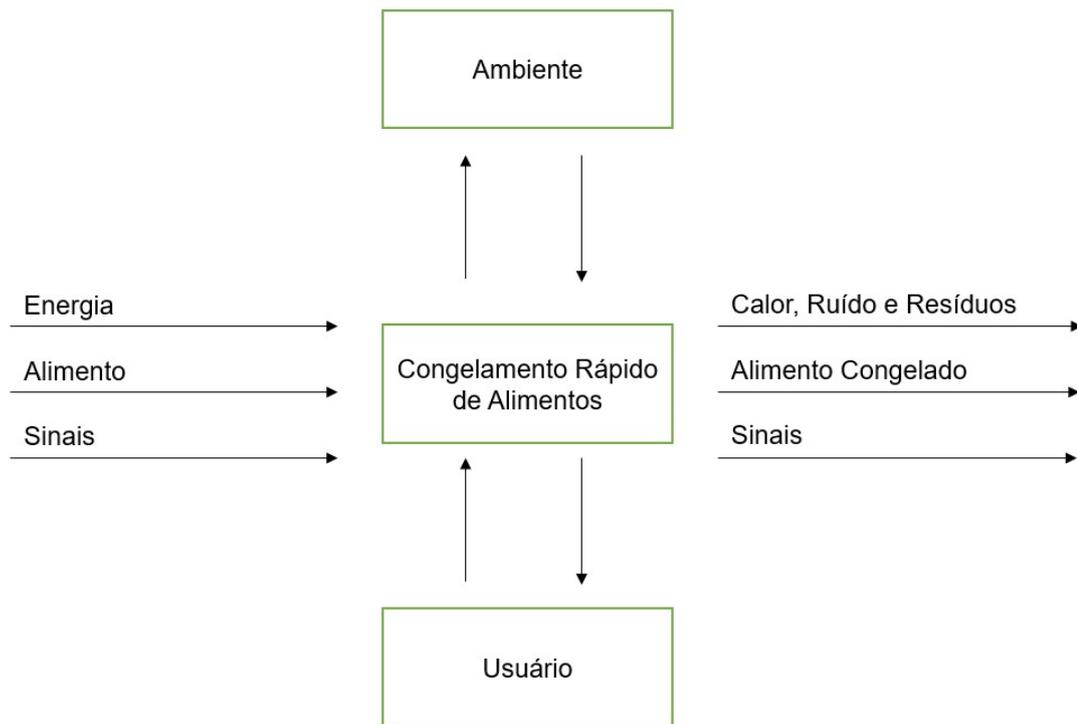
FONTE: Adaptado Back (2008).

Também nessa etapa fez-se a modelagem funcional, definiram-se os princípios de solução por meio da matriz morfológica, conceberam-se os princípios de solução com a matriz concepção e tomaram-se decisões de execução do projeto de acordo com a matriz decisão.

## 4.2 - Definição da estrutura funcional do produto

Inicialmente definiu-se a função global do sistema, uma expressão condensada do problema a ser resolvido com o equipamento proposto por este projeto. A função global foi “Congelamento Rápido de Alimentos” e teve como entrada e saída grandezas representadas na Figura 16.

Figura 16 - Função global do sistema.

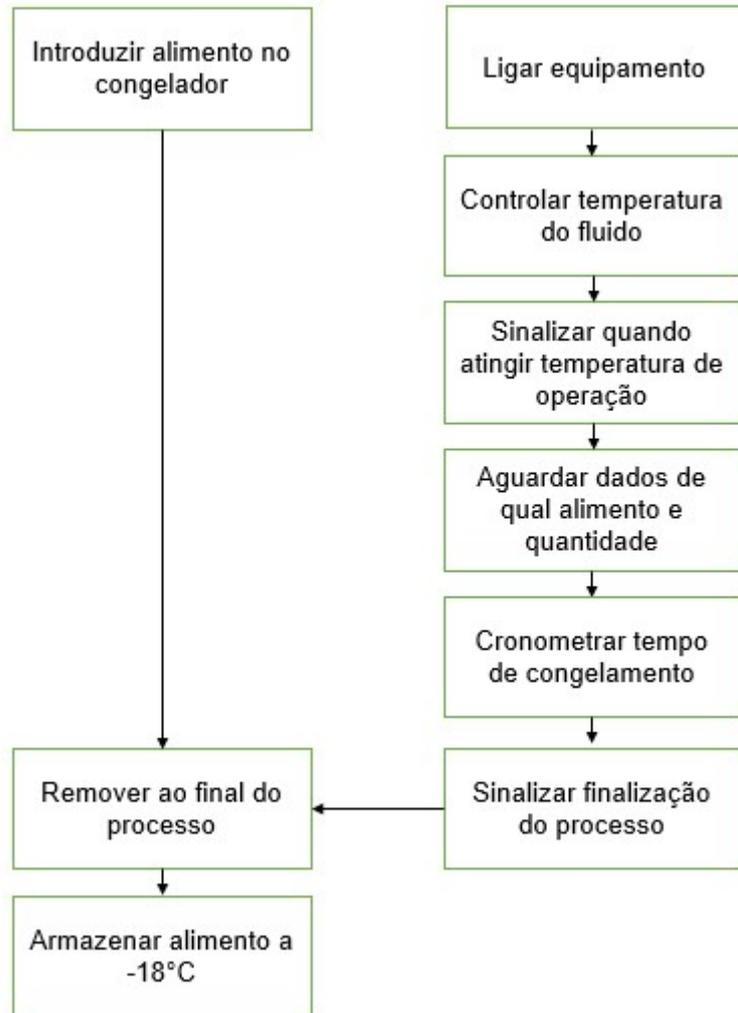


FONTE: Autor.

Energia, alimento e sinais são apresentados pela Figura 16 como entradas do sistema. A função global tem interação com o usuário e com o ambiente. Como efeito indesejado do sistema o calor, ruído e resíduos também são grandezas de saída.

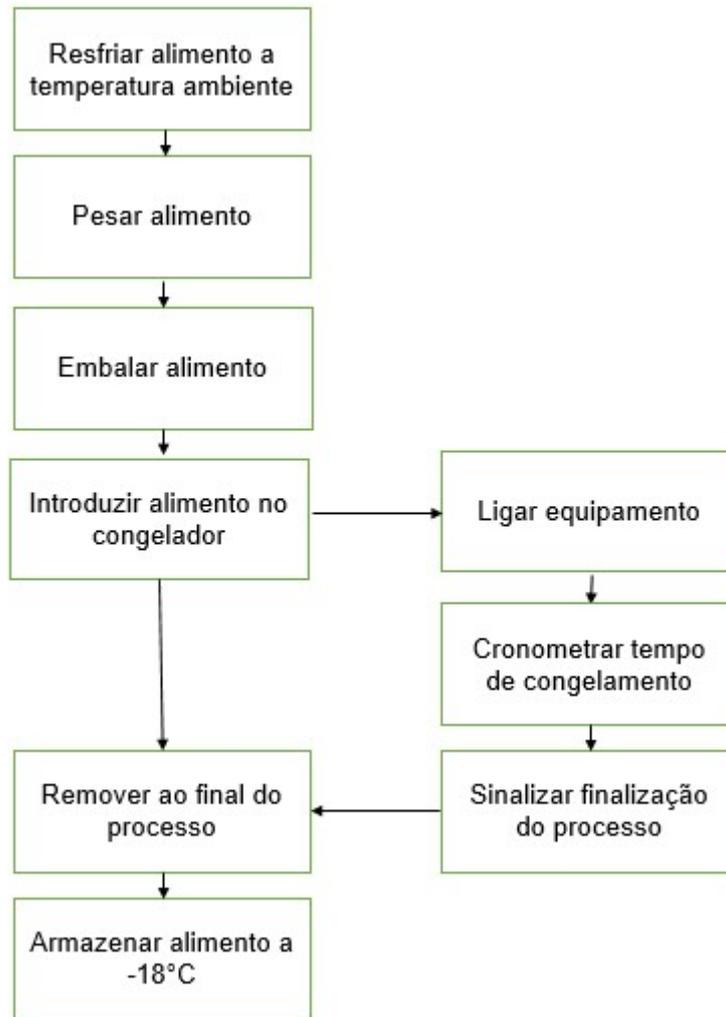
A partir da função global detalharam-se as funções parciais do sistema. Dessa forma, dividiu-se o problema em sub-problemas. As Figuras 17, 18 e 19 apresentam 3 alternativas para a função parcial.

Figura 17 - Funções parciais do sistema 1.



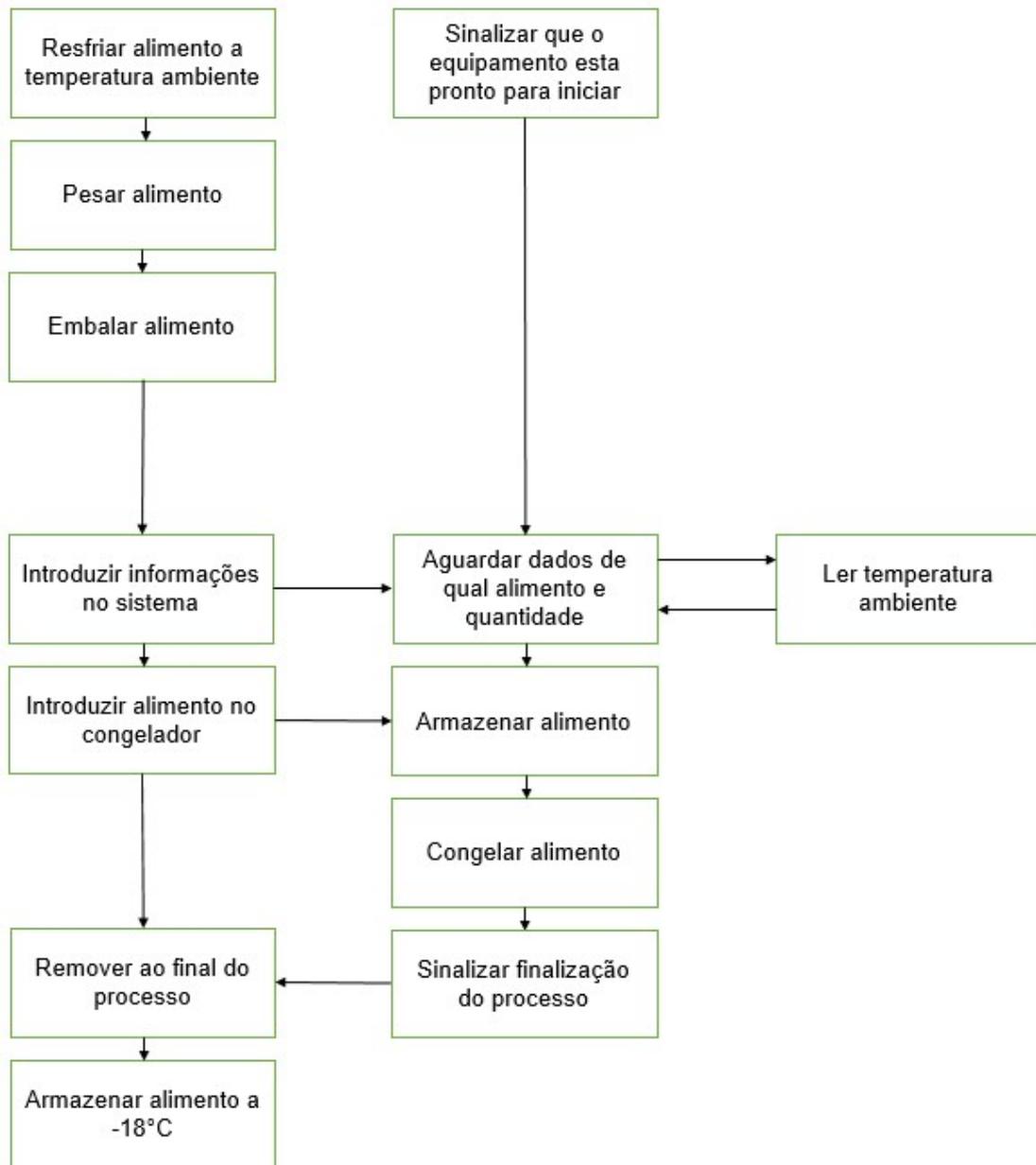
FONTE: Autor.

Figura 18 - Funções parciais do sistema 2.



FONTE: Autor.

Figura 19 - Funções parciais do sistema 3.



FONTE: Autor.

Avaliou-se as três funções parciais do sistema representadas nas Figuras 17, 18 e 19, em concordância com os requisitos dos clientes na matriz de avaliação representada pela Tabela 7. A primeira proposta de funções parciais do sistema foi utilizada como referência, as outras duas foram comparadas com a primeira e foram valorizadas por 0, -1 ou +1, sendo “similar”, “atende melhor” ou “não atende” ao requisito de cliente, respectivamente.

A coluna valor representa o peso da importância do requisito de cliente descoberto no Diagrama de Mudge.

Tabela 6 - Matriz de avaliação das funções parciais do sistema.

Requisitos dos Clientes	Valor	FPS 1	FPS 2	FPS 3
Não proporcionar insalubridade ao operador do equipamento	76	0	0	+1
Ser seguro de operar	17	0	+1	0
Congelar alimento até uma temperatura suficiente para manter a qualidade do mesmo	19	0	0	0
Atender as normas regulamentadoras do setor	2	0	0	0
Tem que ser econômico	17	0	-1	+1
Equipamento não deve exalar mau cheiro	16	0	0	0
Baixo custo	78	0	+1	0
Possuir uma boa estética	35	0	0	0
Poder usar para diferentes tipos de alimentos no equipamento	49	0	-1	+1
Equipamento não pode produzir muito barulho ou ruídos	46	0	+1	0
Poder ser operado por apenas um operador	18	0	0	0
Manutenção e manutenibilidade de baixo custo	36	0	+1	0
Ter poucos passos de montagem durante a fabricação	17	0	0	0
Ter uma boa durabilidade	20	0	0	0
Poder operar em qualquer temperatura ambiente	35	0	-1	+1
Ocupar pouco espaço	10	0	0	-1
Fácil usabilidade	48	0	-1	+1
Fácil de transportar	67	0	0	0
Ter mais de uma opção de acabamento	3	0	0	0
Ter um processo de fabricação do equipamento para viabilizar a terceirização.	84	0	0	0
Consumir o mínimo de insumos possível na fabricação.	19	0	0	-1
Considerar somente o congelamento de alimentos embalados	13	0	0	+1
Fácil de limpar	11	0	+1	0
$\Sigma (+)$		0	188	238
$\Sigma (-)$		0	149	29
$\Sigma$		0	39	209

FONTE: Autor.

A primeira concepção das funções parciais do sistema apresentou uma avaliação superior as funções parciais 2 e 3. Alguns requisitos foram decisivos para este resultado, destacando que a função parcial 2 apresentou uma avaliação inferior no item “Baixo Custo”, o qual tem um peso significativo de 78 pontos no somatório final. A terceira concepção de funções parciais recebeu melhor avaliação em relação a primeira concepção somente nos itens de “consumir o mínimo de insumos possível na fabricação” e “ocupar pouco espaço” os quais não tem peso significativo na avaliação final.

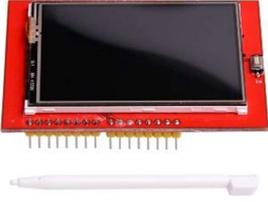
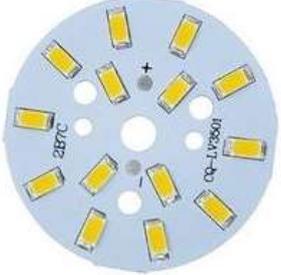
### 4.3 - Busca por princípios de solução e geração de concepções alternativas

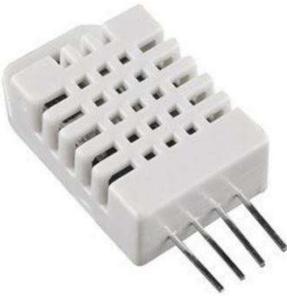
Após determinar as funções parciais do sistema, analisou-se cada função e se propuseram distintas soluções. Para melhor análise utilizou-se a Matriz Morfológica, Tabela 8, seguindo o método também utilizado por NOVAES (2005), método muito utilizado e reconhecido na comunidade acadêmica. O termo morfologia significa o estudo da estrutura da forma.

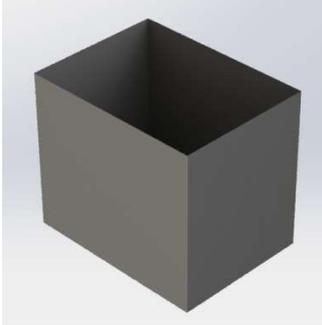
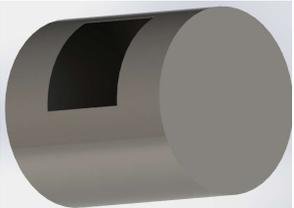
Tabela 7 - Matriz morfológica.

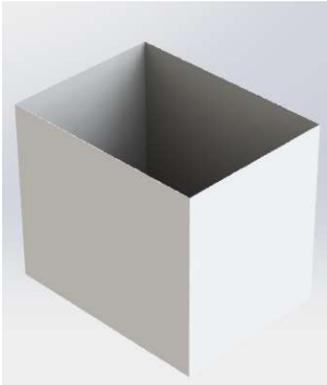
Função	Princípios de solução		
	Congelador rápido de alimentos	Geladeira convencional	Armazenar em temperatura ambiente
Resfriar alimento a temperatura ambiente			

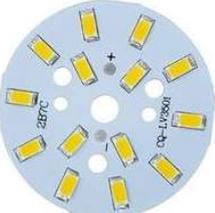
	Ventilação forçada		
			
Pesar alimento	Balança digital comercial	Balança dedicada com célula de carga	Balança suspensa
			
Embalar alimento	Seladora a vácuo comercial	Seladora comercial	Embaladora automática
			
Introduzir informações no sistema	Teclado membrana	Botão push button em placa dedicada	Botão comando 22mm
			

	Tela com tecnologia sensível ao toque		
			
Sinalizar que o equipamento está pronto para iniciar	IHM dedicada baseada em Arduino	IHM comercial com comunicação RS485/ETHERNET	Sinalizador 22mm
			
	Buzzer	Alto falante comercial	Led em placa dedicada
			
Aguardar dados de qual alimento e quantidade	CLP	Placa eletrônica dedicada	Placa eletrônica comercial baseada em Arduino
			

	Supervisório	CLP com IHM integrada	
			
Ler temperatur a ambiente	Sensor PT100 encapsulado	Termopar encapsulado	LM35 encapsulado
			
	AM2302	NTC encapsulado	DS18B20 encapsulado
			
Introduzir alimento no	Manualmente	Manualmente com auxílio de sexto	Manualmente com pinça

congelador			
	Transportador aéreo tipo nória adaptado	Transportador de esteiras	
			
Armazenar alimento	Tanque retangular em aço inox	Tanque circular em aço inox	Tanque cilíndrico em aço inox
			
	Tanque retangular em polímero	Tanque circular em polímero	

			
Congelar alimento	Unidade de refrigeração baseada em compressor e banho de álcool	Unidade de refrigeração baseada em chiller e banho de álcool	Unidade de refrigeração baseada em Peltier
			
	Unidade de refrigeração baseada em compressor e banho de água	Unidade de refrigeração baseada em compressor e banho de salmoura	Unidade de refrigeração baseada em compressor e banho de solução de água, sal e açúcar
			

Sinalizar finalização do processo	IHM dedicada baseada em Arduino	IHM comercial com comunicação RS485/ETHERNET	Sinaleiro 22mm
			
	Buzzer	Alto falante comercial	Led em placa dedicada
			
Remover ao final do processo	Manualmente	Manualmente com auxílio de sexto	Manualmente com pinça
			
	Transportador aéreo tipo nória adaptado	Transportador de esteiras	
			

Armazenar alimento a -18 °C	Congelador doméstico (Freezer)	Câmara frigorífica	Manter no congelador rápido de alimentos
			
	Congelador industrial		
			

FONTE: Autor.

A partir da matriz morfológica desenvolveram-se as concepções para o congelador rápido de alimentos. O total de concepções possíveis foi de 3721.

Para análise criaram-se 4 concepções, documentadas nas Tabelas 8, 9, 10 e 11, as quais se avaliou a viabilidade e para aquelas consideradas não viáveis justificou-se o motivo.

Tabela 8 - Concepção 1.

Função	Princípio de solução
Resfriar alimento a temperatura ambiente	Armazenar em temperatura ambiente
Pesar alimento	Balança digital comercial
Embarar alimento	Seladora a vácuo comercial
Introduzir informações no sistema	Tela com tecnologia touch
Sinalizar que o equipamento está pronto para iniciar	Led em placa dedicada
Aguardar dados de qual alimento e quantidade	Placa eletrônica dedicada
Ler temperatura ambiente	DS18B20
Introduzir alimento no congelador	Manualmente com pinça
Armazenar alimento	Tanque circular em aço inox

Congelar alimento	Unidade de refrigeração baseada em compressor e banho de álcool
Sinalizar finalização do processo	Led em placa dedicada
Remover ao final do processo	Manualmente com pinça
Armazenar alimento a -18°C	Câmara frigorífica
Concepção 1 - VIÁVEL	

FONTE: Autor.

Tabela 9 - Concepção 2.

Função	Princípio de solução
Resfriar alimento a temperatura ambiente	Geladeira convencional
Pesar alimento	Balança digital comercial
Embalar alimento	Seladora comercial
Introduzir informações no sistema	Tela com tecnologia touch
Sinalizar que o equipamento está pronto para iniciar	Led em placa dedicada
Aguardar dados de qual alimento e quantidade	Placa eletrônica comercial baseada em Arduino
Ler temperatura ambiente	AM2302
Introduzir alimento no congelador	Transportador aéreo tipo nória adaptado
Armazenar alimento	Tanque cilíndrico em aço inox
Congelar alimento	Unidade de refrigeração baseada em compressor e banho de álcool
Sinalizar finalização do processo	Led em placa dedicada
Remover ao final do processo	Transportador aéreo tipo nória adaptado
Armazenar alimento a -18°C	Congelador doméstico (Freezer)
Concepção 1 – VIÁVEL	

FONTE: Autor.

Tabela 10 - Concepção 3.

Função	Princípio de solução
Resfriar alimento a temperatura ambiente	Ventilação forçada
Pesar alimento	Balança dedicada com célula de carga
Embalar alimento	Seladora a vácuo comercial
Introduzir informações no sistema	Teclado membrana
Sinalizar que o equipamento está pronto para iniciar	IHM dedicada baseada em Arduino
Aguardar dados de qual alimento e quantidade	Placa eletrônica comercial baseada em Arduino
Ler temperatura ambiente	LM35 encapsulado

Introduzir alimento no congelador	Manualmente com auxílio de sexto
Armazenar alimento	Tanque circular em aço inox
Congelar alimento	Unidade de refrigeração baseada em compressor e banho de álcool
Sinalizar finalização do processo	IHM dedicada baseada em Arduino
Remover ao final do processo	Manualmente com auxílio de sexto
Armazenar alimento a -18°C	Câmara frigorífica
Concepção 1 – VIÁVEL	

FONTE: Autor.

Tabela 11- Concepção 4.

Função	Princípio de solução
Resfriar alimento a temperatura ambiente	Congelador rápido de alimentos
Pesar alimento	Balança suspensa
Embalar alimento	Embaladora automática
Introduzir informações no sistema	Tela com tecnologia sensível ao toque
Sinalizar que o equipamento está pronto para iniciar	IHM comercial com comunicação RS485/ETHERNET
Aguardar dados de qual alimento e quantidade	CLP
Ler temperatura ambiente	Sensor PT100 encapsulado
Introduzir alimento no congelador	Transportador de esteiras
Armazenar alimento	Tanque retangular em polímero
Congelar alimento	Unidade de refrigeração baseada em chiller e banho de álcool
Sinalizar finalização do processo	IHM comercial com comunicação RS485/ETHERNET
Remover ao final do processo	Transportador de esteiras
Armazenar alimento a -18°C	Câmara frigorífica
<p>Concepção 4 – INVIÁVEL</p> <p>Esta concepção apresenta um equipamento para um cenário de larga escala de produção com equipamentos robustos e alta capacidade produtiva. O CLP e a IHM permitem alterações futuras no processo com maior facilidade, por se tratarem de equipamentos já consolidados na indústria, além da compatibilidade com processos já existentes. O presente projeto buscou um congelador rápido de baixo custo para alimentos, tornando assim esta concepção inviável.</p>	

FONTE: Autor.

As concepções 1, 2 e 3 apresentaram alternativas viáveis e serão avaliadas pela matriz decisão, com o objetivo de escolher a concepção que melhor atende aos requisitos de projeto. A concepção 3 não se mostrou viável, pois se utiliza de

equipamentos com alto custo de aquisição visando uma escala de produção superior ao deste trabalho, podendo ser estudada para aplicações industriais do processo.

#### 4.4 - Avaliação das concepções alternativas

Para uma melhor análise, utilizou-se a matriz decisão, conhecida como matriz de Pugh (NOVAES, 2005). A matriz decisão, Tabela 12, tem por objetivo comparar cada concepção de acordo com os requisitos de projeto. A concepção 1 foi utilizada como referência, recebendo nota zero em todos os requisitos, as concepções seguintes foram comparadas com a primeira. Quando havia um desempenho muito melhor do que a referência atribui-se nota +2, quando havia um desempenho melhor do que a referência atribui-se nota +1, quando não havia diferença atribui-se nota 0, quando a referência atender melhor ao requisito, atribui-se nota -1 e quando a referência atender muito melhor o requisito atribui-se nota-2.

Para cada requisito atribui-se um peso, este valor foi a pontuação dada a cada requisito na matriz QFD.

Tabela 12 - Matriz decisão.

Requisitos de projeto	Peso (QFD)	Concepções		
		C1	C2	C3
Respeitar as normas da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).	15	0	0	0
Alto nível de ergonomia para o operador.	38	0	+1	0
Baixa exigência de esforços físicos do operador.	22	0	-1	-1
Alta proteção a elementos energizados.	19	0	0	0
Não possuir cantos cortantes.	19	0	-2	0
Sistema de segurança intuitivo.	19	0	0	0
Baixo o tempo de operação para congelamento do alimento.	20	0	0	0
Respeitar todas as normas regentes.	12	0	0	0
Baixo custo para peças de reposição.	20	0	-2	0
Baixo consumo de energia.	20	0	-2	-1
Geometria sem pontos de acúmulo de resíduos que possam exalar mau cheiro.	22	0	-1	0
Alta resistência dos materiais.	21	0	0	0
Baixo número de peças importadas.	15	0	0	0
Alto nível de aceitação das formas geométricas pelo mercado consumidor.	17	0	0	0
Conceito da aparência do equipamento	20	0	-1	0

baseado em pesquisa de mercado.				
Formas geométricas que permitam o congelamento de diferentes alimentos.	23	0	0	0
Sistema de entrada de dados.	33	0	0	0
Alta qualidade dos elementos de fixação.	25	0	0	0
Baixo nível de ruído	22	0	-2	-1
Fácil acesso aos elementos de controle	7	0	0	0
Alto número de peças comerciais.	23	0	0	0
Alto nível de compatibilidade com padrão brasileiro de energia.	5	0	0	0
Baixa visibilidade de elementos desmontáveis ao operador.	21	0	-1	0
Baixo tempo de entrega para peças de reposição	11	0	0	0
Poucos passos para ter acesso ao interior do equipamento.	19	0	0	0
Baixo número de elementos de fixação distintos.	16	0	-1	0
Alto número de peças modulares.	28	0	0	0
Baixo número de processos de fabricação.	28	0	-2	-1
Estrutura resistente.	22	0	0	0
Utilizar materiais com boa procedência.	33	0	0	0
Alta resistência a corrosão.	24	0	0	0
Método de transporte eficiente.	15	0	0	0
Alto nível de proteção contra eventos elétricos.	8	0	0	0
Alta capacidade de produção em diferentes temperaturas de operação.	17	0	+1	0
Dimensões compatíveis para um equipamento doméstico.	13	0	-1	0
Alto nível de aproveitamento do espaço interno da máquina.	14	0	0	0
Possuir Interface intuitiva.	26	0	0	0
Alto nível de aproveitamento do espaço interno do caminhão para o transporte das máquinas	14	0	-1	0
Materiais leves	13	0	-1	0
Baixo volume ocupado pela máquina.	16	0	-1	0
Alto nível de proteção para o transporte.	11	0	0	0
Possuir diferentes opções de acabamento	16	0	0	0
Alto nível de otimização e organização da fabricação do equipamento	15	0	-1	-1
Alto nível de otimização e organização da montagem elétrica	15	0	0	0
Baixo número de peças do equipamento.	20	0	-1	-1
Alto nível de proteção do alimento durante o processo de congelamento.	17	0	0	0
Baixo número de dobras com ângulos fechados.	8	0	-1	0
Não possuir formas geométricas que acumulem	17	0	0	-1

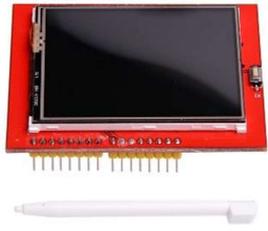
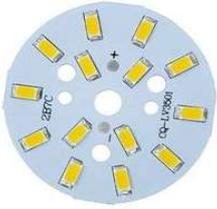
resíduos.				
Baixo tempo para remoção de sujeira.	21	0	-1	+1
Interface de controle resistente a água.	17	0	0	0
Alto nível de proteção contra a radiação solar.	17	0	0	0
$\Sigma (+)$		0	17	21
$\Sigma (-)$		0	439	144
$\Sigma$		0	-422	-123

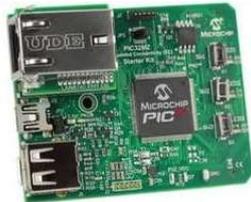
FONTE: Autor.

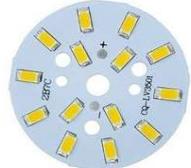
Escolheu-se a concepção 1, em detalhes na Tabela 13, para o desenvolvimento do projeto preliminar e detalhado como resultado da matriz decisão. A partir disto reduziu-se a abstração das soluções e o produto ganhou forma.

Tabela 13 - Concepção 1 Detalhada

Concepção 1		
Função	Solução	Ilustração
Resfriar alimento a temperatura ambiente	Armazenar em temperatura ambiente	
<p>Descrição: A solução apresentada para a função de resfriar o alimento a temperatura ambiente é a de armazenar o alimento em um recipiente de inox exposto a temperatura ambiente, assim, perdendo calor para o ambiente.</p>		
<p>Avaliação: Essa solução apresenta uma redução de gasto energético, por aproveitar a temperatura do ambiente para resfriar o alimento.</p>		
Função	Solução	Ilustração
Pesar alimento	Balança digital comercial	
<p>Descrição: A solução apresentada para a função de pesar alimento foi de utilizar uma balança digital, assim viabilizando a pesagem das porções em um equipamento</p>		

comercial.		
<p>Avaliação:</p> <p>Essa solução apresenta uma redução de custos de projeto, pois a balança é vendida no comércio, sendo necessário apenas a calibração da mesma. Esta solução remove do produto a função de pesar alimento e se utiliza de um equipamento já existente para a execução da tarefa.</p>		
Função	Solução	Ilustração
Embalar alimento	Seladora a vácuo comercial	
<p>Descrição:</p> <p>A solução apresentada para a embalar alimento foi de uma embaladora a vácuo comercial, a qual pode remover o vácuo e selar o pacote.</p>		
<p>Avaliação:</p> <p>Essa solução apresenta uma redução de custos de projeto, pois a seladora a vácuo é um produto comercial de fácil acesso, assim o processo de embalar o alimento será feito por um equipamento auxiliar.</p>		
Função	Solução	Ilustração
Introduzir informações no sistema	Tela com tecnologia touch	
<p>Descrição:</p> <p>A solução apresentada para introduzir informações no sistema foi de utilizar uma tela com tecnologia touch, a mesma é responsável pela comunicação entre o usuário e o microcontrolador, desta forma sendo possível introduzir as informações no sistema.</p>		
<p>Avaliação:</p> <p>Essa solução traz ao projeto uma interface mais atrativa e de fácil usabilidade ao usuário.</p>		
Função	Solução	Ilustração
Sinalizar que o equipamento está pronto para iniciar	Led em placa dedicada	
<p>Descrição:</p> <p>A solução apresentada para sinalizar que o equipamento está pronto para</p>		

iniciar o processo é a utilização de led em uma placa dedicada.		
Avaliação: Essa solução apresenta baixo custo e traz simplicidade a usabilidade do equipamento.		
Função	Solução	Ilustração
Aguardar dados de qual alimento e quantidade	Placa eletrônica dedicada	
Descrição: A solução apresentada para aguardar dados de qual alimento será congelado e a sua quantidade em quilogramas foi a utilização de uma placa eletrônica dedicada a qual complementa a solução para outras funções como a de sinalização e sensoriamento.		
Avaliação: Essa solução apresenta um baixo custo de produção seriada e complementa outras soluções definidas para esta concepção.		
Função	Solução	Ilustração
Ler temperatura ambiente	DS18B20	
Descrição: A solução apresentada para ler a temperatura do ambiente foi a de utilizar o sensor DS18B20, o mesmo pode obter a temperatura ambiente e informar a um microcontrolador o resultado da medição.		
Avaliação: Este sensor é facilmente encontrado para compra e apresenta um preço competitivo. É possível conectar vários sensores a um único pino do controlador, assim possibilitando a utilização de mais sensores sem aumentar a quantidade de pinos do microcontrolador.		
Função	Solução	Ilustração
Introduzir alimento no congelador	Manualmente com pinça	

<p><b>Descrição:</b> A solução apresentada para introduzir o alimento no congelador foi a de utilizar uma pinça para que o operador manualmente faça essa operação.</p>		
<p><b>Avaliação:</b> Esta solução não agrega custos elevados ao processo, reduz tempo de projeto, contudo, esta função passa a ser de responsabilidade do operador.</p>		
Função	Solução	Ilustração
Armazenar alimento	Tanque circular em aço inox	
<p><b>Descrição:</b> A solução para armazenar o alimento foi de utilizar um tanque circular em aço inox, o qual vai armazenar o fluido refrigerante e receber o alimento. O processo de congelamento vai ocorrer dentro deste recipiente.</p>		
<p><b>Avaliação:</b> O material escolhido aumenta a vida útil do equipamento e eleva consideravelmente os custos do equipamento. O formato do facilita a limpeza e reduz o volume do isolamento necessário na fabricação.</p>		
Função	Solução	Ilustração
Congelar alimento	Unidade de refrigeração baseada em compressor e banho de álcool	
<p><b>Descrição:</b> A solução para congelar o alimento é a inovação deste trabalho. Com a experiência da equipe e testes preliminares foi proposto a solução de utilizar uma unidade de refrigeração convencional para refrigerar um banho de álcool etílico. O alimento será imerso no álcool desta forma o calor será removido de forma mais rápida. Para homogeneizar a mistura, será utilizado um misturador.</p>		
<p><b>Avaliação:</b> Esta solução faz parte da inovação deste trabalho. Não existe risco na utilização do álcool a baixo de 17 °C (ponto de fulgor), pois a quantidade de vapor do material não é suficiente para iniciar a combustão.</p>		
Função	Solução	Ilustração
Sinalizar finalização do processo	Led em placa dedicada	
<p><b>Descrição:</b></p>		

A solução para sinalizar a finalização do processo utiliza a mesma solução a qual sinaliza o início do processo.

Avaliação:

Esta solução apresenta uma redução nos custos de projeto pois se utiliza uma solução conjunta para duas funções do equipamento.

Função	Solução	Ilustração
Remover ao final do processo	Manualmente com pinça	

Descrição:

A solução para remover o alimento ao final do processo é compartilhada com a de colocar o alimento no início do processo. O operador deverá utilizar uma pinça para remover o pacote com o alimento de dentro do tanque.

Avaliação:

Esta solução apresenta uma redução nos custos de projeto pois se utiliza uma solução conjunta.

Função	Solução	Ilustração
Armazenar alimento a -18 °C	Câmara frigorífica	

Descrição:

A solução para armazenar o alimento a -18 °C foi de utilizar uma câmara frigorífica, este equipamento pode ser adaptado a diferentes dimensões e necessidades.

Avaliação:

Esta solução apresenta uma redução no custo da máquina de congelamento, pois a mesma não necessita desempenhar a função de armazenar o alimento, apenas de congelar o alimento.

Concepção 1 - VIÁVEL

FONTE: Autor.

# Construção do Protótipo e Testes

---

### 5.1 - Introdução

Neste capítulo apresenta-se o processo de construção do protótipo do congelador rápido de alimentos e a metodologia utilizada nos testes.

A primeira unidade prototipada teve como berço o laboratório de desenvolvimento do IFSC Campus/São José. Concebida a partir de equipamentos sucateados, foi o início para o desenvolvimento deste trabalho.

Após constantes melhorias feitas no primeiro protótipo, chamado por este trabalho de protótipo 1, e muitas informações adquiridas com erros e acertos, iniciou-se a concepção do segundo protótipo.

Não diferente do protótipo 1, o segundo protótipo, chamado por este trabalho de protótipo 2, teve como fundamental orientação para o desenvolvimento do equipamento o custo para conceber o mesmo. Buscou-se alternativas que viabilizassem a construção com elementos acessíveis, encontrados no comércio e de fácil fabricação.

O protótipo 2 foi desenvolvido pela Maquinarium em parceria com o professor Jorge Pereira, o qual desempenhou papel fundamental em todos os processos de desenvolvimento, inclusive em participação financeira para o projeto.

### 5.2 - Construção do protótipo

Para uma melhor compreensão dos processos, o detalhamento da construção do protótipo será dividido em duas partes, sendo estas duas subdivididas em seis. Os tópicos e subtópicos são descritos a seguir.

#### Protótipo 1

Módulo 1 – Tanque, isolamento e evaporadora.

Módulo 2 – Estrutura, suporte e fixações.

Módulo 3 – Unidade de refrigeração.

Módulo 4 – Conjunto do misturador.

Módulo 5 – Eletrônica de controle.

Módulo 6 – Equipamentos auxiliares.

#### Protótipo 2

Módulo A – Tanque, isolamento e evaporadora.

Módulo B – Estrutura, suporte e fixações.

Módulo C – Unidade de refrigeração.

Módulo D – Conjunto do misturador.

Módulo E – Eletrônica de controle.

Módulo F – Equipamentos auxiliares.

Por fim apresentam-se os resultados dos experimentos feitos para validação do método e do equipamento proposto.

### **5.2.1 - Protótipo 1**

Módulo 1: Como já mencionado na introdução do Capítulo 5, para prototipagem do tanque foi utilizado um tanque de lavar roupa sucateado, cujo acabamento foi preservado para servir de molde para o isolamento, feito a partir de espuma expansiva. A Figura 20 apresenta uma vista em detalhe para melhor visualização.

A evaporadora foi montada dentro do tanque seguindo o formato retangular, comumente utilizado pelo mercado. Responsável por remover a temperatura do líquido depositado dentro do tanque, a evaporadora é constituída de cobre, elemento muito utilizado na indústria de refrigeração, por conta da sua característica física, sua maleabilidade e baixo custo.

Figura 20 - Módulo 1.



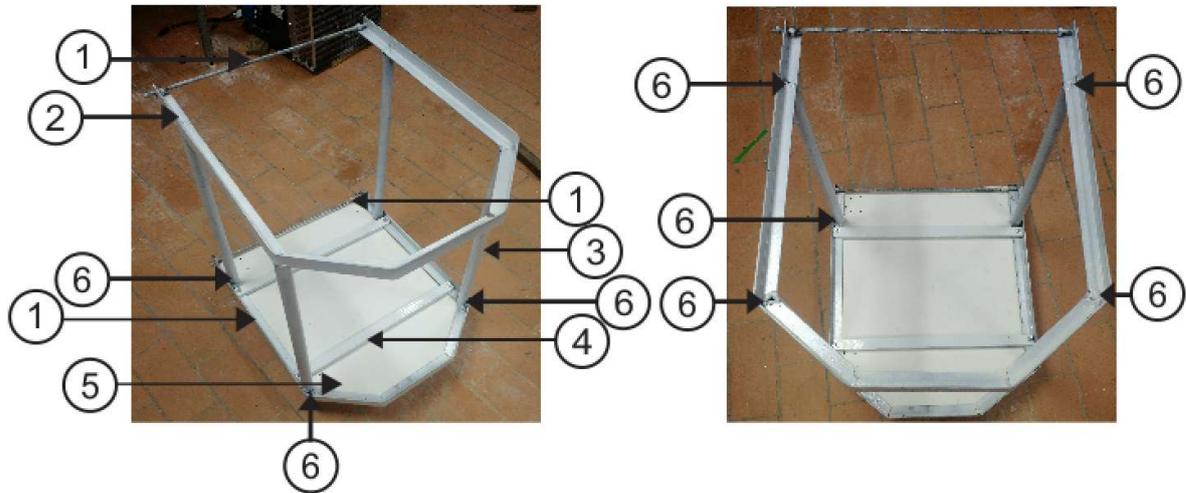
#### Legenda

- 1 - Tanque
- 2 - Evaporadora
- 3 - Isolamento
- 4 – Acabamento

FONTE: Autor.

Módulo 2: Este módulo foi fabricado utilizando tubos e perfil em aço 1020. Escolheu-se este material a fim de suportar o peso do tanque e prover maior rigidez ao equipamento. Como suporte utilizou-se uma chapa em MDF. Devido a complexidade da forma geométrica, esta peça serviu apenas para acabamento e fixação dos rodízios. Para a fixação dos elementos em aço, utilizou-se solda por arame revestido. Pode-se observar na Figura 21 os 8 pontos de solda utilizados.

Figura 21 - Módulo 2.



#### Legenda

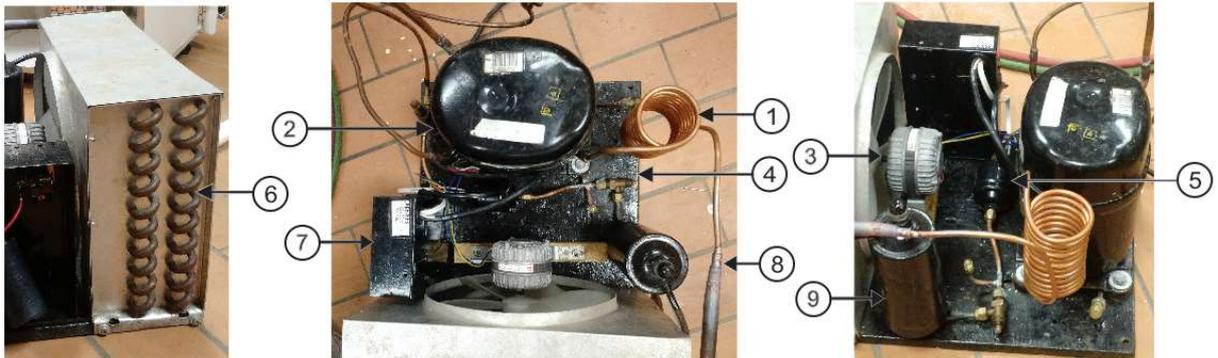
- 1 - Barra roscada
- 2 - Perfil em L (aço 1020)
- 3 - Tubo 1,1/4" (aço 1020)
- 4 - Tubo retangular (alumínio)
- 5 - Chapa (MDF)
- 6 - Pontos de solda (Eletrodo revestido)

FONTE: Autor.

Módulo 3: Conhecida na indústria de refrigeração como unidade de refrigeração, é composta por compressor e sua elétrica, a evaporadora e o seu ventilador. A unidade de refrigeração é responsável por aumentar a pressão, e conseqüentemente a temperatura do gás refrigerante, e por forçar a troca de calor com o ambiente, passando este gás pela condensadora com ar forçado e por fim expandindo o gás, assim resfriando o mesmo. Este processo é apresentado com mais detalhes no Capítulo 2.2 deste trabalho.

Todo esse módulo foi reestruturado, tendo todos os seus componentes removidos para limpeza e recuperação e reinstalados na base de montagem também recuperada, os mesmos foram apresentados na Figura 22.

Figura 22 - Módulo 3.



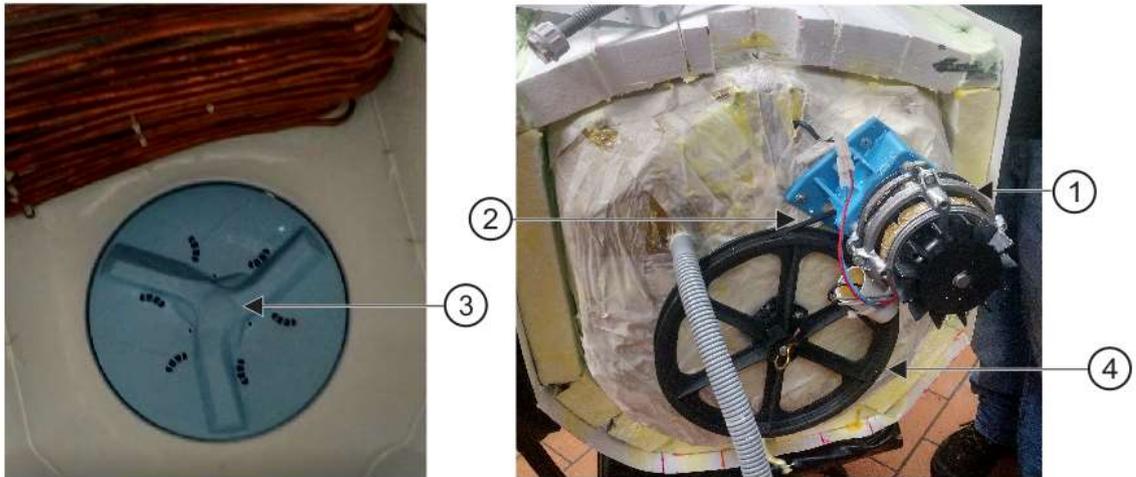
#### Legenda

- 1 - Pré condensador
- 2 - Compressor ½ hp
- 3 - Motor ventilador
- 4 - Base de montagem (Aço 1020)
- 5 - Filtro secador
- 6 - Condensadora
- 7 - Caixa de acionamento
- 8 - Linha de descarga
- 9 - Tanque de liquido

FONTE: Autor.

Módulo 4 – O mecanismo de movimentação do misturador interno da máquina foi inteiramente preservado, para manter o isolamento já disponível, evitando futuros vazamentos. O motor do misturador é monofásico e foi conectado ao eixo principal por uma relação de polia a qual permite aumentar o torque e reduzir a velocidade do misturador interno. Detalhes do módulo 4 são ilustrados na Figura 23.

Figura 23 - Módulo 4.



Legenda

- 1 - Motor monofásico
- 2 - Correia
- 3 - Misturado interno do tanque
- 4 - Polia

FONTE: Autor.

Módulo 5 – Para controle do protótipo 1 utilizou-se um controlador da marca Full Gauge com controle de temperatura, específico para refrigeração, responsável por mensurar a temperatura do fluido do tanque e ligar ou desligar o compressor de acordo com o setpoint de temperatura.

Outros dois equipamentos foram fundamentais para o projeto: o descascador de pinhão e a embaladora a vácuo. O descascador de pinhão permitiu que fosse possível descascar o pinhão inteiro, mantendo uma homogeneidade entre testes. A embaladora a vácuo, Figura 24, possibilitou embalar a vácuo o alimento e comparar o congelamento do pinhão embalado e não embalado.

Figura 24 - Equipamentos do Módulo 5.



FONTE: Autor.

### 6.2.2 - Protótipo 2

Módulo A – Para prototipagem do tanque utilizou-se um tanque de gás refrigerante com um volume de 10 litros, cuja estrutura inferior foi cortada e o interior pintado com tinta epóxi, para aumentar sua resistência. A espuma expansiva ao redor do tanque fez-se com o auxílio de um molde de plástico, ilustrado na Figura 25. A espessura de espuma expansiva confeccionada foi de 80 mm.

Para permitir alterações durante os testes, a evaporadora foi instalada pelo lado de dentro do tanque. Obteve-se seu formato a partir de um molde e instalou-se a mesma dentro do tanque para evitar o rompimentos dos pontos de solda ao mover a tubulação.

Figura 25 - Modulo A.



FONTE: Autor.

Módulo B – A estrutura do equipamento evoluiu durante o projeto, inicialmente era fixa, construída com cadeira, Figura 26, o que permitiu a execução de testes preliminares do equipamento.

O modelo final, ilustrado na Figura 27, possui uma estrutura em perfil estrutural de alumínio 20x20 mm, montada com cantoneiras de alumínio, porca T, arruela, e parafuso Allen. Removeu-se a base do equipamento e montou-se a unidade de refrigeração sobre dois perfis de alumínio. O equipamento recebeu uma tampa desenvolvida em perfil estrutura de alumínio, também 20x20 mm. O acabamento externo foi fabricado em chapa de aço 1020 de espessura de 0,5 mm. A Figura 28 apresenta o detalhamento desta descrição.

Figura 26 - Módulo B.



FONTE: Autor.

Figura 27 - Módulo B renderizado.



FONTE: Autor.

Figura 28 - Módulo B em detalhes.



FONTE: Autor.

Módulo C – Para a unidade de refrigeração do protótipo 2 reutilizou-se uma unidade de um congelador em desuso. Para utilizar a unidade de refrigeração, agora de 1/3 de hp (Figura 29), foi necessário reformá-lo, assim evitando problemas mecânicos e elétricos durante os testes.

Figura 29 - Módulo C renderizado.



FONTE: Autor.

Módulo D – O conjunto do misturador foi alterado algumas vezes, em busca do conjunto perfeito entre hélice e rotação capaz de realizar a agitação necessária do líquido refrigerante. Para conseguir alterar a velocidade do misturador utilizou-se um motor trifásico ligado a um inversor de frequência, assim permitindo facilmente a parametrização do mesmo.

A conexão entre o eixo do motor e o eixo do misturador do tanque foi concebida a partir de um acoplador, oriundo de um liquidificador industrial, o qual permitiu uma redução de tempo de montagem e facilidade de manutenção, pois o mesmo foi apenas encaixado no interior do tanque e para removê-lo não era necessário nenhuma ferramenta. Um rolamento e um retentor foram instalados na parte inferior do tanque, assim, evitando vazamentos e permitindo o movimento de rotação do eixo.

A primeira hélice instalada no protótipo foi removida de um liquidificador industrial. Posteriormente utilizou-se uma hélice de ventilação de motor, a qual apresentou um resultado superior em relação ao anterior, agitando o líquido da

mesma maneira em uma rotação inferior. Uma ilustração detalhada foi apresentada pelas Figuras 30 e 31.

Figura 30 - Vista explodida e vista em corte do módulo D.



FONTE: Autor.

Figura 31 - Módulo D montado na estrutura.



FONTE: Autor.

Módulo E – O controle e monitoramento foram construídos com base em Arduino, por sua versatilidade e viabilidade econômica. O processamento das informações acontece em um Arduino Mega, conectado a uma placa de relés responsável pelos acionamentos de potência. Uma placa de IHM foi instalada diretamente na placa do Arduino para evitar ruídos e reduzir tempo de projeto. Para proteção utilizou-se um disjuntor de entrada de alimentação para o painel e um fusível para cada carga de alimentação, incluindo a alimentação dos sensores de temperatura. Os cabos entram no painel por prensa cabo e a porta do painel possui borracha de vedação, ambos para evitar interferência do meio das placas de controle.

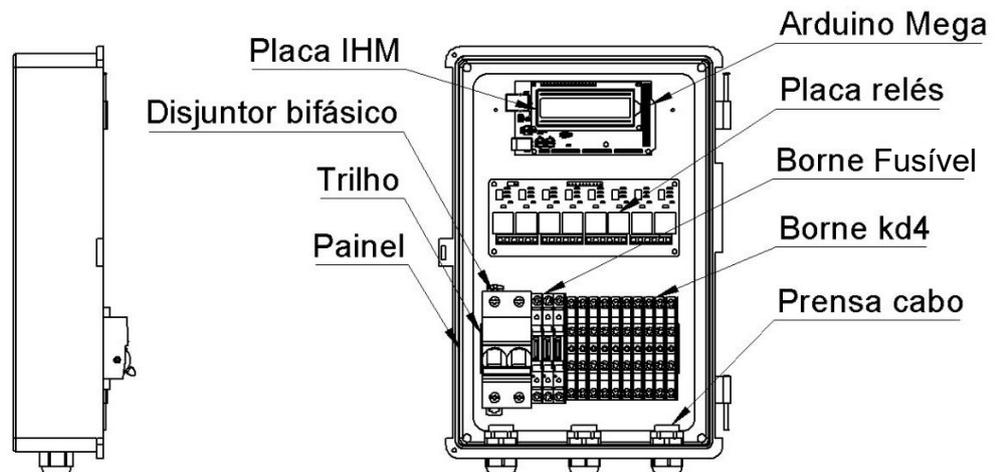
O Módulo E foi modelado e ilustrado na Figura 32 e detalhado pela Figura 33.

Figura 32- Painel de controle modelagem tridimensional.



FONTE: Autor.

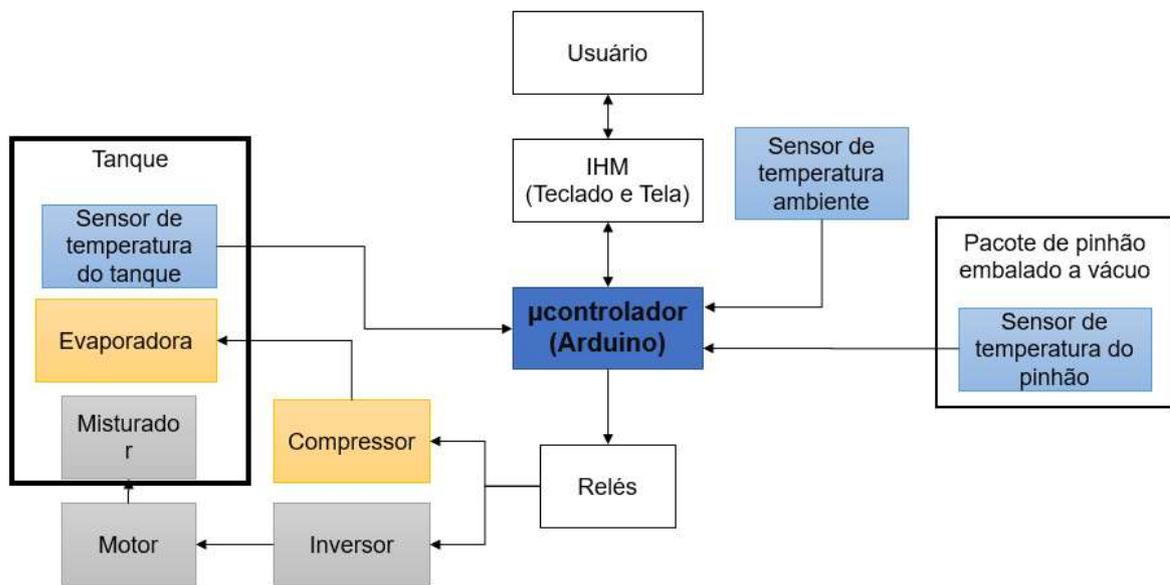
Figura 33 - Painel de controle detalhado.



FONTE: Autor.

Para um melhor entendimento do funcionamento do arduino e suas funções acerca do projeto a Figura 34, detalha em forma de esquemático o funcionamento do mesmo.

Figura 34 - Esquema ilustrativo das atribuições do arduino



FONTE: Autor.

O inversor foi instalado em um painel exclusivo, com o objetivo de evitar interferência nos sinais dos sensores ou acionamentos do Arduino. Na Figura 35 é possível visualizar o inversor dentro do painel com o circuito de proteção e bornes de interligação. Ao lado esquerdo da Figura 35 é possível visualizar o painel do Arduino e sua disposição na montagem.

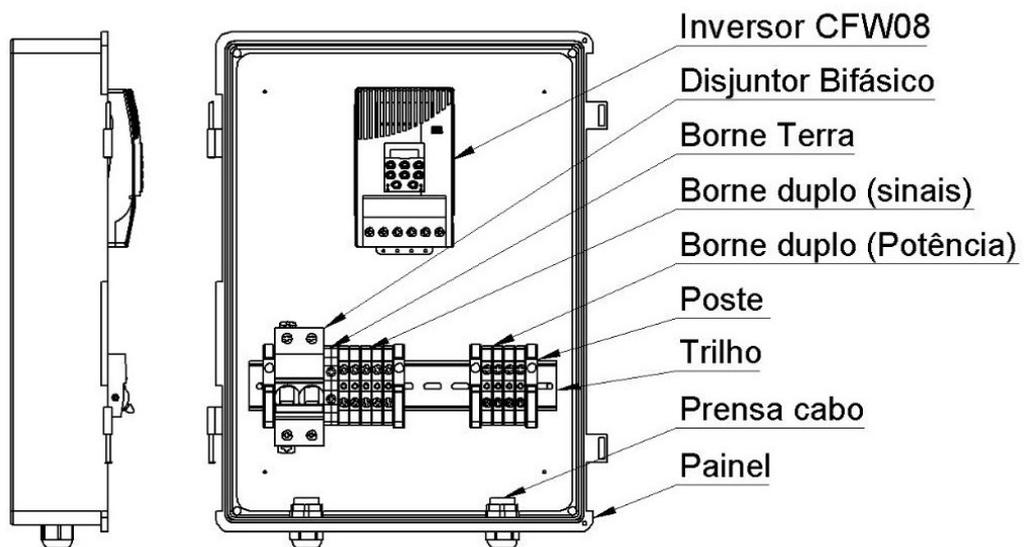
Figura 35 - Painel de potência modelagem tridimensional.



FONTE: Autor.

A Figura 36 apresenta o painel de potência com o inversor e todos os outros componentes em detalhes.

Figura 36 - Painel de potência detalhado.



FONTE: Autor.

Módulo F – Este módulo utiliza os mesmos itens já mencionados no Módulo 5 do Protótipo 1, e incluiu uma balança para pesagem das porções de alimento com resolução de 1 g e capacidade de até 5 kg (Cadence, 2018), ilustrada na Figura 37, a mesma foi calibrada de acordo com o Apêndice C.

Figura 37 - Balança utilizada para os testes.



FONTE: Cadence (2018).

A partir dos módulos já apresentados, o protótipo é apresentado na Figura 38 com a estrutura externa transparente para uma melhor análise da montagem.

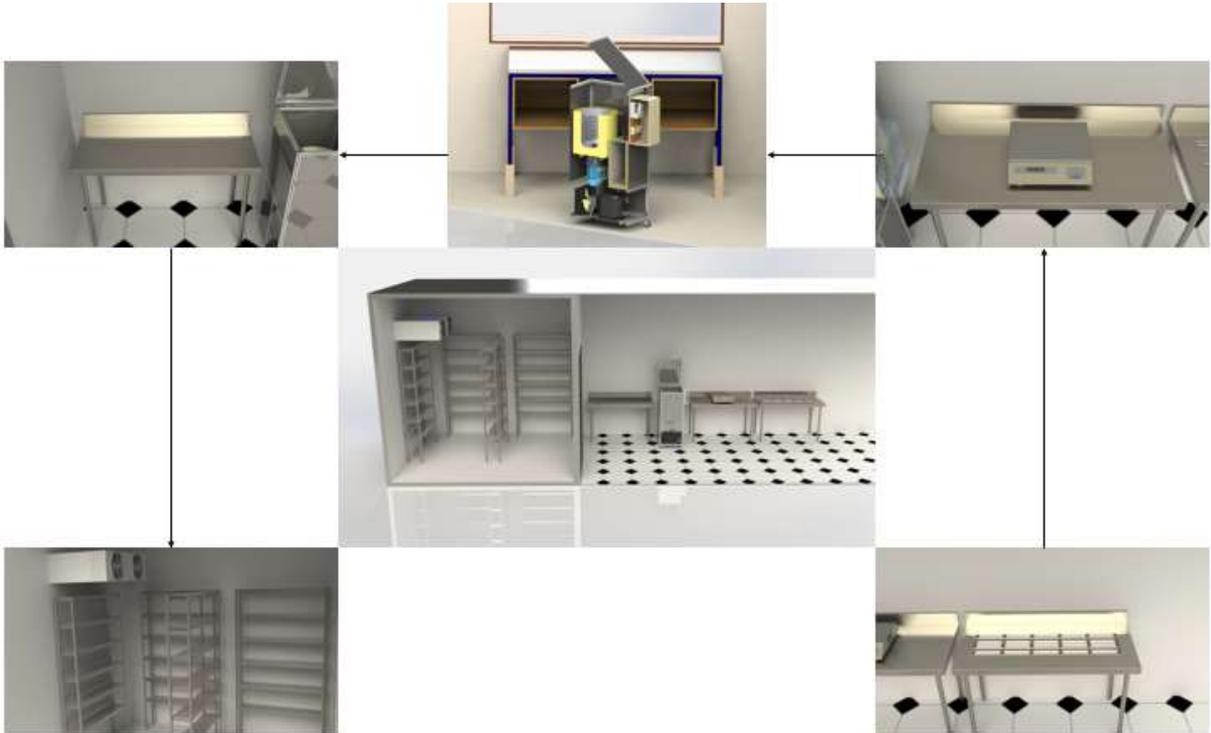
Figura 38 - Protótipo do congelador rápido de alimentos



FONTE: Autor.

O processo de acordo com a Concepção 1 apresentado na Tabela 13, está ilustrado na Figura 39.

Figura 39 - Ilustração da Concepção 1



FONTE: Autor.

Na primeira bancada da direita é armazenado o pinhão ainda quente para que o mesmo resfrie até a temperatura ambiente. A segunda bancada é utilizada para que o operador possa pesar e embalar o pinhão, utilizando a balança comercial e a embaladora a vácuo. Em seguida o pacote já lacrado é inserido no congelador, com auxílio de uma pinça. Ao final do processo o equipamento sinaliza para o operador que o alimento está congelado, com o auxílio da pinça o operador remove o alimento e deposita na última bancada. O processo é encerrado após o operador armazenar o alimento dentro da câmara fria.

Para este processo todas partes de equipamentos que tem contado direto com o alimento são de inox como a Concepção 1 detalha na Tabela 13.

### 5.3 - Planejamento de um novo layout

Com o objetivo de atender a empresa Maquinarium, que busca comercializar o congelador rápido de alimentos, foram desenvolvidas novas concepções do equipamento.

Para desenvolvimento e inspiração, consultou-se alguns sites de tendências e *design of products*. As concepções foram modeladas em software de modelagem tridimensional e renderizadas para uma melhor avaliação.

Foram desenvolvidas 3 concepções. A primeira concepção apresentou um estilo mais sofisticado com acabamento de inox e linhas futurísticas. A segunda concepção expressou um conceito mais simples com acabamento em aço 1020 e pintura eletrostática. A terceira concepção foi a mais simples e atenderia um público que visa a praticidade, pois o seu formato retangular propicia uma modularidade para diferentes ambientes.

As Figuras 40 e 41, apresentam as renderizações da concepção 1 e 2. Na Figura 41 é possível visualizar a IHM, sensível ao toque. Para um comparativo das duas concepções, as mesmas foram ilustradas em cores distintas pela Figura 42.

Figura 40 - Concepção 1.



FONTE: Autor.

Figura 41 - Concepção 2.



FONTE: Autor.

Figura 42 - Concepção 1 e 2 em diferentes cores.



FONTE: Autor.

### **6.1 - Introdução**

A fase de testes foi a fase mais extensa deste trabalho, quando foi desenvolvido o procedimento para congelar alimentos, com o objetivo de buscar melhores resultados.

Testaram-se diferentes variáveis com o objetivo de encontrar a melhor forma de congelar o alimento, com o menor consumo de energia, e sem perder qualidade. Dentre as variáveis do processo testadas as que se mostraram mais importantes são a agitação do fluido congelante e a forma de embalar o alimento.

O equipamento consome energia e tempo até estar pronto para iniciar o processo de congelamento, e sendo assim, ensaios foram executados com o objetivo de determinar o tempo e o gasto energético para o equipamento chegar a temperatura de regime, que é de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Para uma melhor organização deste capítulo, apresentam-se inicialmente os procedimentos para os testes, e depois detalha-se a sequência seguida durante os testes.

Dividiu-se o capítulo de acordo com os testes propostos, com os resultados obtidos em cada teste. Por fim apresenta-se a análise das amostras, com os resultados obtidos das etapas anteriores.

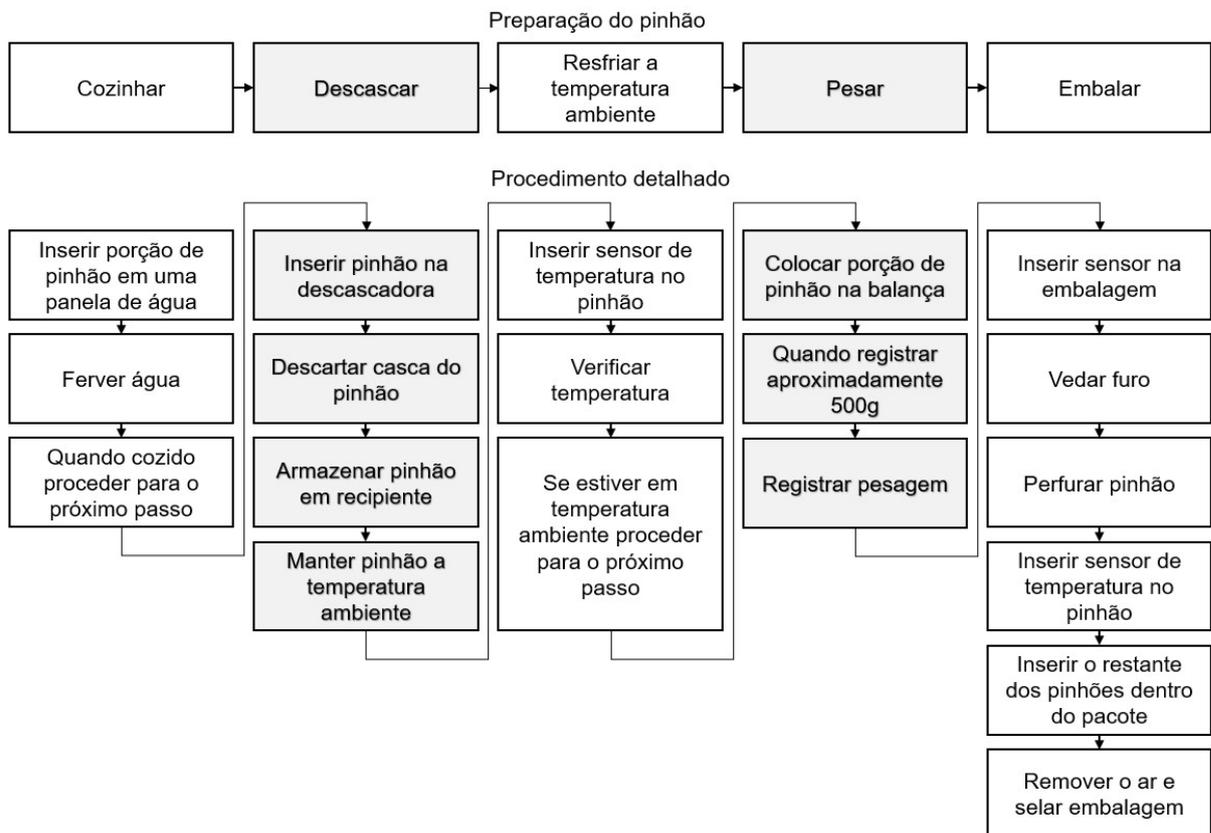
### **6.2 - Procedimento para teste**

Com o intuito de atingir o mercado regional de produtores de pinhão, os testes de congelamento foram feitos com pinhão. Assim, foi necessário estudar o procedimento de como prepará-lo.

O procedimento para preparar o pinhão consiste em cozinhar, descascar enquanto ainda está quente, mantendo-o em temperatura ambiente, pesar e separar em porções de 500 g. Na Figura 43 pode-se analisar o procedimento mais

detalhadamente. Destaca-se a necessidade de colocar sensores de temperatura internos para poder medir a temperatura durante o processo de congelamento.

Figura 43 - Procedimento para preparação do pinhão.

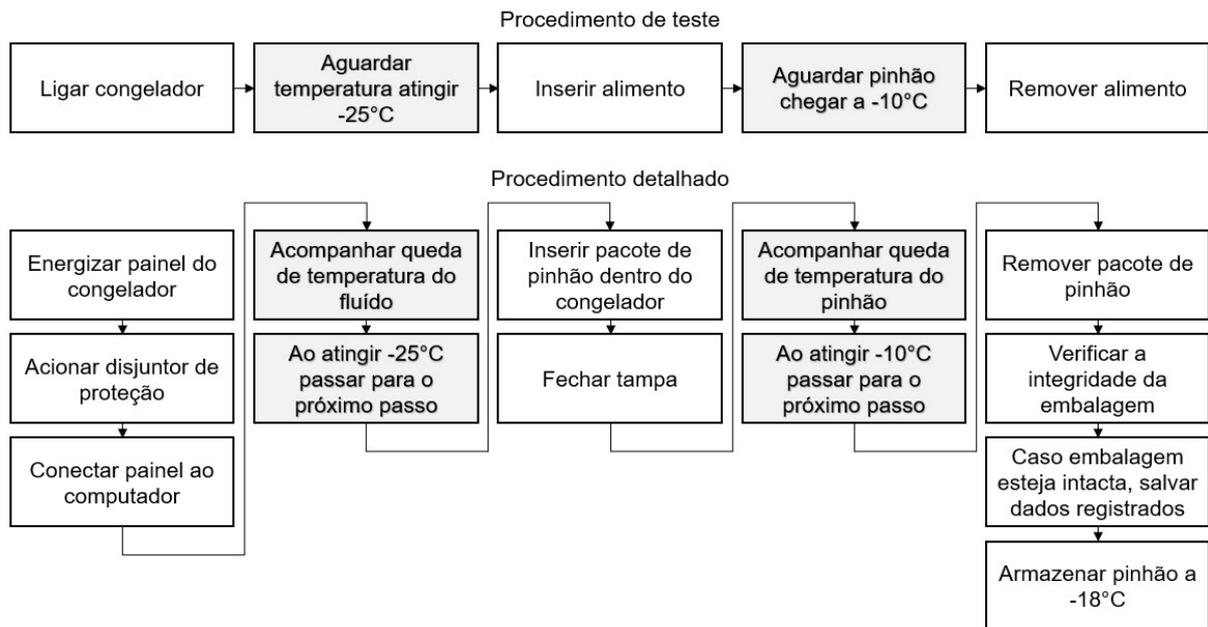


Com o alimento pronto para os testes, inicia-se a próxima etapa, documentada em forma de fluxograma pela Figura 44. A temperatura mínima que se esperava atingir era de -2 °C, contudo nos testes a temperatura do mesmo chegou até -10 °C. Desta forma foi possível analisar o comportamento da curva inclusive após a temperatura desejada.

O volume de pesquisas feitas sobre congelamento rápido do pinhão ainda é muito pequeno, e não se encontrou uma referência que tenha desenvolvido pesquisa para analisar a percentagem de água congelada no pinhão em diferentes temperaturas negativas. Sabe-se que a temperatura de armazenamento ideal é de -18 °C. A partir de testes empíricos, chegou-se a temperatura de -2 °C como sendo

a temperatura ideal para congelamento rápido, pois a queda de temperatura até  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  é acentuada e é suficiente para manter as características de textura e sabor do alimento. Após congelar o pinhão até  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o mesmo é armazenado a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Figura 44 - Procedimento para teste.



FONTE: Autor.

A temperatura de regime do equipamento é de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , contudo foi necessário fazer um controle por histerese, ligando em  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  e desligando em  $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pois não é possível ligar e desligar o compressor repetidas vezes. Desta forma se obteve um espaço de tempo entre o momento em que desliga e retorna a ligar o compressor. Este controle é comum para os controladores de temperatura comerciais.

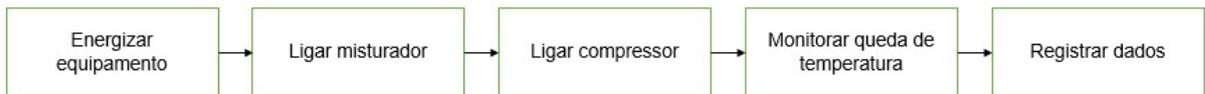
A temperatura ambiente estipulada para os testes foi de aproximadamente  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , controlada para garantir a uniformidade dos dados. Como sala de testes foi utilizado um estúdio de música com isolamento acústico. Controlou-se a temperatura com um aquecedor elétrico doméstico.

Os registros das temperaturas foram capturados pelo Arduino e enviadas, via comunicação serial, para monitoramento e armazenamento, para um computador.

O tempo que o congelador rápido de alimentos leva para atingir a temperatura de regime estipulada foi calculado após repetir o processo de ligar e aguardar a temperatura chegar em -25 °C. Cada vez que esse ciclo era feito, então se media o tempo que levou para chegar à temperatura de -2 °C.

Para este teste seguiu-se o procedimento detalhado no procedimento de iniciar equipamento, ilustrado na Figura 45.

Figura 45 - Procedimento de iniciar equipamento.



FONTE: Autor.

### 6.3 - Testes do protótipo

As vinte e duas amostras obtidas a partir de testes executados em temperatura ambiente, mantida a 28 °C, são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14 - Tempo para congelamento do pinhão.

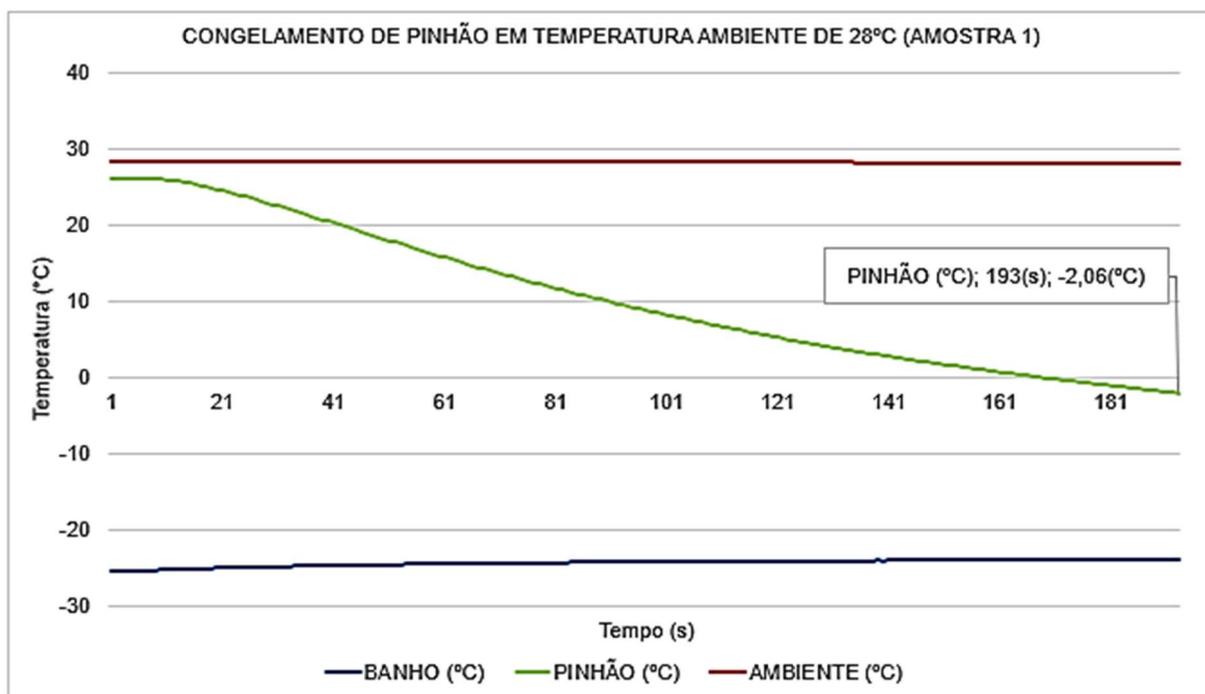
AMBIENTE à 28 °C	
AMOSTRA	TEMPO DE CONGELAMENTO (s)
1	193
2	235
3	365
4	198
5	299
6	211
7	137
8	277
9	271
10	263
11	303
12	265
13	293
14	258
15	304

16	269
17	288
18	178
19	301
20	184
21	236
22	220

FONTE: Autor.

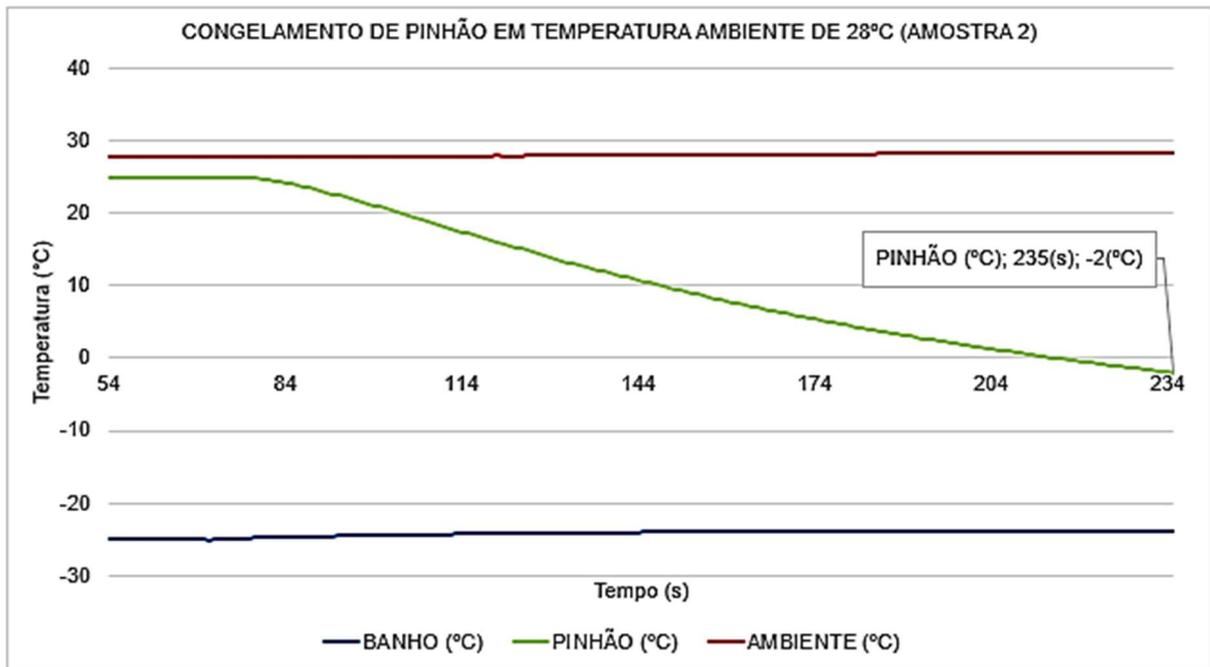
O comportamento da queda de temperatura no pinhão é ilustrado nas Figuras 46,47 e 48. Observe que a temperatura teve um comportamento quase linear.

Figura 46 - Queda da temperatura interna do pinhão (amostra nº 1).



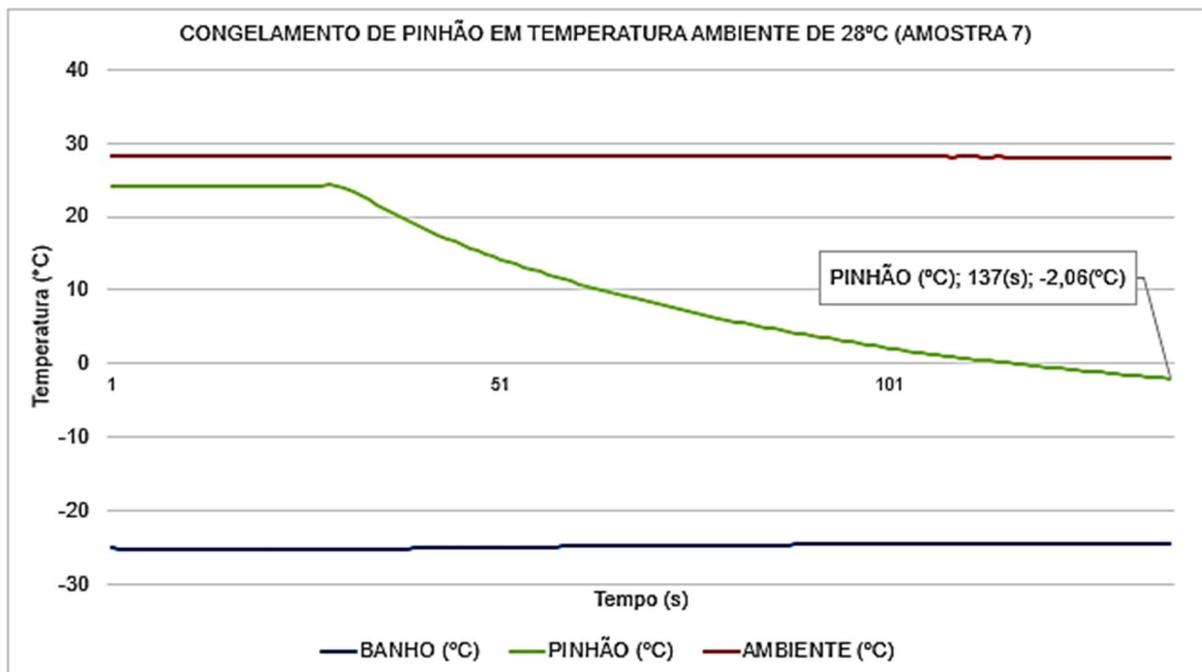
FONTE: Autor.

Figura 47 - Queda da temperatura interna do pinhão (amostra nº 2).



FONTE: Autor.

Figura 48 - Queda da temperatura interna do pinhão (amostra nº 7).



FONTE: Autor.

Com um número limitado de amostras, vinte e duas, utilizou-se a Equação 1 para calcular o desvio padrão.

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (I_i - \bar{I})^2}}{n-1} \quad (1)$$

s = desvio padrão

$I_i$  = i-ésima indicação

$\bar{I}$  = média das “n” indicações

n = número de medições repetitivas efetuadas

Para atingir o tempo de congelamento com um grau de certeza de 95,45%, foi utilizado um valor do coeficiente “t” de Student de 2,133 (ALBERTAZZI, 2008). O cálculo da repetitividade é apresentado na Equação 2.

$$r = t \cdot s \quad (2)$$

r = Repetitividade

t = T de student

Os resultados, obtido a partir das amostras, é apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Resultados dos testes.

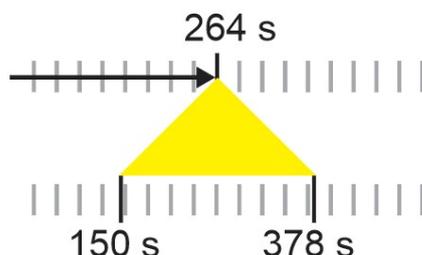
MÉDIA	264 s
DESVIO PADRÃO DA AMOSTRA	53,55
VALOR DE T DE STUDENT (95%)	2,133
REPETIBILIDADE	114,2
TEMPO DE CONGELAMENTO	264 s ± 114 s
TEMPO MÁXIMO	378 s

FONTE: Autor.

Para definir o tempo máximo considera-se a pior situação prevista pelos cálculos probabilísticos, que é de 6 min e 18 s. A Figura 49, apresenta de forma visual o tempo médio de congelamento, obtido nos testes, e uma projeção, em

amarelo, do tempo mínimo e do tempo máximo para garantir, com 95,45% de certeza, de que o pinhão estará congelado.

Figura 49 - Tempo mínimo e máximo para congelar uma porção de 500 g de pinhão até -2 °C.



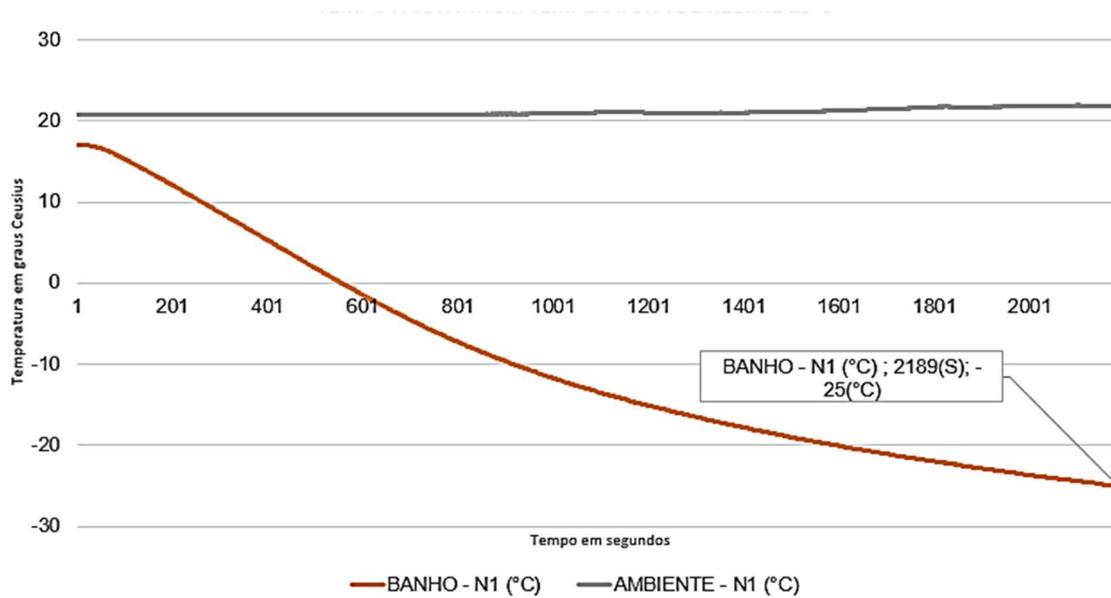
FONTE: Adaptado de ALBERTAZZI (2008).

De acordo com os resultados da Tabela 15, e com o consumo do equipamento durante os testes, que foi de 264 W/h, obtêm-se o custo do congelamento do produto. Utilizando-se a tabela mais atualizada até o momento para o custo de energia elétrica, não tarifária em Santa Catarina, o valor do kW/h é de R\$ 0,7971.

Considerando uma produtividade de 4,76 kg de pinhão por hora, o custo energético para congelar 1 kg de alimento é de 55,5 W/h. Ao calcular o custo em reais chegou-se a aproximadamente R\$ 0,04. Esse valor não considera o custo para ligar o equipamento e chegar a temperatura de regime, sendo este teste apresentado a seguir.

Fez-se o teste de iniciar o equipamento e monitorar o tempo que se levou para chegar a temperatura de regime, procedimento ilustrado anteriormente na Figura 45. A Figura 50 apresenta o comportamento da queda de temperatura do fluido e do ambiente. O resultado obtido neste teste foi que o equipamento levou 2.189 s ou 36 min e 29 s, para atingir -25 °C.

Figura 50 - Tempo para o equipamento atingir temperatura de regime.



FONTE: Autor.

Este mesmo teste repetiu-se quatro vezes, gerando a Tabela 16, com os tempos registrados.

Tabela 16 - Tempos para iniciar equipamento.

Nº do Teste	Tempo atingido (s)	Tempo atingido (min)
1	2.182	36 min e 22 s
2	2.199	36 min e 39 s
3	2.461	41 min e 1 s
4	2.826	47 min e 6 s

FONTE: Autor.

Utilizando as equações 1 e 2, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 17. O tempo médio para o equipamento atingir a temperatura de regime foi de 2.330 s ou 38 min e 50 s. O valor de T de student foi alto dado que o número de amostras é pequeno, e, portanto, a repetitividade foi de  $\pm 864$  s,  $\pm 14$  min e 24 s.

Tabela 17 - Resultados dos testes de inicialização do equipamento.

MÉDIA	2330 s	38 min e 50 s
DESVIO PADRÃO DA AMOSTRA	301,09	5 min e 1s

VALOR DE T DE STUDENT (95,45%)	2,869	2,869
REPETIBILIDADE	864	14 min e 24 s
TEMPO DE INICIALIZAÇÃO	2330 s ± 864 s	38 min e 50 s ± 5 min
TEMPO MÁXIMO	3194 s	53 min e 14 s

FONTE: Autor.

Ao considerar-se o tempo máximo para iniciar o equipamento e um consumo de 264 W/h para que isso aconteça o valor equivale a aproximadamente R\$ 0,19.

#### 6.4 - Análise da amostra

Durante os testes, questionou-se quanto a homogeneidade da temperatura no corpo da amostra, já que a temperatura mensurada foi no interior de um só pinhão posicionado no centro do pacote. Utilizou-se a câmera térmica Flir E40 (Figura 51), concedida pela Automatec Automação Industrial de Criciúma, com o objetivo de descobrir se congelava de forma homogênea ou não.

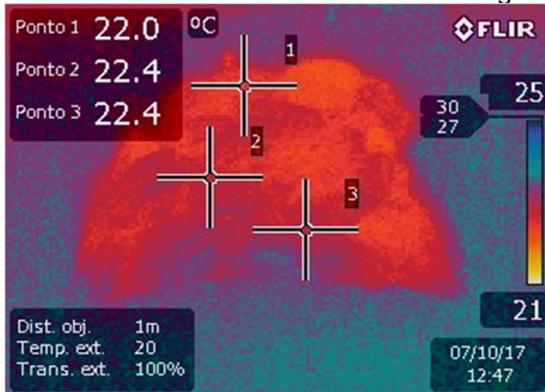
Figura 51 - Câmera Térmica Flir E40 e Tabela de características.



MODELO	FLIR E40	FLIR E50	FLIR E60
Resolução IR	160 × 120 pixels	240 × 180 pixels	320 × 240 pixels
Resolução MSX	320 × 240		
Sensibilidade Térmica	< 0.07°C	< 0.05°C	
Precisão	±2°C ou ±2% de leitura		
Faixa de Temperatura	-20°C a 650°C		
Câmera de Vídeo sem/iluminação	3.1 MP		

FONTE: FLIR (2013)

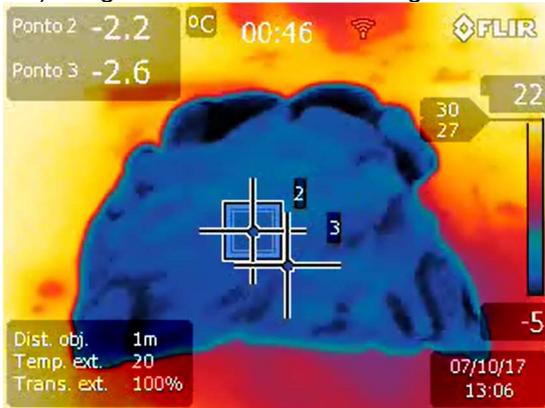
Figura 52 - Fotos térmicas da porção de 500 g de pinhão. (a,b) Imagem térmica e fotografia antes do congelamento; (c,d) Imagem térmica e fotografia após o congelamento sem a embalagem; (e,f) Imagem térmica e fotografia após o congelamento sem a embalagem em perspectiva; (g,h) Imagem térmica e fotografia da porção fragmentada.



a) Imagem térmica antes do congelamento



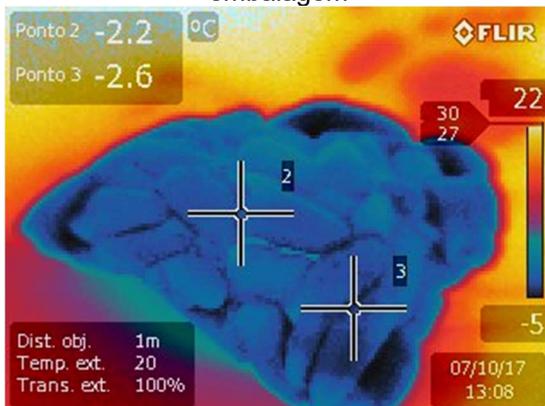
b) Fotografia antes do congelamento



c) Imagem térmica após o congelamento sem a embalagem



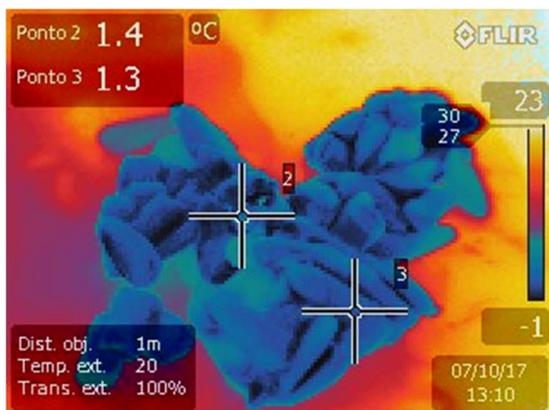
d) Fotografia após o congelamento sem a embalagem



e) Imagem térmica após o congelamento sem a embalagem em perspectiva



f) Fotografia após o congelamento sem a embalagem em perspectiva



g) Imagem térmica da porção fragmentada.



h) Fotografia da porção fragmentada.

A Figura 52a e 52b apresentam uma amostra para teste antes do congelamento, em que a temperatura do alimento estava igual à temperatura ambiente, aproximadamente 22 °C. A Figura 52c, 52d, 52e e 52f apresentam a amostra de pinhão já fora do pacote após o congelamento do mesmo, em diferentes ângulos. A Figura 52g e 52h apresentam a amostra de pinhão em partes, o que possibilitou a análise do interior da amostra. Para fragmentar a porção de pinhão foi necessário mantê-la em temperatura ambiente por alguns minutos, assim a temperatura da amostra aumentou.

Ao analisar as imagens resultantes do teste, nota-se que a diferença de temperatura entre pinhões no centro ou na periferia da amostra não ultrapassou o valor de 0,4 °C, contudo a precisão da câmera segundo o fabricante é de  $\pm 2$  °C. Concluiu-se, então, que a temperatura adquirida no interior de um pinhão localizado no centro da amostra é suficiente para afirmar que a amostra como um todo apresenta a homogeneidade, já que a variação encontrada nas imagens térmicas não são significativas.

## 6.5 - Inspeção final do protótipo

O protótipo desenvolvido por este trabalho forneceu informações importantes, as quais, após análise, poderão ser usadas para aperfeiçoar o método proposto para congelar o alimento com maior qualidade e segurança.

Avaliou-se o protótipo com base nos requisitos de cliente, analisando-se de forma qualitativa os resultados obtidos. Itens relacionados unicamente ao produto

final e a análises que necessitam de mais tempo para obter resultados foram excluídos da Tabela 18, que mostra uma avaliação geral do protótipo.

Tabela 18 - Avaliação do protótipo.

Requisitos de Cliente	Meta Alcançada	Comentários
Ser seguro de operar	✓	Todas as proteções mecânicas, elétricas e de software foram implementadas.
Congelar alimento até uma temperatura suficiente para manter a qualidade do mesmo	✓	Se chegou ao nível de qualidade esperado com o produto escolhido para os testes.
Tem que ser econômico	✓	O consumo do protótipo foi satisfatório, sendo previsto uma redução para o produto final.
Equipamento não deve exalar mau cheiro	✓	O equipamento em momento algum apresentou cheiro desagradável. Contudo ao manter o equipamento aberto é notável o odor do fluido congelante.
Baixo custo		O protótipo apresentou custo excessivo, sendo o maior contribuidor para isso a estrutura e o material de consumo para os testes.
Poder usar para diferentes tipos de alimentos no equipamento		Não foram executados testes com diferentes alimentos, mas, os testes apresentados com pinhão indicam bons resultados com outros alimentos.
Poder ser operado por apenas um operador.	✓	O equipamento apresenta um funcionamento simples podendo ser operado por apenas um operador.
Poder operar em qualquer temperatura ambiente		Não foi feito testes para diferentes temperaturas, contudo o isolamento do congelador apresentou resultados satisfatórios, apontando para um bom resultado para a utilização em diferentes temperaturas.
Fácil usabilidade	✓	O protótipo apresentou fácil usabilidade durante os testes. A fabricação do protótipo permitiu uma análise da ergonomia do operador.

Consumir o mínimo de insumos possível na fabricação.		Alguns elementos foram adquiridos para teste, sendo este item não alcançado para a fabricação do protótipo.
Considerar somente o congelamento de alimentos embalados	✓	Os testes foram feitos seguindo este requisito de cliente.

FONTE: Autor.

# Capítulo 7

## Conclusões / Considerações Finais

---

### 7.1 - Introdução

O objetivo inicialmente proposto para este trabalho, desenvolver um congelador rápido de baixo custo para alimentos, foi, com as devidas ressalvas, alcançado.

Embora a versão final não tenha sido construída durante este trabalho, o protótipo apresentou resultado satisfatório, validando o conceito utilizado pelo equipamento proposto, afirmando seu potencial como produto possível de ser vendido no mercado.

O método apresentou suas limitações e suas vantagens, beneficiando assim alguns processos, dentre eles o congelamento de pinhão pelos próprios agricultores catarinenses.

Cabe a este capítulo apresentar uma análise dos objetivos propostos e os resultados obtidos. Alguns trabalhos futuros serão propostos com o objetivo de melhorar os resultados obtidos até agora.

### 7.2 - Análise de objetivos e resultados

O objetivo principal do trabalho foi alcançado, pois desenvolveu-se um congelador rápido de baixo custo para alimentos e realizou-se testes que comprovam a eficácia do mesmo. O equipamento irá evoluir para atender melhor a alguns requisitos, contudo, a tecnologia foi desenvolvida e está pronta para ser aperfeiçoada.

O congelador foi modelado em software de modelagem tridimensional, assim foi possível documentar o projeto e a evolução do equipamento. Com o objetivo de tornar o congelador atrativo a futuros clientes, o modelo virtual ganhou diferentes formas e tamanhos, possibilitando a análise da aceitação do público antes de iniciar a fabricação, representando assim uma economia no desenvolvimento de projeto.

Desenvolveu-se um protótipo para analisar o conceito de congelamento rápido e também o método proposto. Para a fabricação utilizou-se, sempre que possível, equipamentos disponíveis no comércio local, reduzindo custo e tempo de entrega.

O processo utilizado para congelar alimentos foi detalhado na etapa de testes, apresentando resultados positivos, com boa economia e produtividade.

O pinhão foi o alimento utilizado para análise e testes, sendo possível congelar o pinhão a uma temperatura de  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 378 s com uma certeza de 95,45%.

O equipamento desenvolvido teve como resultado uma capacidade de produção de 4,7 kg/h. Esse resultado possibilita, por exemplo, determinar quantos equipamentos iguais a esse seriam necessários para atender clientes com demandas distintas.

Um painel foi montado para monitorar os testes, ilustrado na Figura 32. Posteriormente o mesmo painel ficou montado no protótipo para controlá-lo. Instalou-se uma IHM no painel de controle do protótipo para auxiliar no controle do mesmo após os testes. Esse painel mostrou-se confiável e fundamental para realizar e acompanhar todo o processo de congelamento, permitindo ao usuário ter, a todo momento, condições de verificar o estado em que está o processo.

Os sensores de temperatura foram calibrados de acordo com a NBR14610, obtendo-se, com isso, resultado com maior confiabilidade, e por isso não foram computados na medição de incerteza da temperatura, sendo computados somente os erros aleatórios presentes nas medições.

Com o desenvolvimento do trabalho, percebeu-se que alguns itens poderiam ser mais bem detalhados, mas considera-se que o protótipo atual é suficiente para atingir os requisitos de projeto deste trabalho.

Para uma melhor análise comparativa seria necessário a aquisição de congeladores comerciais, como o patenteado pela Whirlpool Corporation (US) ou como o Supercongelador da Tramontina, que não foi realizado por não ser financeiramente viável para este projeto.

### **7.3 - Recomendações para trabalhos futuros**

Inicialmente serão propostas abordagens para o protótipo fabricado e posteriormente recomendações para novas unidades.

Recomendações para protótipo fabricado:

- Analisar o comportamento do equipamento em ambientes mais agressivos, com temperaturas superiores a que foi testada e com pouca circulação de ar, assim obtendo o resultado do equipamento em condições extremas;
- Desenvolver ambiente de testes que forneçam resultados de maneira automatizada, sem a utilização de ferramentas como o Excel, evitando-se possíveis erros nos levantamentos de dados dos testes e reduzindo-se o tempo dos mesmos;
- Encontrar no mercado ou desenvolver um sensor sem fio a prova de água, capaz de monitorar a temperatura do interior do pacote sem perfurar o produto;
- Melhorar a qualidade no acabamento do protótipo, para melhor apresentação do equipamento em futuras exposições;
- Elaborar uma pesquisa de mercado para avaliar a percepção das pessoas sobre a qualidade do alimento congelado no congelador rápido;
- Elaborar uma pesquisa para avaliar a percentagem de água congelada no pinhão em diferentes temperaturas negativas, e a influência desta percentagem na qualidade do mesmo.

Recomendações para fabricação de novas unidades:

- Fabricação dos conceitos propostos, e usar esses conceitos para realizar uma pesquisa de mercado mais realista;
- Implementar uma adaptação mecânica permitindo gelar bebidas, assim possibilitando a refrigeração rápida de bebidas; crê-se que gelar bebidas tem um diferencial mercadológico mais atraente;
- Analisar sistema que utilize do mesmo processo para grandes produções de alimentos;

- Inserir equipamento no uso de cozinhas residenciais com o objetivo de entrar no mercado doméstico.

#### 7.4 - Conclusões Finais

O equipamento desenvolvido por este trabalho representa o início de uma gama de produtos e aplicações a serem desenvolvidas a partir dos resultados obtidos. Uma aplicação já em estudo é a refrigeração rápida de bebidas utilizando o mesmo equipamento, seguindo a tendência da patente do Dispositivo de Resfriamento para Refrigerantes (2017) e do Refrigerador Automático para Bebidas e Método de Refrigeração de Bebidas (2015). O congelador rápido apresentou resultados promissores, com a refrigeração da lata de cerveja, por exemplo, gelando a mesma a uma temperatura de 1 °C em apenas um minuto, sendo uma solução viável para restaurantes, bares e ambientes de interação.

Por se tratar de um equipamento que traz qualidade aos alimentos congelados, versões compatíveis com o ambiente doméstico são uma tendência que podem ganhar espaço no mercado. Para chegar a esse resultado é necessária uma redução no volume ocupado pela máquina, uma redução ainda maior no custo do equipamento (custo estimado atual: R\$ 2.000,00, valor atual estimado para venda: R\$6.000,00) e uma estética compatível com equipamentos do setor.

Para uma melhor análise dos custos, os componentes foram orçados e um detalhamento maior dos custos foi apresentado pela Tabela 19.

Tabela 19 - Custos do congelador rápido de baixo custo para alimentos.

Item	Detalhamento	Custo
Sistema de refrigeração	Evaporadora, compressor, ventilador, condensadora, gás refrigerante e componentes elétricos.	R\$ 750,00
Estrutura	Estrutura de suporte dos componentes da máquina.	R\$ 350,00
Misturador e tanque	Tanque de líquido refrigerante, isolamento e misturador do tanque.	R\$ 550,00
Elétrica	Componentes de proteção elétrica e eletrônica de controle.	R\$ 150,00
Acabamento	Acabamento externo e pintura da máquina.	R\$ 100,00
Montagem e	Montagem dos componentes e	R\$ 100,00

embalagem	embalagem para transporte.	
-----------	----------------------------	--

FONTE – Autor.

O conhecimento adquirido por este trabalho foi fundamental para o crescimento profissional do Autor, sendo responsável pela fundação de uma empresa, a Maquinarium®, empresa essa que está iniciando no mercado, com um futuro promissor, graças a esta pesquisa.

Muitos desafios foram superados durante o andamento deste trabalho, sendo a falta de dinheiro para investimento o maior deles. Os resultados obtidos foram frutos de muito trabalho da equipe envolvida, que se dedicou a realização deste projeto.

## Referências

ALBERTAZZI G. JR, Armando; SOUZA, André R. **Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial**. 1. Ed. Florianópolis: Manole, 2008.

Ambev S/a.. Eduardo Arjona Esteves. **REFRIGERADOR AUTOMÁTICO PARA BEBIDAS E MÉTODO DE REFRIGERAÇÃO DE BEBIDA**. BR nº BR 102014013038-1 A2, 29 maio 2014, 22 dez. 2015.

ABNT. **NBR14610: Indicador de temperatura com sensor – Calibração por comparação com instrumento-padrão**. Rio de Janeiro, 2000. Pág. 5.

**Avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos resfriados e congelados**. Campinas: Ciência e Tecnologia de Alimentos, 25 set. 2008. Trimestral. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/2010nahead/v30n1a24>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

BACK, N. Metodologia de Projeto de produtos Industriais, Guanabara Dois, 1983  
PRATES, Gláucia Aparecida. **Ecodesign utilizando QFD, métodos Taguchi e DFE**. Florianópolis, 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

BRASIL FOODS. **Pesquisa Nacional Fiesp/IBOPE sobre o perfil do consumo de alimentos no Brasil**. São Paulo: Fiesp, 2010. 23 slides, color. Disponível em: <[http://www.abic.com.br/media/EST\\_PESQFoodTrendsI.pdf](http://www.abic.com.br/media/EST_PESQFoodTrendsI.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2016.

CADENCE. Balança de alta precisão. Disponível em <https://www.cadence.com.br/balanca-cadence-de-alta-precisao-utilita-bateria/p> Acesso em: 28 fev. 2018

CAROLINE FARIA. **Desdobramento da Função Qualidade (QFD)**. Disponível em: <[https://www.infoescola.com/administracao\\_/desdobramento-da-funcao-qualidade-qfd/](https://www.infoescola.com/administracao_/desdobramento-da-funcao-qualidade-qfd/)>. Acesso em: 21 jan. 2018.

Cerveceria y Malteria Quilmes S.a.i.c.a. y G.. Diego Fabricio Basso. **Dispositivo de resfriamento para refrigeradores**. BR nº BR 102017002625-6 A2, 09 fev. 2017, 22 ago. 2017.

CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 11, 2014, Gramado. **Possibilidades de uso da matriz morfológica no processo de geração de alternativas em design**. Gramado: Ufrgs, 2014. 12 p.

DANGUI, Hiago Antonio Sirino. **Estudo e implementação de estratégias para uma bancada de controle de pressões em compressores de refrigeração**.

Florianópolis, 2016. Departamento de Automação e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.

EMPREGO DO FRIO NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS. Goiânia: Enciclopédia Biosfera, v.9, n.16, 01jul.2013. Disponível em: <[http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/EMPREGO DO FRIO.pdf](http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/EMPREGO_DO_FRIO.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2016.

LINO, Gessica Cristina de Lima; LINO, Thiago Henrique de Lima. **CONGELAMENTO E REFRIGERAÇÃO**. 2014. 25 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

FLIR Systems Brasil. FLIR E-Series: The new E40, E50 and E60, now with MSX advanced thermal imaging camera performance. Pág. 2; set. 2013.

GENESIS. **Congelador rápido**. Disponível em: <<http://genesisrefrigeracao.com.br/>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

LEITÃO, Bruno Miguel Rodrigues. **Equipamentos de congelação industrial de produtos alimentares perecíveis**: análise comparada de apoio à decisão. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2015.

MAYEKAWA. Kou Lshikura; Takahiro Arai; Akira Taniyama. **CONGELADOR DO TIPO DE TRANSFERÊNCIA CONTÍNUA**. BR nº PI 0413047-2 A, 29 out. 2004, 17 out. 2006.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, DO COMÉRCIO E DO TURISMO. Portaria nº233, de 22/12/94.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Rede de Frio**. Brasil, 2001. Pág. 13.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR10**: Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Brasil, 2004. Pág. 2,3 e 7.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR15**: Atividades e operações insalubres. Brasil, 1978. Anexo 9.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR17**: Ergonomia. Brasil, 1978. Pág. 2.

MOVE PACK BRASIL. **Esteira transportadora de alimentos**. Disponível em: <<http://www.movepackbrasil.com.br/esteira-transportadora-alimentos>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

NEVES FILHO, Lincoln de Camargo. **Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Frio, 1991.

NITZKE, Júlio. **Vegetais Congelados**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/vegetais-congelados/index.php>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

NOBRE, Joseane Almeida Santos. **Tecnologia do Processamento de Alimentos**. São Paulo: Grupo Ibmec Educacional S.a., 2011. Pág. 448.

NOVAES, André Luís Tortato. **Desenvolvimento de um sistema mecânico para a limpeza e classificação de ostras**. Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. Ed. 4. Porto Alegre: Bookman, 2013. Pág. X-X.

OLIVERA, Florencia Cladera. **Alternativas tecnológicas do processamento e armazenamento do pinhão**. In: OKTOBER FÓRUM, 10, 2005, Porto Alegre. Seminário do programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Porto Alegre: Ppgeq, 2005. p. 1 - 8.

OLIVEIRA ROÇA, Roberto. **REFRIGERAÇÃO**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2001. Pág. 1-9.

OLIVERA, Florencia Cladera. **Estudos tecnológicos e de engenharia para o armazenamento e processamento do pinhão**. Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE. Portaria CVS nº6, de 10 março de 1999.

SILVA, Gabriel A. da. Caracterização dos danos fitopatológicos em pós-colheita de pinhão. In: MICTI, 6, 2013, Camburiú. Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar. Sombrio: CNPQ, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Portaria INMETRO nº11, de 12 de outubro de 1988.

PEREIRA, Vitor de Freitas. **Avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos resfriados e congelados**. Campinas: Sielo, 2010. Pág. 158-165.

PINTO, Rochelly Sirremes; FONTENELLE, Maria Aridenise Macena. **Desdobramento da função qualidade – QFD no processo de desenvolvimento de produtos: uma aplicação prática**. Salvador: Enegep, 2013. Pág. 1-16.

ROÇA, Roberto de Oliveira. **Congelamento**. 2013. Doutorado - Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial - Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu, 2013.

RODRIGUES JUNIOR, Harry. **MANUAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS DE ALIMENTOS PREPARADOS CONGELADOS**. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais - Ppgem, Departamento de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus de Curitiba, Curitiba, 2016.

SICT-SUL. **Aceitabilidade e textura de pinhões sob diferentes condições de embalagens em três anos de armazenagem**. Araranguá: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. Pág. 1.

SICT-SUL. **Avaliação de características físicas de pinhões em diferentes tipos de acondicionamento e tempos de armazenamento**. Araranguá: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. Pág. 1.

TRAMONTINA. Supercongeladores. Farroupilha (RS), 2017. Disponível em; <<http://www.tramontina.com.br/upload/tramon/imagens/FAR/67451510FLM001.pdf>> Acesso em: 05 de jan. 2018.

TRAMONTINA. Super Congelador Simply. Farroupilha (RS), 2014. Disponível em; <<http://www.tramontina.com.br/upload/tramon/imagens/FAR/67451510INM001.pdf>> Acesso em: 05 de jan. 2018.

VOLPE, Pedro L. O. O que são termopilhas, como funcionam e como os químicos podem utilizar estes componentes. **Química Nova**, 16, Pág. 49-53, janeiro de 1993.

WHIRLPOOL CORPORATION (US). Gaetano Cascini; Marco Cambi; Angelo Braccagni. **CONGELADOR**. BR nº PI 0405608-6 A, 17 dez. 2004, 30 ago. 2005;

# Apêndice A

## QUESTIONÁRIO COM PÚBLICO DIVERSIFICADO

---

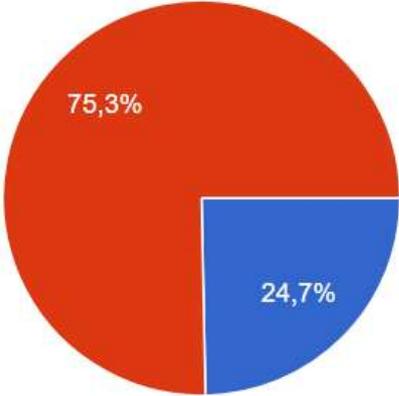
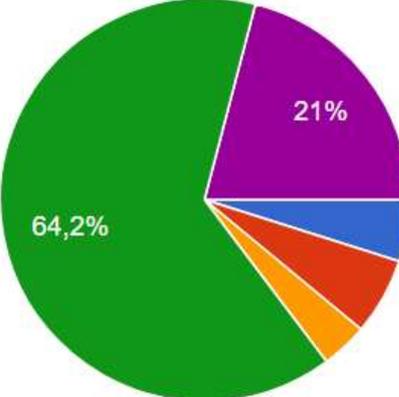
Este questionário foi aplicado para 81 pessoas, trabalhadores de diferentes áreas, ganhando-se uma visão de mercado sobre o equipamento desenvolvido neste trabalho. Com este questionário foi possível constatar algumas opiniões até então não observadas, como a necessidade de congelar carne, de forma que mantenha a qualidade, no ambiente doméstico.

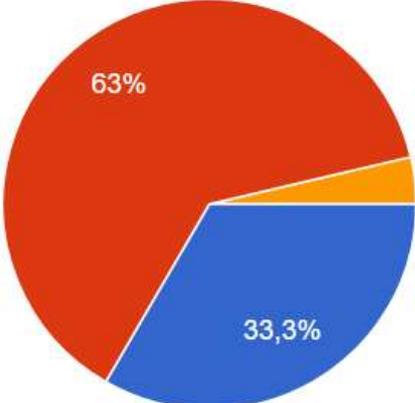
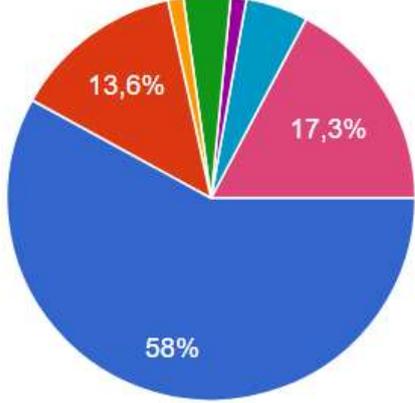
Foram feitas questões sobre o acabamento do produto, para isso foi imposto duas situações de uso. Na primeira situação o equipamento ficaria na cozinha, sendo casa ou restaurante, nessa situação 71,6% do público aprova o acabamento em inox e 21% o branco liso. Na segunda situação o equipamento ficaria exposto ao cliente, para uso comercial, para essa situação o inox continuou como preferência com 74,1% e o branco liso perdeu espaço para o preto listado caindo para 13,6% contra 11,1%, respectivamente. O aço inox foi a preferência de acabamento do produto, contudo, o mesmo apresenta um custo muito alto, por este motivo é usado somente quando exigido por norma, uso comercial onde o alimento fica em contato com o equipamento, ou em caso de equipamentos de alto padrão.

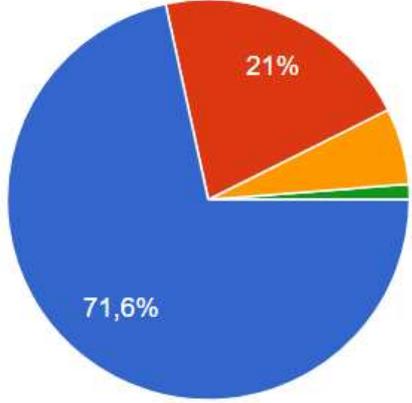
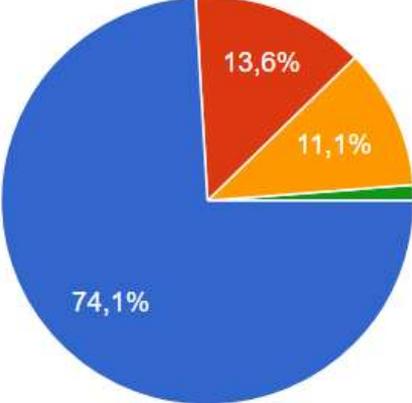
Quando questionados sobre a utilização do equipamento para gelar bebidas, o resultado surpreendeu pela grande aceitação, 87,7% dos questionados responderam que seria útil o equipamento gelar bebidas de maneira rápida. Esse resultado quando somado aos 66,7% de respostas positivas à questão que perguntou se as pessoas comprariam o equipamento apenas para gelar bebidas, apresenta um mercado a ser explorado pelo equipamento desenvolvido por este trabalho, abrindo uma nova frente de negócio, o de gelar bebidas em um espaço curto de tempo.

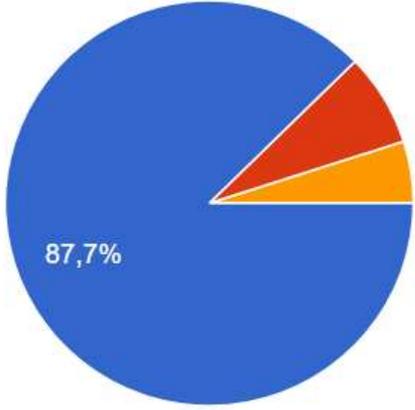
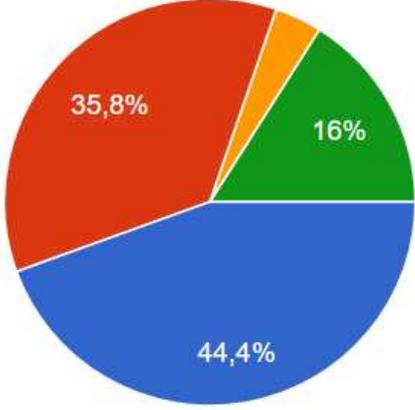
A pergunta que questionou se as pessoas já utilizaram um equipamento de congelamento rápido de alimentos, apresentou uma realidade de mercado na qual poucas pessoas sabem que existe este tipo de equipamento e é muito menor o público que já trabalhou com o mesmo. Esse resultado pode ser sinal de um nicho ainda não explorado ou uma realidade onde o mercado não digeriu este conceito até o momento, devido principalmente ao fato do alto custo de aquisição deste tipo de equipamento.

Quadro A – Questionário aplicado a um público diversificado

Questões	Respostas
<p>Você trabalha com alimentos diretamente, como num bar, restaurante e outros?</p> <p>( ) Sim.</p> <p>( ) Não.</p>	 <p>75,3%</p> <p>24,7%</p> <p>● Sim.</p> <p>● Não.</p>
<p>Você já utilizou um equipamento de congelamento rápido de alimentos?</p> <p>( ) Sim, utilizo sempre.</p> <p>( ) Sim, utilizo as vezes.</p> <p>( ) Sim, já utilizei uma vez.</p> <p>( ) Não, nunca utilizei.</p> <p>( ) Não sei o que é.</p>	 <p>64,2%</p> <p>21%</p>

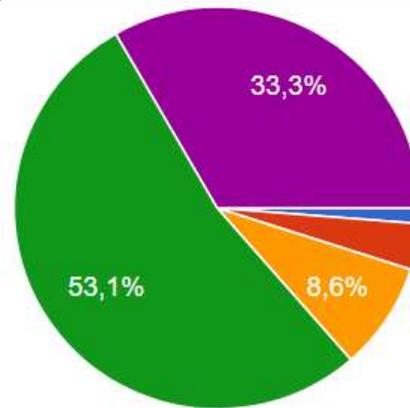
	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">●</span> Sim, utilizo sempre.</li> <li><span style="color: red;">●</span> Sim, utilizo as vezes.</li> <li><span style="color: orange;">●</span> Sim, já utilizei uma vez.</li> <li><span style="color: green;">●</span> Não, nunca utilizei</li> <li><span style="color: purple;">●</span> Não sei o que é.</li> </ul>
<p>Você congela alimentos com frequência?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim, sempre.</p> <p><input type="checkbox"/> Sim, as vezes.</p> <p><input type="checkbox"/> Não, nunca.</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">●</span> Sim, sempre.</li> <li><span style="color: red;">●</span> Sim, as vezes.</li> <li><span style="color: orange;">●</span> Não, nunca.</li> </ul>
<p>Quantos quilogramas de alimentos você congela por dia?</p> <p><input type="checkbox"/> Menos de 1kg.</p> <p><input type="checkbox"/> Entre 1kg e 5kg.</p> <p><input type="checkbox"/> Entre 25kg e 50 kg.</p> <p><input type="checkbox"/> Entre 50kg e 100kg.</p> <p><input type="checkbox"/> Mais que 100kg.</p> <p><input type="checkbox"/> Não se aplica.</p>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Menos de 1kg.</li> <li>● Entre 1kg e 5kg.</li> <li>● Entre 5kg e 25kg</li> <li>● Entre 25kg e 50kg</li> <li>● Entre 50kg e 100kg</li> <li>● Mais que 100kg</li> <li>● Não se aplica</li> </ul>										
<p>Qual o alimento que você mais congela?</p> <p>Resposta livre.</p>	<p>Desntre as respostas 85% respondeu que congela carne e os outros 15% congelão verduras, frutas e pães.</p>										
<p>Caso esse equipamento ficasse apenas na cozinha da sua casa ou restaurante, qual acabamento que você mais aprovaria?</p> <p>( ) Inox.</p> <p>( ) Branco liso.</p> <p>( ) Preto liso.</p> <p>( ) Plotagem.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Acabamento</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inox</td> <td>71,6%</td> </tr> <tr> <td>Branco liso</td> <td>21%</td> </tr> <tr> <td>Preto liso</td> <td>11,1%</td> </tr> <tr> <td>Plotagem</td> <td>1,1%</td> </tr> </tbody> </table>	Acabamento	Porcentagem	Inox	71,6%	Branco liso	21%	Preto liso	11,1%	Plotagem	1,1%
Acabamento	Porcentagem										
Inox	71,6%										
Branco liso	21%										
Preto liso	11,1%										
Plotagem	1,1%										
<p>Caso esse equipamento ficasse em uma área exposta ao seu cliente, qual acabamento você mais aprovaria?</p> <p>( ) Inox.</p> <p>( ) Branco liso.</p> <p>( ) Preto liso.</p> <p>( ) plotagem.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Acabamento</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inox</td> <td>74,1%</td> </tr> <tr> <td>Branco liso</td> <td>13,6%</td> </tr> <tr> <td>Preto liso</td> <td>11,1%</td> </tr> <tr> <td>Plotagem</td> <td>1,1%</td> </tr> </tbody> </table>	Acabamento	Porcentagem	Inox	74,1%	Branco liso	13,6%	Preto liso	11,1%	Plotagem	1,1%
Acabamento	Porcentagem										
Inox	74,1%										
Branco liso	13,6%										
Preto liso	11,1%										
Plotagem	1,1%										

	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">●</span> Inox</li> <li><span style="color: red;">●</span> Branco liso</li> <li><span style="color: orange;">●</span> Preto liso</li> <li><span style="color: green;">●</span> Plotagem</li> </ul>										
<p>Seria útil o equipamento além de congelar alimentos também gelar bebidas de até 600ml em 1 minuto?</p> <p>( ) Sim. ( ) Talvez. ( ) Não.</p>	 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sim</td> <td>87,7%</td> </tr> <tr> <td>Talvez</td> <td>8,7%</td> </tr> <tr> <td>Não</td> <td>3,6%</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">●</span> Sim</li> <li><span style="color: red;">●</span> Talvez</li> <li><span style="color: orange;">●</span> Não</li> </ul>	Resposta	Porcentagem	Sim	87,7%	Talvez	8,7%	Não	3,6%		
Resposta	Porcentagem										
Sim	87,7%										
Talvez	8,7%										
Não	3,6%										
<p>Para um equipamento com capacidade de congelar porções de 500 g de alimento em 7 minutos e gelar garrafas ou latas de bebidas de até 600ml em 1 minuto, qual o valor que você investiria na aquisição deste equipamento?</p> <p>( ) Até 1000 reais. ( ) Entre 1000 e 4000 reais. ( ) Entre 4000 e 10000 reais ( ) Não compraria.</p>	 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Valor</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Até 1000 reais</td> <td>44,4%</td> </tr> <tr> <td>Entre 1000 e 4000 reais</td> <td>35,8%</td> </tr> <tr> <td>Entre 4000 e 10000 reais</td> <td>16%</td> </tr> <tr> <td>Não compraria</td> <td>3,8%</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">●</span> Até 1000 reais</li> <li><span style="color: red;">●</span> Entre 1000 e 4000 reais</li> <li><span style="color: orange;">●</span> Entre 4000 e 10000 reais</li> <li><span style="color: green;">●</span> Não compraria.</li> </ul>	Valor	Porcentagem	Até 1000 reais	44,4%	Entre 1000 e 4000 reais	35,8%	Entre 4000 e 10000 reais	16%	Não compraria	3,8%
Valor	Porcentagem										
Até 1000 reais	44,4%										
Entre 1000 e 4000 reais	35,8%										
Entre 4000 e 10000 reais	16%										
Não compraria	3,8%										

Você compraria o equipamento apenas para gelar bebidas?

- ( ) Sim, para refrigerante em lata.
- ( ) Sim, para cerveja em lata.
- ( ) Sim, para cerveja em garrafa.
- ( ) Sim, para todos acima.
- ( ) Não.



- Sim, para refrigerante em lata.
- Sim, para cerveja em lata
- Sim, para cerveja em garrafa
- Sim, para todos acima
- Não.

# Apêndice B

## MATRIZ DE APOIO AO LEVANTAMENTO DE NECESSIDADES DOS CLIENTES

---

A matriz de apoio foi utilizada por Novaes (2005), sendo originada por Fonseca (2000), com o intuito de utilizar esta ferramenta para obtenção dos requisitos de projeto, os quais vão direcionar o desenvolvimento deste projeto até a última etapa de projeto do congelador rápido de alimentos.

Os requisitos de projeto são requisitos com uma denotação técnica, com o intuito de mensurar ou qualificar o requisito, assim, servindo de orientação aos projetistas. Por se tratar de orientar o projeto, a etapa de requisitos de projeto é uma das mais importantes da etapa informacional.

A matriz foi montada com base na matriz de apoio de Novaes (2005), e adaptada para o congelador rápido de alimentos.

Tabela 19- Matriz de apoio à obtenção dos requisitos de projeto.

Requisitos dos clientes	Atributos específicos do produto	
Congelar alimento até uma temperatura suficiente para manter a qualidade do mesmo	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	_Baixo o tempo de operação para congelamento do alimento.	
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
Poder operar em qualquer	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
		_Baixo consumo de energia.
	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	_Alta capacidade de	

temperatura ambiente	produção em diferentes temperaturas de operação.	
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
Manutenção e manutenibilidade de baixo custo	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	_Alto número de peças modulares	_Alto número de peças comerciais.
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
		_Alto nível de compatibilidade com padrão brasileiro de energia.
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	_Baixa visibilidade de elementos desmontáveis ao operador.	_Baixo tempo de entrega para peças de reposição.
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
	_Poucos passos para ter acesso ao interior do equipamento. _Baixo número de elementos de fixação distintos.	
Fácil de limpar	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	_Baixo número de dobras com ângulos fechados. _Não possuir formas geométricas que acumulem resíduos.	_Baixo tempo para remoção de sujeira.
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
	_Interface de controle resistente a água. _Alto nível de proteção contra a radiação solar.	
Ocupar pouco espaço	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	_Dimensões compatíveis	

	para um equipamento doméstico.	
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	_Alto nível de aproveitamento do espaço interno da máquina.	
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
Fácil de transportar	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	_Alto nível de aproveitamento do espaço interno do caminhão para o transporte das máquinas _Baixo número de peças soltas que possam se movimentar no transporte.	_Materiais leves _Baixo volume ocupado pela máquina.
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
		_Alto nível de proteção para o transporte.
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
Ser seguro de operar	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	_Não possuir cantos cortantes.	
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
	_Sistema de segurança intuitivo.	_Sistema de proteção para elementos energizados.
Poder usar para diferentes tipos de alimentos no equipamento	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	_Formas geométricas que permitam o congelamento de diferentes alimentos.	
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>

	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
	_ Sistema de entrada de dados.	
Tem que ser econômico	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
		_ Baixo custo para peças de reposição.
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	_ Baixo consumo de energia.	
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
Baixo custo	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
		_ Baixo número de peças importadas.
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
Ter uma boa durabilidade	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	_ Estrutura resistente.	_ Utilizar materiais com boa procedência. _ Alta resistência a corrosão.
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
		_ Método de transporte eficiente.
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
		_ Alto nível de proteção contra eventos elétricos.
Possuir uma boa estética	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	_ Alto nível de aceitação das formas geométricas pelo mercado consumidor.	
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	_ Conceito da aparência do equipamento	

	baseado em pesquisa de mercado.	
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
Fácil usabilidade	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
	– Possuir Interface intuitiva.	
Poder ser operado por apenas um operador.	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
	_ Fácil acesso aos elementos de controle	
Equipamento não pode produzir muito barulho ou ruídos	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
		_ Alta qualidade dos elementos de fixação.
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
	_ Baixo nível de ruído	
Ter mais de uma opção de acabamento	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	_ Possuir diferentes opções de acabamento	
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
Equipamento não deve exalar mau cheiro	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	_ Geometria sem pontos de acúmulo de resíduos	_ Alta resistência dos materiais.

	que possam exalar mau cheiro.	
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
Atender as normas regulamentadoras do setor	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
		_ Respeitar todas as normas regentes.
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
Considerar somente o congelamento de alimentos embalados	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
		_ Alto nível de proteção do alimento durante o processo de congelamento.
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
Não proporcionar insalubridade ao operador do equipamento	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
		_ Respeitar as normas da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
	_ Alto nível de ergonomia para o operador. _ Baixa exigência de esforços físicos do operador.	_ Alta proteção a elementos energizados.
Ter poucos passos de montagem durante a fabricação	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	_ Alto número de peças modulares _ Baixo número de	_ Alto nível de terceirização da fabricação.

	processos de fabricação.	
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
Consumir o mínimo de insumos possível na fabricação	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
		_Baixo número de peças do equipamento
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
Ter um processo de fabricação do equipamento para viabilizar a terceirização.	<b>Geométricos</b>	<b>Material</b>
	_Alto nível de otimização e organização da fabricação do equipamento	
	<b>Energia</b>	<b>Normas</b>
	<b>Estética</b>	<b>Transporte</b>
	<b>Ergonomia</b>	<b>Forças</b>
		_Alto nível de otimização e organização da montagem elétrica

FONTE: Autor.

# Apêndice C

## PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

---

Para calibração da balança, foi utilizado um peso padrão de 500 g, classe M1, com certificado de calibração emitido por um laboratório RBC (Rede Brasileira de Calibração), acreditado de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.

De acordo com a Portaria INMETRO n° 233, de 22 de Dezembro de 1994, o erro máximo admitido para um peso padrão de 500 g classe M1 é de  $\pm 25$  g.

O método de calibração indireta da balança foi de posicionar o peso em diferentes pontos da balança e anotar o resultado, apresentados na Tabela 20. A partir destes resultados foi possível calcular a média, o desvio padrão, a correção e a repetitividade.

Tabela 20 - Amostras da calibração da balança.

N°	Indicação	Valor Verdadeiro	Erro	Correção
1	502 g	500 g	+2 g	-2 g
2	501 g	500 g	+1 g	-1 g
3	499 g	500 g	-1 g	+1 g
4	499 g	500 g	-1 g	+1 g
5	500 g	500 g	0 g	0 g
6	501 g	500 g	+1 g	-1 g
7	501 g	500 g	+1 g	-1 g
8	502 g	500 g	+2 g	-2 g
9	499 g	500 g	-1 g	+1 g
10	500 g	500 g	0 g	0 g

FONTE: AUTOR.

O desvio padrão foi calculado de acordo com a Equação 1, resultando em 1,17 g. Para calcular a repetitividade foi necessário utilizar a Equação 2.

Com um t de student de 2,284 a repetitividade ficou em  $\pm 2,68$  g.

A calibração direta do sensor de temperatura, utilizado para mensurar o a queda de temperatura do pinhão, feita de acordo com NBR 14610, e se chegou a uma repetitividade de  $\pm 0,4$  °C em -2 °C (ponto de calibração).

# Apêndice D

## PLANILHA DE GASTOS

---

Neste apêndice será apresentado a planilha de gastos do projeto. Esta planilha não representa o custo de fabricação de um equipamento novo. Não foram contabilizados equipamentos e ferramentas compradas antes do início do projeto.

Tabela 21 - Gastos do protótipo.

Descrição	Custo
Módulo 2	R\$ 40,00
Módulo 5	R\$ 120,00
Módulo A	R\$ 150,00
Módulo B	R\$ 780,00
Módulo C	R\$ 150,00
Módulo D	R\$ 400,00
Módulo E	R\$ 1100,00
Módulo F	R\$ 100,00
Insumo para testes	R\$ 800,00
Acabamento	R\$ 300,00
Mão de Obra	R\$ 2.500,00
Sensores e peso padrão para calibração	R\$ 500,00
Total	R\$ 6.940,00

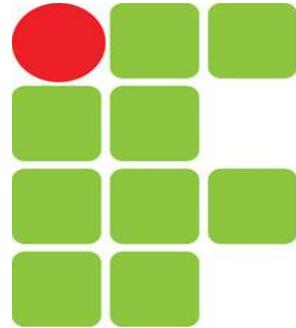
FONTE: Autor.

# Apêndice E

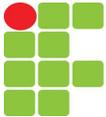
## ESQUEMA ELÉTRICO DO PAINÉL DO ARDUINO

---

Este apêndice é destinado ao esquema elétrico do painel do arduino. Todas as conexões e de alimentação e sinal estão detalhadas e simbolizadas a seguir.



**INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA**

NOTAS							PROJETO				 <p><b>INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA</b></p>			
1- TODOS OS PADRÕES E NORMAS FORAM ADOTADOS PARA A CONFECCÃO DESTE PROJETO; 2-							PAINEL ARDUINO						DIAGRAMA UNIFILAR	
													PAINEL ELETRICO	
							Nº DO PROJETO						Nº CONTRATADA	
							ALEX S. PEREIRA		-					
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA							REVISÕES		ESCALA	PROJETISTA		FOLHA	REV.	
-							T.E. - TIPO DE EMISSÃO		-		ASP		1 DE 11	00
							EMISSÃO PRELIMINAR							
							DESCRICÃO							
							REV. T.E.		PROJ. VER. APR. DATA					
							EMISSÃO PRELIMINAR		ASP ASP ASP 28/02/2018					
							(N) INFORMAÇÃO		(CC) CONF. CONSTRUÍDO					
							(C) P/ CONSTRUÇÃO		(CF) P/ FABRICAÇÃO					
							(I) INFORMAÇÃO		(C) CONF. CONSTRUÍDO					
							(P) P/ COMPRAS		(C) CONF. CONSTRUÍDO					
							(F) P/ FABRICAÇÃO		(C) CONF. CONSTRUÍDO					
							(C) CONF. CONSTRUÍDO		(C) CONF. CONSTRUÍDO					
							(C) CONF. CONSTRUÍDO		(C) CONF. CONSTRUÍDO					



**01 - CARACTERÍSTICAS NOMINAIS**

A - TENSÃO NOMINAL 220 V  
 B - CORRENTE NOMINAL xx A  
 C - FREQUÊNCIA NOMINAL  60Hz  50Hz  
 D - CORRENTE Icc 5 kA  
 E - NÍVEL DE ISOLAÇÃO X kV  
 F - TENSÃO AUXILIAR CA CC  
 COMANDO 220 V 24 Vcc  
 SINALIZAÇÃO xx V xx Vcc  
 INSTRUMENTAÇÃO xx V xx Vcc  
 MEDIÇÃO xx V xx Vcc

**02 - CONDIÇÕES GERAIS**

A - TEMPERATURA AMBIENTE  
 MÁXIMA  +40 C°  ... C°  
 MÍNIMA  -0 C°  ... C°  
 B - UMIDADE RELATIVA DO AR  
 <50% / 90 C  ...% / ... C  
 C - ALTITUDE DA INSTALAÇÃO  
 <1000 MTS  ... MTS  
 D - TIPO DE AMBIENTE  
 NÃO AGRESSIVO  AGRESSIVO  
 ...  
 E - LOCAL DA INSTALAÇÃO  
 SALA  AO TEMPO  
 COBERTO  ...  
 F - CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA  
 EXPLOSIVA  NORMAL

**03 - ACESSOS**

A - EQUIPAMENTOS  
 FRONTAL  TRASEIRO  
 B - CABOS  
 FRONTAL  TRASEIRO  
 C - REGUA DE BORNE  
 FRONTAL  TRASEIRO

**04 - NORMAS**

NBR IEC 60439-1  
 NBR IEC 62271-200  
 NBR 5410-SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

**05 - INSPEÇÃO E MONTAGEM**

CONFORME AUTOMATEC  
 NR-10  
 CONFORME CLIENTE

**06 - CARACTERÍSTICAS DO INVÓLUCRO**

A - TIPO  
 CAIXA  CUBICULO MT  
 CUBICULO BT  CCM GAVETA  
 MESA DE COMANDO  ...  
 B - GRAU DE PROTEÇÃO  
 IP-00  IP-21  
 IP-42  IP-51  
 IP-52  IP-54  
 IP-55  
 C - FIXAÇÃO  
 BASE  SOBREPOSTA  
 EMBUTIDA  ...  
 D - FORMA DE SEGREGAÇÃO  
 3B  4B  
 2B  4A  
 E - TIPO DE FECHO  
 LINGUETA  MAÇANETA  
 F - TIPO DE MIOLO  
 TRIÂNGULO  YALE  
 UNIVERSAL  ...  
 G - MATERIAL DA ESTRUTURA  
 AÇO CARBONO  AÇO INOX  
 ALUMÍNIO  
 H - DIMENSÕES  
 ALTURA xx MM  
 LARGURA xx MM  
 PROFUNDIDADE xx MM  
 I - PAINEL  
 ENCOSTADO NA PAREDE  
 AFASTADO DA PAREDE > 200MM  
 J - CABOS  
 ENTRADA  POR CIMA  POR BAIXO  
 LATERAL  ...  
 SAÍDA  POR CIMA  POR BAIXO  
 LATERAL  ...  
 K - FLANGE  
 SUPERIOR  INFERIOR  
 L - BASE SOLEIRA  
 100mm  N/A  
 M - COR INVÓLUCRO  
 EXT.  BEGE CLARO  RAL 7032  
 RAL 7035  ...  
 INT.  BEGE CLARO  RAL 7032  
 RAL 7035  ...  
 N - ESPESSURA DA PINTURA  
 60 MICRA  70 MICRA

**07 - IDENTIFICAÇÃO**

A - PADRÃO ANILHAMENTO  
 PÁGINA/SEQUÊNCIA  EQUIP./NUM.

**08 - CARACTERÍSTICAS PLACA DE MONTAGEM**

A - ESPESSURA DA PINTURA  
 60 MICRAS  70 MICRAS  
 B - LIMPEZA DAS CHAPAS  
 JATEAMENTO  DECAP. QUÍMICA  
 C - PINTURA  
 ELETROST. EPÓXI PÓ  EPÓXI PÓ+LIQ.  
 D - ACABAMENTO DA PINTURA  
 SEMIFOSCO  BRILHANTE  
 TEXTURIZADA  FOSCO  
 E - COR DA PLACA DE MONTAGEM  
 LARANJA  RAL 2003  
 ZINCADA BRANCA  ...

**09 - BARRAMENTO**

A - MATERIAL DO BARRAMENTO  
 COBRE ELETROLÍTICO  
 ...  
 B - BARRA  
 ISOLADA  PINTADA  
 PRATEADA  ...  
 C - CONEXÃO  
 PRATEADA  ESTANHADA  
 D - COR DO BARRAMENTO  
 AUTOMATEC  CLIENTE  
 FASE R AZUL ESCURO  
 FASE S BRANCO  
 FASE T VIOLETA  
 NEUTRO AZUL CLARO  
 TERRA VERDE

**10 - CORES DOS CABOS**

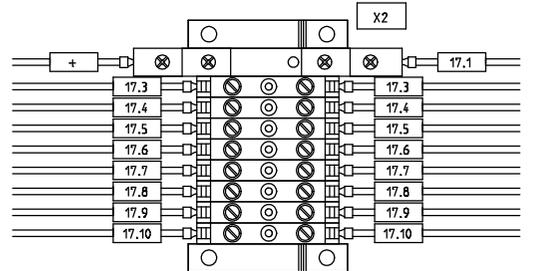
A - CORRENTE ALTERNADA  
 FASE DE COMANDO BRANCO  
 RETORNO DE COMANDO CINZA  
 NEUTRO AZUL  
 TERRA VERDE/AMARELO  
 ALIMENTAÇÃO/FORÇA PRETO  
 B - CORRENTE CONTÍNUA  
 POSITIVO VERMELHO  
 NEGATIVO PRETO

**11 - FIAÇÃO**

A - ESPECIFICAÇÃO DO CONDUTOR  
 - FORÇA (BARR.): FLEXÍVEL, 0,6/1KV, 90°C, NÃO PROPAGADOR DE CHAMAS;  
 - FORÇA (EQUIP.): FLEXÍVEL, 750V, 70°C, NÃO PROPAGADOR DE CHAMAS;  
 - COMANDO: FLEXÍVEL, 750V, 70°C, NÃO PROPAGADOR DE CHAMAS.

**12 - ANILHA DOS CABOS**

X2-INDICAÇÃO RÉGUA  
 17.1/+ - NÚMERO/POSIÇÃO DO FIO



Obs: ANILHAS DO TIPO EFZ 4X15 (elesys)

**13 - ACESSÓRIOS DO PAINEL**

A - IÇAMENTO DO PAINEL  
 OLHAL DE SUSPENSÃO  ...  
 B - PORTA DOCUMENTO  
 LARANJA, A4  ...  
 C - TOMADA  
 1F+N+T 15A 250V  3F+T 25A 600V  
 13+T 63A 600V  
 D - ILUMINAÇÃO XX W  AUT.  MAN.  
 110V  220V  
 E - DESUMIDIFICAÇÃO XX W  
 110V  220V

**14 - OBSERVAÇÕES GERAIS**

A - A AUTOMATEC OFERECE GARANTIA CONTRA DEFEITOS DE FABRICAÇÃO OU DE MATERIAIS POR UM PERÍODO DE 12( DOZE )MESES, CONTADOS A PARTIR DA DATA DE FATURAMENTO, INDEPENDENTE DA DATA DE INSTALAÇÃO.  
 B - A REALIZAÇÃO DE REPAROS E/OU MODIFICAÇÕES DEVEM SER SOMENTE AUTORIZADOS POR ESCRITO PELA AUTOMATEC.  
 C - A GARANTIA NÃO INCLUI SERVIÇOS EXTRAS, COMO DESMONTAGENS NAS INSTALAÇÕES DO CLIENTE, CUSTO DE TRANSPORTE, HOSPEDAGEM E ALIMENTAÇÃO DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA.  
 D - ANTES DE OPERAR, REAPERTAS TODOS OS PARAFUSOS  
 E - A INSTALAÇÃO DEVE SER CORRETA E SEM A PRESENÇA DE AGENTES AGRESSIVOS.

# SISTEMA DE ENDEREÇAMENTO

## SIMBOLOGIA LITERAL

A	CONJUNTO, SUBCONJUNTO
B	TRANSDUTOR DE GRANDEZA NAO ELETRICA EM GRANDEZA ELETRICA E VICE-VERSA
C	CAPACITOR
D	ELEMENTO BINARIO, DISPOSITIVO ARMAZENADOR
E	COMPONENTES DIVERSOS
F	DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO
G	GERADOR, FONTE DE ALIMENTAÇÃO
H	DISPOSITIVO DE SINALIZAÇÃO
K/KA/KT	CONTATOR, RELE
L	INDUTOR
M	MOTOR
N	AMPLIFICADOR, REGULADOR
P	INDICADOR, MEDIDOR
O	DISPOSITIVO DE MANOBRA PARA CIRCUITOS DE POTENCIA
R	RESISTOR
S	CHAVE, SELETOR
T	TRANSFORMADOR
U	MODULADOR, CONVERSOR
V	VALVULA ELETRONICA, SEMICONDUTOR
W	GUIA DE TRANSMISSAO, GUIA DE ONDA, ANTENAS
X	TERMINAL, TOMADA, PLUGUE
Y	DISPOSITIVOS MECANICO OPERADO MECANICAMENTE
Z	EQUALIZADOR, LIMITADORES, TRANSFORMADOR DIFERENCIAL

COLUNA DE REFERENCIA

REFERENCIA DO POTENCIAL  
1º DIGITO = FOLHA DE ONDE O POTENCIAL SURTIU  
2º DIGITO = NUMERO SEQUENCIAL

ENDEREÇAMENTO ESQUERDA DO POTENCIAL  
1º DIGITO = FOLHA DE ONDE O POTENCIAL ESTA VINDO  
2º DIGITO = COLUNA

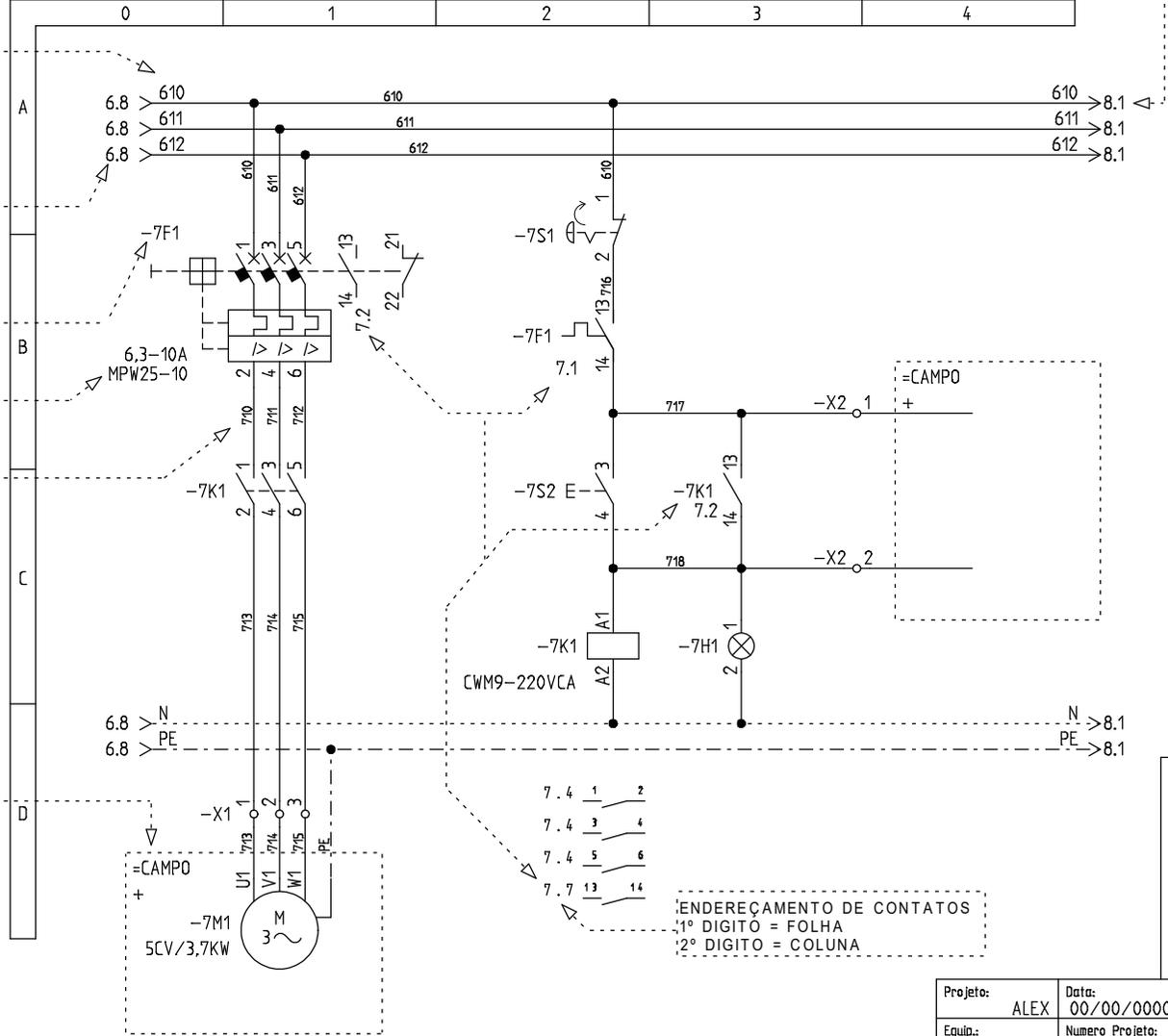
REFERENCIA DE COMPONENTE  
1º DIGITO = FOLHA  
2º DIGITO = SIMBOLO LITERAL  
3º DIGITO = NUMERO SEQUENCIAL

DESCRIÇÃO DO COMPONENTE

REFERENCIA DE FIAÇÃO  
1º DIGITO = FOLHA ONDE A FIAÇÃO SURTIU  
2º E 3º DIGITO = NUMERO SEQUENCIAL

INDICAÇÃO DE COMPONENTE FORA DO PAINEL

ENDEREÇAMENTO DIREITA DO POTENCIAL  
1º DIGITO = FOLHA PARA ONDE O POTENCIAL ESTA SENDO ENCAMINHADO  
2º DIGITO = COLUNA



ENDEREÇAMENTO DE CONTATOS  
1º DIGITO = FOLHA  
2º DIGITO = COLUNA

Projeto:	ALEX	Data:	00/00/0000
Equip.:	=	Numero Projeto:	PROJETO
Local:	+	Pagina:	7 DE 10

ESTE DESENHO E DE PROPRIEDADE DE ALEX SANDRO PEREIRA SENDO PROIBIDA SUA REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL SEM A PREVIA AUTORIZAÇÃO POR ESCRITO.



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Rua: Mauro Ramos - 950  
Centro - Florianópolis / SC  
Tel: (48)3211-6000

Denominação:	SISTEMA DE ENDEREÇAMENTO	REV	00	Projetista:	ASP
Aplicação:	PAINEL ARDUINO	Equip.:	=	DATA REV.	28/02/2018
Cliente:	MAQUINARIUM	Local:	+	Data:	28/02/2018
				Projeto:	DI_IFSC_00
				Pagina:	4 DE 11

SIMBOLO	DESCRICAO	NOMENCL
	BOBINA DE CONTATOR POTENCIA / AUXILIAR	K / RL
	DISJUNTOR-MOTOR TERMO-MAGNETICO TRIPOLAR	Q
	RELE TERMICO SOBRECARGA	RP
	CONTATOS DE POTENCIA	K
	CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR	CS
	CHAVE SECCIONADORA-FUSIVEL TRIPOLAR	CS
	DISJUNTOR TERMO-MAGNETICO TRIPOLAR	DJ
	DISJUNTOR TERMO-MAGNETICO BIPOLAR	DJ
	DISJUNTOR TERMO-MAGNETICO MONOPOLAR	DJ
	RELE SHIELD	TR
	ARDUINO MEGA	T
	RESISTENCIA ELETRICA	RES
	MOTOR TRIFASICO DE CORRENTE ALTERNADA	M

SIMBOLO	DESCRICAO	NOMENCL
	CONTATO NORMALMENTE ABERTO (NA)	K/RL
	CONTATO NORMALMENTE FECHADO (NF)	K/RL
	CONTATOS RELE TERMICO DE SOBRECARGA (NA/NF)	
	BOTAO DE COMANDO A IMPULSAO NORMALMENTE ABERTO	B
	BOTAO DE COMANDO A IMPULSAO NORMALMENTE FECHADO	B
	BOTAO DE EMERGENCIA (NF)	S
	BOTAO LUMINOSO (NA)	B
	CHAVE COMUTADORA 3 POSICOES FIXAS (NA+NA)	CH
	CHAVE COMUTADORA 2 POSICOES FIXAS (NF+NA)	CH
	CHAVE COMUTADORA 2 POSICOES FIXAS (NA)	CH
	VALVULA SOLENOIDE	VS
	POTENCIOMETRO	POT
	RESISTOR	RE
	BORNE FUSIVEL	X
	BORNE UNIPOLAR	X
	SINALEIRO	H

SIMBOLO	DESCRICAO	NOMENCL
	ALARME SONORO	AL
	FUSIVEL	FUS
	DISPOSITIVO DE PROTECAO CONTRA SURTO	DPS
	FONTE CHAVEADA 24Vcc	FT
	CONTATO REVERSIVEL	RL
	RELE DE ESTADO SOLIDO (PODE SOFRER ALTERACAO)	SSR
	CONROLADOR DE TEMPERATURA (PODE SOFRER ALTERACAO)	CON
	MULTIMEDIDOR DE GRANDEZAS	PM
	CAPACITOR MONOFASICO	CAP
	TOMADA MONOFASICA	P
	LAMPADA	P
	VENTILACAO	VENT

ESTE DESENHO E DE PROPRIEDADE DE ALEX SANDRO PEREIRA SENDO PROIBIDA SUA REPRODUCAO TOTAL OU PARCIAL SEM A PREVIA AUTORIZACAO POR ESCRITO.



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Rua: Mauro Ramos - 950  
Centro - Florianópolis / SC  
Tel: (48)3211-6000

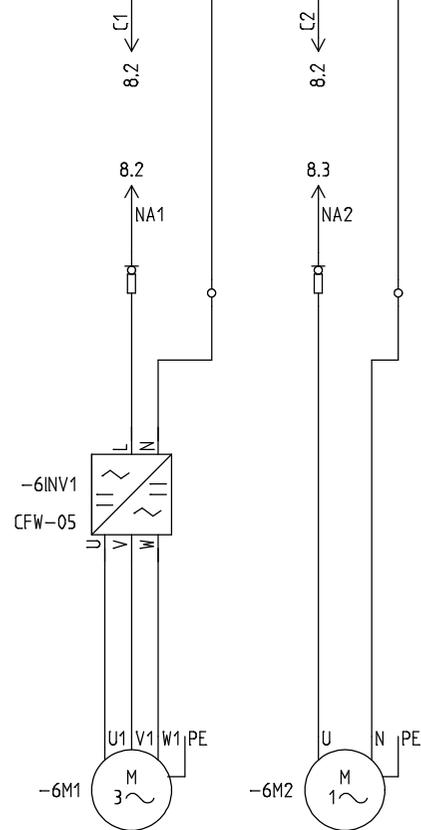
Denominação:	SIMBOLOGIA		REV	00	Projetista:	ASP
Aplicação:	PAINEL ARDUINO		Equip.:	=	DATA REV.	28/02/2018
Cliente:	MAQUINARIUM		Local:	+	Data:	28/02/2018
					Projeto:	DI_IFSC_00
					Página:	5 DE 11

ALIMENTAÇÃO  
220V / F-F

-6DJ1  
10A

F1 -X0\_1

N -X0\_3



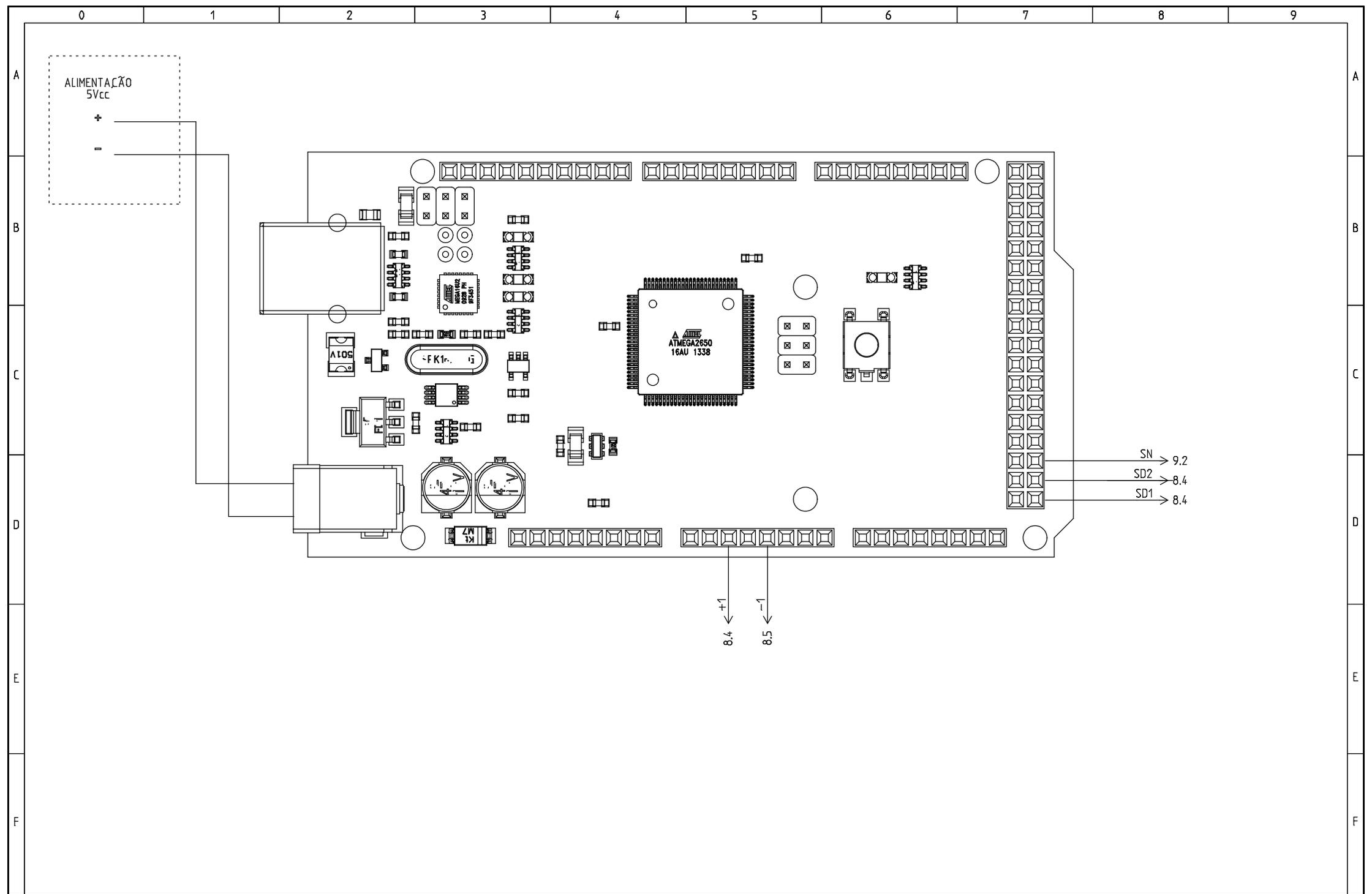
MISTURADOR 220V 1/3 CV	COMPRESSOR 220V 1/3 CV

ESTE DESENHO É DE PROPRIEDADE DE  
ALEX SANDRO PEREIRA SENDO PROIBIDA SUA  
REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL SEM A PREVIA  
AUTORIZAÇÃO POR ESCRITO.



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Rua: Mauro Ramos - 950  
Centro - Florianópolis / SC  
Tel: (48)3211-6000

Denominação:	ALIMENTAÇÃO GERAL		REV	00	Projetista:	ASP	
Aplicação:	PAINEL ARDUINO	Equip.:	=	DATA REV.	28/02/2018	Projeto:	DI__IFSC__00
Cliente:	MAQUINARIUM	Local:	+	Data:	28/02/2018	Página:	6 DE 11

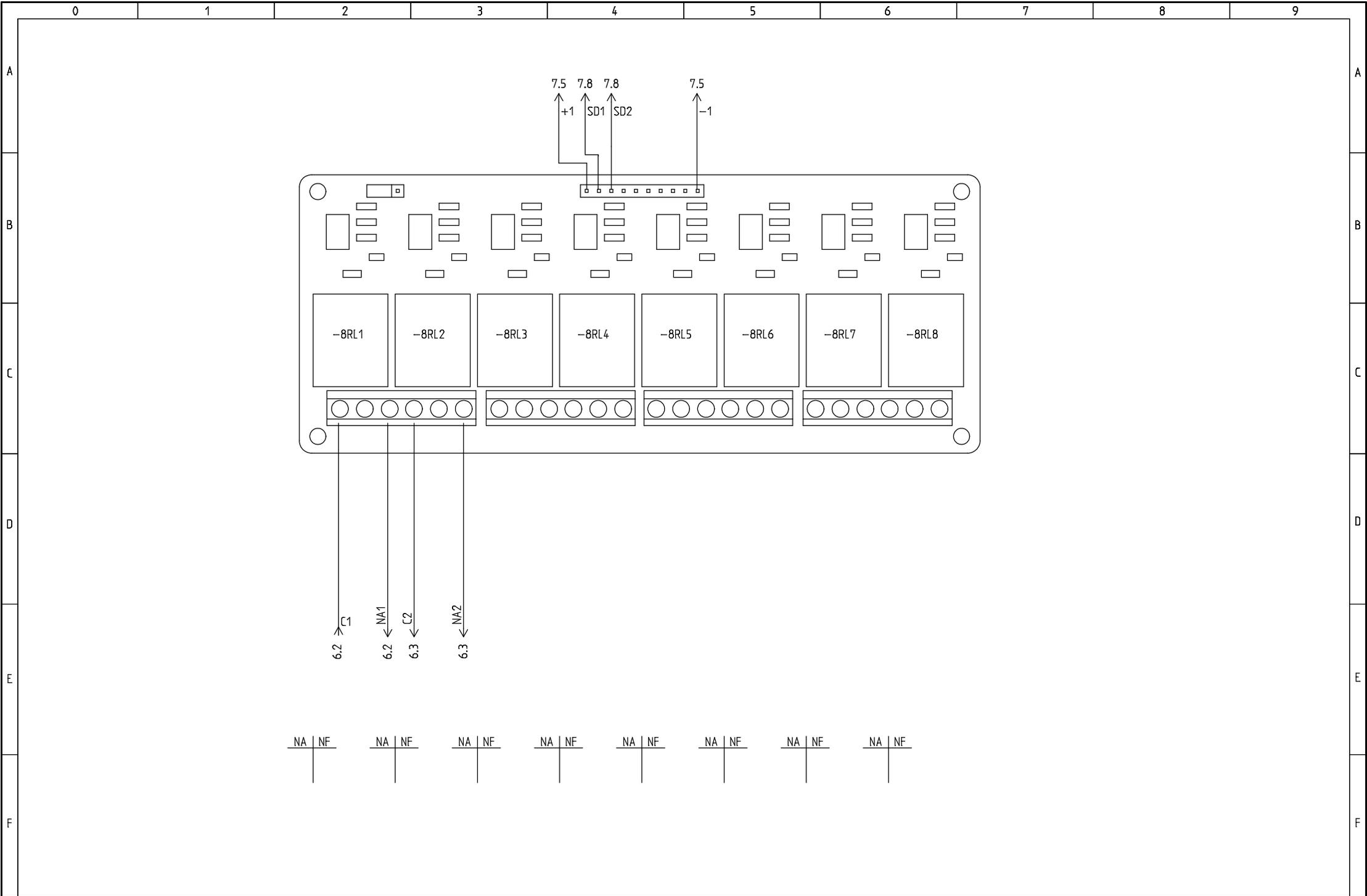


ESTE DESENHO É DE PROPRIEDADE DE  
ALEX SANDRO PEREIRA SENDO PROIBIDA SUA  
REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL SEM A PREVIA  
AUTORIZAÇÃO POR ESCRITO.



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Rua: Mauro Ramos - 950  
Centro - Florianópolis / SC  
Tel: (48)3211-6000

Denominação:	ARDUINO MEGA		REV	00	Projetista:	ASP	
Aplicação:	PAINEL ARDUINO	Equip.:	=	DATA REV.	28/02/2018	Projeto:	DI_IFSC_00
Cliente:	MAQUINARIUM	Local:	+	Data:	28/02/2018	Página:	7 DE 11



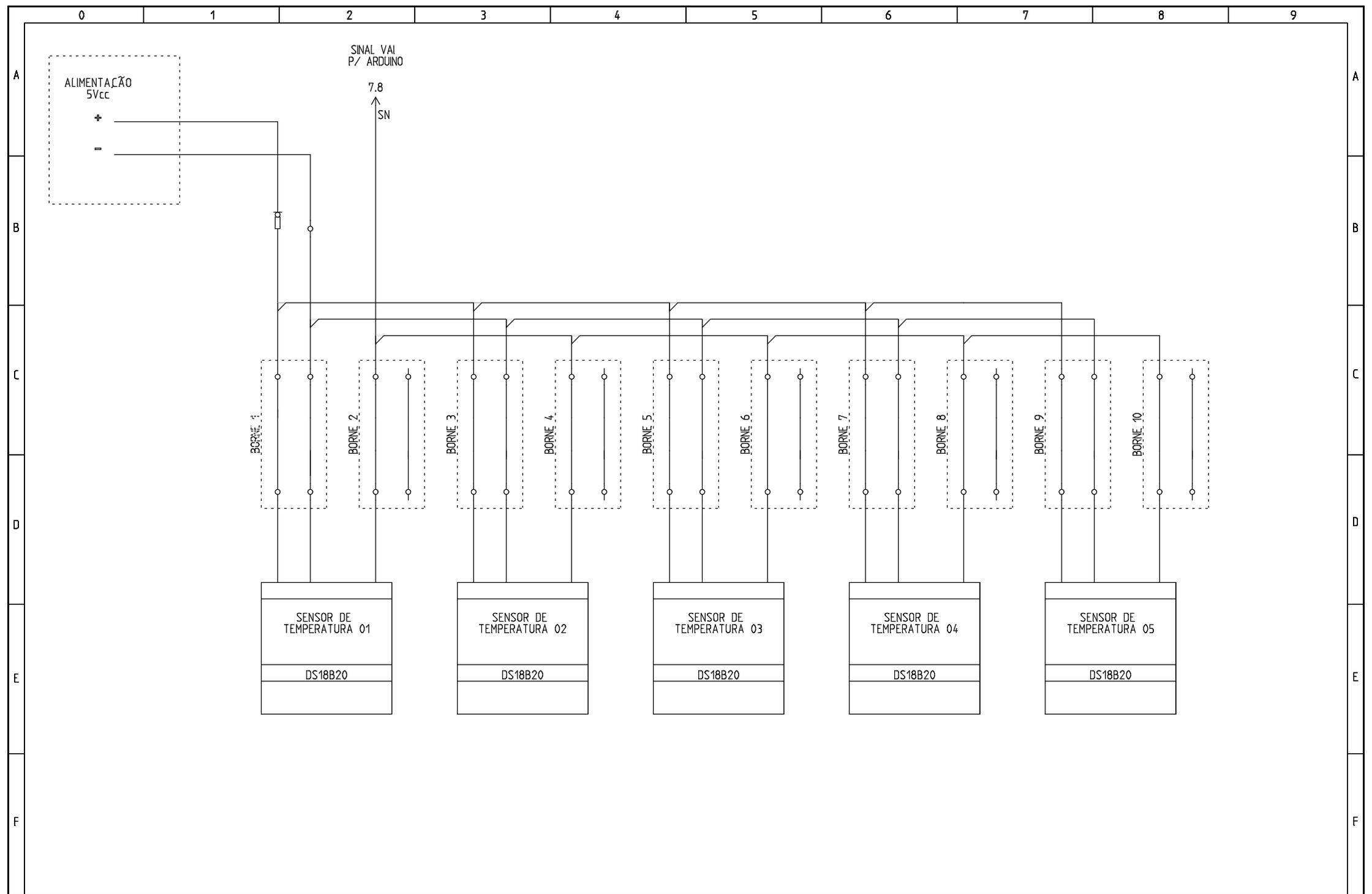
ESTE DESENHO E DE PROPRIEDADE DE ALEX SANDRO PEREIRA SENDO PROIBIDA SUA REPRODUCAO TOTAL OU PARCIAL SEM A PREVIA AUTORIZACAO POR ESCRITO.



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Rua: Mauro Ramos - 950  
 Centro - Florianópolis / SC  
 Tel: (48)3211-6000

Denominação:	RELE SHIELD
Aplicação:	PAINEL ARDUINO
Cliente:	MAQUINARIUM

REV	00	Projetista:	ASP
Equip.:	=	DATA REV.	28/02/2018
Local:	+	Data:	28/02/2018
		Página:	DI__IFSC__00
			8 DE 11



ESTE DESENHO É DE PROPRIEDADE DE ALEX SANDRO PEREIRA SENDO PROIBIDA SUA REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL SEM A PREVIA AUTORIZAÇÃO POR ESCRITO.

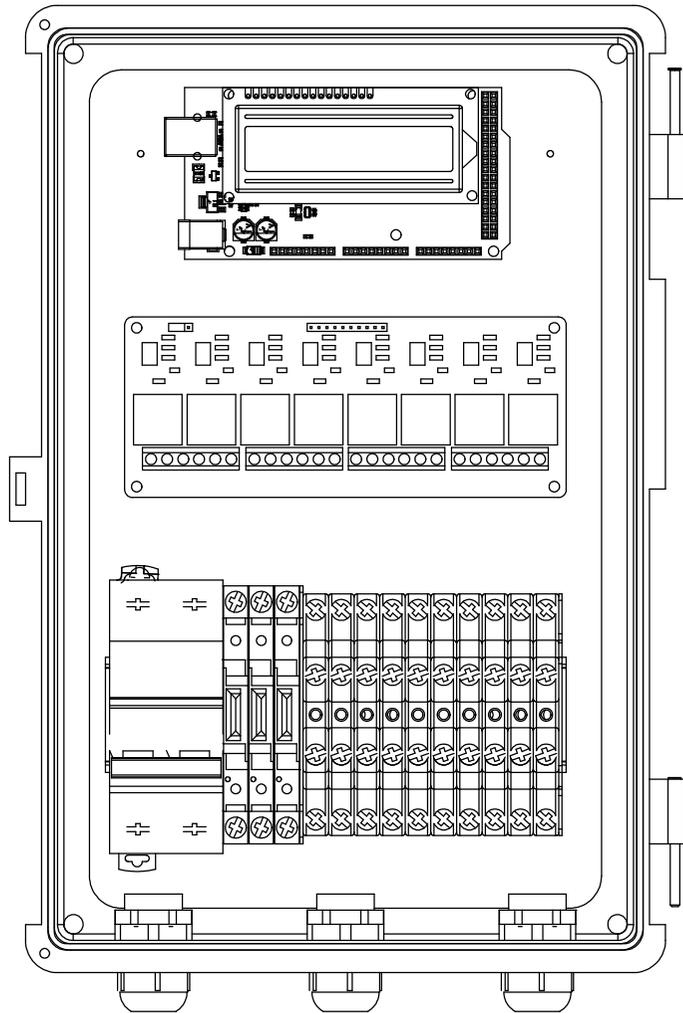


INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Rua: Mauro Ramos - 950  
 Centro - Florianópolis / SC  
 Tel: (48)3211-6000

Denominação:	SENSORES		REV	00	Projetista:	ASP	
Aplicação:	PAINEL ARDUINO	Equip.:	=	DATA REV.	28/02/2018	Projeto:	DI_IFSC-100
Cliente:	MAQUINARIUM	Local:	+	Data:	28/02/2018	Página:	1009 DE 91

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

A  
B  
C  
D  
E  
F



ESTE DESENHO E DE PROPRIEDADE DE  
ALEX SANDRO PEREIRA SENDO PROIBIDA SUA  
REPRODUCAO TOTAL OU PARCIAL SEM A PREVIA  
AUTORIZACAO POR ESCRITO.



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Rua: Mauro Ramos - 950  
Centro - Florianópolis / SC  
Tel: (48)3211-6000

Denominação:	LAYOUT PAINEL ARDUINO		REV	00	Projetista:	ASP	
Aplicação:	PAINEL ARDUINO	Equip.:	=	DATA REV.	28/02/2018	Projeto:	DI_IFSC_00
Cliente:	MAQUINARIUM	Local:	+	Data:	28/02/2018	Página:	10 DE 11

# Apêndice F

## CASA DA QUALIDADE

---

Este apêndice é destinado a Casa da Qualidade também chamada por este trabalho de QFD (Quality Function Deployment).



# Anexo A

## NORMAS REGULAMENTADORAS E PORTARIAS

---

Será citado, por este anexo, os itens das Normas Regulamentadoras (NR) e Portarias relacionadas ao equipamento e ao processo proposto. Todos os itens a seguir foram considerados para o desenvolvimento deste trabalho.

- Portaria CVS-6/99, de 10.03.99

### 11 - Equipamentos

O dimensionamento dos equipamentos deve ter relacionamento direto com o volume de produção, tipos de produtos ou padrão de cardápio e sistema de distribuição/venda. Os equipamentos devem ser dotados de superfície lisa, de fácil limpeza e desinfecção, bem conservados, com pinturas claras, sem gotejamento de graxa, acúmulo de gelo e com manutenção constante.

- Portaria CVS-6/99, de 10.03.99

### 17 - Higiene dos alimentos

#### 17.1 - Higiene de hortifrutigranjeiros

A pré-lavagem de hortifrúti, quando existente, deve ser feita em água potável e em local apropriado. Para o preparo destes gêneros, deve ser realizada a higienização completa que compreende:

- Lavagem criteriosa com água potável.
- Desinfecção: imersão em solução clorada por 15 a 30 minutos.
- Enxágue com água potável.

Não necessitam de desinfecção:

- Frutas não manipuladas
- Frutas, cujas cascas não são consumidas, tais como: laranja, mexerica, banana e outras, exceto as que serão utilizadas para suco.
- Frutas, legumes e verduras que irão sofrer ação do calor, desde que a temperatura no interior atinja no mínimo 74°C
- Ovos inteiros, tendo em vista que devem ser consumidos após cocção atingindo 74° C no interior.

- NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade.  
10.3. – Segurança em Projetos

10.3.3.1 Os circuitos elétricos com finalidades diferentes, tais como: comunicação, sinalização, controle e tração elétrica devem ser identificados e instalados separadamente, salvo quando o desenvolvimento tecnológico permitir compartilhamento, respeitadas as definições de projetos.

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.

10.3.6 Todo projeto deve prever condições para a adoção de aterramento temporário.

#### 10.4 – Segurança na construção, montagem, operação e manutenção

10.4.3 Nos locais de trabalho só podem ser utilizados equipamentos, dispositivos e ferramentas elétricas compatíveis com a instalação elétrica existente, preservando-se as características de proteção, respeitadas as recomendações do fabricante e as influências externas.

10.4.3.1 Os equipamentos, dispositivos e ferramentas que possuam isolamento elétrico devem estar adequados às tensões envolvidas, e serem inspecionados e testados de acordo com as regulamentações existentes ou recomendações dos fabricantes

#### 10.13 - Responsabilidades

10.13.4 Cabe aos trabalhadores:

- a) zelar pela sua segurança e saúde e a de outras pessoas que possam ser afetadas por suas ações ou omissões no trabalho;
- b) responsabilizar-se junto com a empresa pelo cumprimento das disposições legais e regulamentares, inclusive quanto aos procedimentos internos de segurança e saúde; e
- c) comunicar, de imediato, ao responsável pela execução do serviço as situações que considerar de risco para sua segurança e saúde e a de outras pessoas.

#### ● NR 15 – Atividades e operações insalubres

##### ANEXO N°9 – FRIO

1. As atividades ou operações executadas no interior de câmaras frigoríficas, ou em locais que apresentem condições similares, que exponham os trabalhadores ao frio, sem a proteção adequada, serão consideradas insalubres em decorrência de laudo de inspeção realizada no local de trabalho.

#### ● NR 17 – Ergonomia

##### 17.4. – Equipamentos dos postos de trabalho.

17.4.3. Os equipamentos utilizados no processamento eletrônico de dados com terminais de vídeo devem observar o seguinte:

a) condições de mobilidade suficientes para permitir o ajuste da tela do equipamento à iluminação do ambiente, protegendo-a contra reflexos, e proporcionar corretos ângulos de visibilidade ao trabalhador;

b) o teclado deve ser independente e ter mobilidade, permitindo ao trabalhador ajustá-lo de acordo com as tarefas a serem executadas;

c) a tela, o teclado e o suporte para documentos devem ser colocados de maneira que as distâncias olho-tela, olho-teclado e olho-documento sejam aproximadamente iguais;

d) serem posicionados em superfícies de trabalho com altura ajustável.

17.4.3.1. Quando os equipamentos de processamento eletrônico de dados com terminais de vídeo forem utilizados eventualmente poderão ser dispensadas as exigências previstas no subitem 17.4.3, observada a natureza das tarefas executadas e levando-se em conta a análise ergonômica do trabalho.