



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA

Engenharia Aeroespacial, Engenharia Automotiva, Engenharia Eletrônica, Engenharia de Energia e Engenharia de Software

Máquina de vendas autônoma: π_{cole}

Autores: Athur L., Bruno S., Gabriel C., Guilherme C., Gustavo S., João Guilherme S., Jéssica R., Karine R., Kesiany M., Letícia S., Ludimila B., Mateus F., Parley M., e Pedro R.

Orientadores: Alex Reis, Luíz Laranjeira, Rhander Viana, e Sebastien Rondineau

Brasília, DF

2017



Athur L., Bruno S., Gabriel C., Guilherme C., Gustavo S., João Guilherme S., Jéssica R., Karine R., Kesiany M., Letícia S., Ludimila B., Mateus F., Parley M., e Pedro R.

Máquina de vendas autônoma: π colé

Relatório técnico referente à disciplina Projeto Integrador 2, que reúne os cursos de graduação de Engenharia Aeroespacial, Engenharia Automotiva, Engenharia Eletrônica, Engenharia de Energia e Engenharia de Software da Universidade de Brasília.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Alex Reis, Luíz Laranjeira, Rhander Viana, e Sébastien
Rondineau

Brasília, DF

2017

Resumo

O projeto do produto π colé consiste em uma máquina de vendas autônoma que visa a facilitar e diminuir custo a longo prazo das vendas de picolé. Totalmente automatizado, basta comprar os sabores desejados pelo *Webapp* da empresa, pagar com cartão de crédito e retirar os picolés que serão liberados pela máquina. Será parcialmente independente de alimentação da rede, uma vez que, parte da energia utilizada para o sistema será proveniente de energia solar. O sistema também apresenta um design sofisticado facilitando assim as vendas e atingindo seu objetivo de mercado. No presente relatório apresenta-se uma análise inicial de como o projeto será executado e o porquê de sua escolha.

Palavras-chaves: Picolé. Sorveteria. Máquina de Estados Finita. Interação de sistemas. Venda autônoma.

Abstract

The π colé product consists of an autonomous vending machine aimed to make popsicle sales easier and cheaper in the long term. The costumer will only require to buy the desired flavors in an online website, pay with credit card and get the popsicles that will be released automatically. In addition, the product will be self-sustaining, as part of the energy used for the system will come from solar energy. Furthermore, the system will have a sophisticated design, making sales easier, thereby fulfilling its market target. This paper presents an analysis of how the project will be executed and the reason of its choice.

Key-words: Popsicle . Ice cream. Finite State Machine. Vending machine

Listas de ilustrações

Figura 1 – Carrinho de picolé da indústria Saborizze	12
Figura 2 – Fishbone	13
Figura 3 – Vending Machine π colé	14
Figura 4 – Logo do projeto π colé	15
Figura 5 – EAP Geral	18
Figura 6 – Organização Do Projeto	19
Figura 7 – Tela inicial do favro	20
Figura 8 – Tela de seleção	28
Figura 9 – Tela de pedido. Usuário seleciona quantidades de cada sabor desejado .	29
Figura 10 – Tela de dados do cartão	30
Figura 11 – Liberação do picolé	31
Figura 12 – Estrutura do freezer depois do corte	35
Figura 13 – Página Inicial	37
Figura 14 – Mapa de máquinas	37
Figura 15 – Mapa de máquinas, com rotas	38
Figura 16 – Seleção de sabores	38
Figura 17 – Tela De Pagamento	39
Figura 18 – Cadastro de Máquinas	39
Figura 19 – Cadastro de Vendedor	40
Figura 20 – Cadastro de Sabores	40
Figura 21 – Gerenciamento de estoque	41
Figura 22 – Módulo GPS da família U-blox	42
Figura 23 – Esquemático utilizado para o circuito do amplificador de som	43
Figura 24 – Sensor de temperatura	44
Figura 25 – Sensor de presença	44
Figura 26 – Sistema de molas capaz de movimentar os picolés	45
Figura 27 – Módulo GPRS SIM900 (SIMCom)	47
Figura 28 – Triciclo com Compartimento Dianteiro	48
Figura 29 – Triciclo com Compartimento Traseiro	48
Figura 30 – <i>Vending Machine</i>	49
Figura 31 – Vista lateral em corte indicando o centro de massa	50
Figura 32 – Compartimentos dedicados.	51
Figura 33 – Estrutura em MDF	51
Figura 34 – Estrutura base do freezer	52
Figura 35 – Estrutura do freezer depois do corte	52
Figura 36 – Desenho técnico das molas dimensionadas	53

Figura 37 – Mola utilizada no projeto	53
Figura 38 – CAD da serpentina	54
Figura 39 – Estrutura base para o transporte da máquina de vendas	54
Figura 40 – Diagrama Elétrico Simplificado	57
Figura 41 – Yingli Solar-YL020P-17B 1/7	59
Figura 42 – Curva de Descarga	62
Figura 43 – Medição GM300	63
Figura 44 – Medição Termopar Minipa	64
Figura 45 – Baterias Testadas	65
Figura 46 – Teste na Bancada - Laboratório UnB	66
Figura 47 – Diagrama de Software	67
Figura 48 – Diagrama da estrutura eletrônica do produto	68
Figura 49 – Diagrama das estruturas	69
Figura 50 – Diagrama energia	70
Figura 51 – Equipe parcial do π colé durante a venda de picolés na FGA no dia 24 de março de 2017.	75
Figura 52 – Tempo x Temperatura	76

Lista de tabelas

Tabela 1 – Métodos de comunicação.	21
Tabela 2 – Cronograma de atividades	21
Tabela 3 – Riscos para todos os subsistemas	23
Tabela 4 – My caption	58
Tabela 5 – Relação de Consumo	60
Tabela 6 – Custo para todo o projeto	71

Lista de abreviaturas e siglas

EAP	Estrutura Analítica de Projeto
FGA	Faculdade UnB Gama
GPS	Global Positioning System
LCD	Liquid Crystal Display
PCI	Placa de Circuito Impresso
ONU	Organização das Nações Unidas
UnB	Universidade de Brasília

List of symbols

π Décima letra do alfabeto grego

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problemática	12
1.2	Estado da Arte	13
1.3	Justificativa	15
1.4	Objetivos	16
1.4.1	Geral	16
1.4.2	Específicos	16
1.5	Escopo	16
2	METODOLOGIA	18
2.1	Gerenciamento	18
2.1.1	Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	18
2.1.2	Alocação dos Recursos Humanos	18
2.1.3	Comunicação	20
2.1.4	Tempo	21
2.1.4.1	Cronograma	21
2.2	Riscos	23
3	REQUISITOS	28
3.1	Requisitos de Software	28
3.1.1	Protótipos	28
3.1.2	Histórias de Usuário	31
3.2	Requisitos de Eletrônica	32
3.3	Requisitos de Estrutura	32
3.3.1	de Funcionamento	32
3.3.1.1	Mecanismo de Transporte	32
3.3.1.2	Caixa de Picolés	32
3.3.2	de Desempenho	33
3.4	Requisitos de Energia	33
4	SOLUÇÃO	34
4.1	Solução Geral	34
4.2	Solução de Software	34
4.2.1	WebService	35
4.2.2	WebApp	36
4.2.3	Implementação	36

4.2.3.1	Tecnologias	36
4.2.3.2	Página Inicial	37
4.3	Solução de Eletrônica	41
4.3.1	Sistema GPS e Segurança	41
4.3.1.1	Implementação	42
4.3.1.2	Teste	42
4.3.2	Sistema de Som e Alarme	42
4.3.2.1	Implementação	42
4.3.3	Sistema de Sensoriamento	43
4.3.3.1	Implementação	44
4.3.3.2	Testes	45
4.3.4	Sistema dos Motores	45
4.3.5	Sistema do Acionamento do Compressor	45
4.3.6	Sistema de Interface Visual	46
4.3.7	Integração de Todos os Sistemas Eletrônicos	46
4.3.8	Integração entre Software e Hardware	46
4.4	Solução de Estrutura	47
4.4.1	Propostas de possíveis soluções	47
4.4.2	Proposta acolhida para o projeto	49
4.4.3	Análise de temperatura em regime transiente (ANSYS)	54
4.5	Solução de Energia	55
4.5.1	Refrigeração	55
4.5.2	Alimentação	56
5	VISÃO GERAL DO SISTEMA	67
5.1	Visão Geral Do Subsistema de Software	67
5.2	Visão Geral Do Subsistema de Eletrônica	67
5.3	Visão Geral Do Subsistema de Estruturas	68
5.4	Visão Geral Do Subsistema de Energia	69
6	CUSTOS	71
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICES	74
	APÊNDICE A – PRIMEIRO APÊNDICE	75

APÊNDICE B – SEGUNDO APÊNDICE 76

1 Introdução

No ano de 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU) estimou um índice de crescimento populacional que relatou a população mundial com 7,3 bilhões de habitantes na metade do ano de 2015, e demonstrou, ainda, uma prospecção para o ano de 2030 que relata um aumento de 1,2 bilhões no número de habitantes, ou seja a população chegará a 8,5 bilhões ([ONU, 2015](#)).

Aproveitando este contexto de crescimento populacional, tem-se a necessidade do aumento da produção de alimentos, uma vez que, tem-se maior demanda. Com isso, o setor de alimentos é o ramo que mais cresce no Brasil e no mundo. O ramo alimentício possui um acirramento da competição devido à grande segmentação da indústria de alimentos. Isso implica que o uso de tecnologias facilita, aprimora e diversifica o mercado. ([DEPEC, 2017](#))

A proposta do projeto agrupa tecnologia e inovação por meio de uma máquina do tipo *Vending Machine* para picolés que pode ser deslocada com facilidade, é alimentada por um conjunto de placas solares e bateria, possui *software* para vendas online, sistema de controle e automação integrados.

1.1 Problemática

Segundo uma consultoria realizada pelos membros da equipe com a empresária Uilma Ribeiro, proprietária da indústria Saborizze®, um freezer comum da Mercofricon 8/A possui 400W de potência e consumo de energia de 3,8kW/24h e faixa de tensão de 220V/60Hz e este consome muito para congelar e manter picolé. Quando se trata do congelamento de placas que mantém o carrinho de picolé referente a figura 1, este freezer consome ainda mais, uma vez que este deve recongelar a placa que descongelou durante o dia na venda, isto aumenta os gastos da indústria distribuidora. Ademais, a empresa deve pagar por custos com funcionários para distribuição e para vendas.



Figura 1 – Carrinho de picolé da indústria Saborizze

Visando um diferencial no método de vendas para o mercado competitivo atual no setor alimentício, o projeto *πcolé* atenderá de forma automática o cliente permitindo acesso prático, metodologia sustentável, diversificação de público e distribuição rápida.

O problema em conjunto com suas causas, estão representados em um diagrama do tipo *FishBone*, também conhecido como diagrama de causa e efeito, o qual é demonstrado na Figura 2.

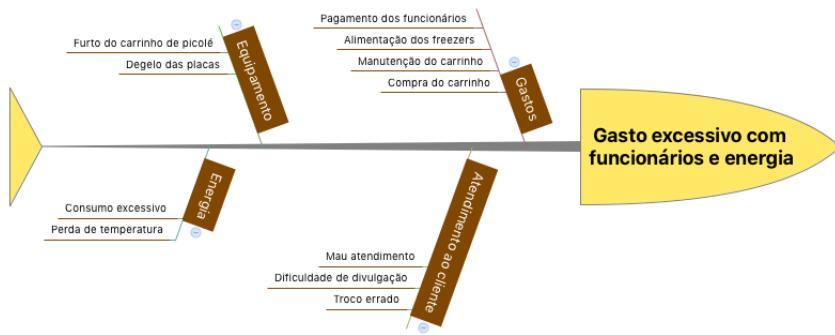


Figura 2 – Fishbone

Para uma descrição sucinta do problema, utilizou-se o seguinte *framework*:

O problema: Gasto excessivo com funcionários e energia.

Afeta: Indústrias de sorvete e sorveteria.

Cujo impacto é: Impacto ambiental devido ao consumo de energia, aumento do preço do produto e diminuição da qualidade do produto final.

Uma solução bem sucedida seria: A criação de uma Vending Machine, a qual automatiza a venda dos picolés sendo possível colocá-la em diversos pontos de uma cidade.

1.2 Estado da Arte

Existem diversos estilos de venda, como direta, corporativa, casada, consignada e consultiva. Considerando o tipo de venda direta, o qual é possível aumentar as vendas, aborda-se um sistema de comercialização de bens de consumo e serviço singular, por meio do contato entre que acontece entre vendedores e compradores sem a necessidade de um estabelecimento físico ou mesmo fixo. (MARQUES, 2015)

Analizando os tipos de venda, e aderindo ao método direto, a utilização de uma máquina do estilo *Vending Machine* se destaca para o projeto *πcolé*. Uma *Vending Machine* é uma máquina automática que oferece diversos tipos de produtos como cafés, doces, salgados e bebidas sem contato manual para a liberação dos consumíveis, ou seja, são máquinas de autosserviço. Esse tipo de máquina pode ser observada na figura 3. Esse tipo de *Vending Machine* é normalmente alimentada pela rede em 220V, com uma interface

simples e direta com o usuário, apresenta normalmente um consumo elevado de energia, quando acompanhada de um sistema de refrigeração para venda de produtos gelados.



Figura 3 – Vending Machine *πcolé*

Segundo o manual da ROBO QUENCHER as especificações de potência, dimensões e refrigeração são especificados, sendo assim, para 120v, 60 hz, 11amps, 1320watts e para 230v, 50hz, 5amps, 1150watts de potência, com altura de 1830mm, profundidade de 864mm e largura de 1130mm de dimensões e um Compressor de 2 Cavalos, usando um fluido refrigerante R134A, peso de 0,37 kg, e pressões do projeto no lado alto de 200 psi e no lado baixo de 135 psi. A partir dessas informações e dentre outras pesquisadas o *πcolé* apresenta funcionalidades semelhantes de acordo com a especificação do projeto, acrescentando aspectos como vendas por cartão de crédito por meio do *webapp*, controle

de estoque, mecanismo de liberação por espiral, relatório de valores aferidos de temperatura e controle, alimentação por painéis fotovoltaicos, autonomia de três horas, estrutura diferenciada e inovadora ([INTERNATIONAL, 2011](#)).

Além disso, utiliza-se uma logo desenvolvida pela equipe de projeto para influenciar na venda do protótipo para indústrias de sorvete e sorveterias. A logo é demonstrada na figura 4.



Figura 4 – Logo do projeto π colé

As cores escolhidas remetem a sustentabilidade, a alegria e praticidade oferecidas pelo protótipo do projeto.

1.3 Justificativa

Um sistema que conquiste o cliente, seja prático, atrativo, sustentável, seguro e tecnológico é a solução para o mercado competitivo atual. A máquina de vendas além de reduzir custos com desperdício de recursos humanos, visa melhorar significativamente as condições de armazenamento do produto provendo, assim, um aumento das vendas e uma redução de custos a longo prazo. O protótipo deste projeto é uma inovação no mercado, pois ainda não existe um estilo de máquina de vendas capaz de ser autônoma de seis à dez horas sem precisar de carga e ainda de fácil transporte. Dentre as soluções encontradas e

estudadas, o protótipo apresenta chances de mercado, segundo pesquisa realizada com a indústria *Saborizze®*, e também viabilidade financeira e comercial.

1.4 Objetivos

1.4.1 Geral

O objetivo do projeto é construir uma *Vending Machine* que receba o cliente quando estiver perto, dispor de um *Webapp* capaz de realizar vendas por cartão, controlar estoque, mecanismo de liberação de produto e relatório dos valores aferidos de temperatura e controle.

1.4.2 Específicos

- Garantir a integração de todas as engenharias;
- Garantir que todos os integrantes estejam engajados no projeto;
- Projetar uma estrutura que não danifique o freezer muitos menos permita o tombamento do mesmo;
- Validar com segurança a venda autônoma de picolés;
- Obter um sistema de segurança contra furto eficaz;
- Receber o cliente de forma agradável;
- Chamar atenção do consumidor;
- Certificar-se que a temperatura média do freezer seja -5º Celsius com margem de erro de no máximo 5º pra mais;
- A máquina deverá ser capaz de manter-se resfriado por um período de aproximadamente 3 horas;
- O sistema de refrigeração deverá ser totalmente vedado;
- Utilizar um sistema de *software* para vendas, controle e relatórios.

1.5 Escopo

A fim de contemplar a adversidade identificada e os objetivos explanados pelo grupo, foi definido o escopo geral do projeto. A proposta será atestada por meio do desenvolvimento do produto mínimo viável, utilizando o mesmo como objeto de estudo para

obter a solução da problemática envolvida neste trabalho. O produto mínimo contempla então, para fins de prototipação, uma máquina de vendas com as seguintes características:

- Capacidade de realizar a venda de picolés de forma autónoma;
- Capacidade de se resfriar para manter os picolés na temperatura adequada;
- Capacidade de se manter *off-grid* durante o período de venda;
- Capacidade de receber pedidos de compra realizados por meio de um *web app*;
- Capacidade de efetuar diversas medições da temperatura e umidade do ar em intervalos de tempo predefinidos;
- Sistema vinculado capaz de receber os dados em um arquivo e disponibilizar de forma gráfica o relatório de vendas;

2 Metodologia

2.1 Gerenciamento

2.1.1 Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

A visão geral do sistema pode ser vista na estrutura analítica do projeto abaixo em uma organização das entregas a serem feitas em um formato de árvore, partindo de tarefas mais gerais para tarefas mais específicas. A EAP está estruturada com os entregáveis de cada subgrupo no decorrer do projeto. Projeto este foi dividido em quatro frentes com diferentes responsabilidades. Software, responsável pelo *webapp* que liga o cliente ao vendedor; eletrônica, responsável pela segurança, sensoriamento e interface humano máquina; estrutura, composta por duas engenharias, automotiva e aeroespacial; e por fim, alimentação, sob responsabilidade da engenharia de energia.

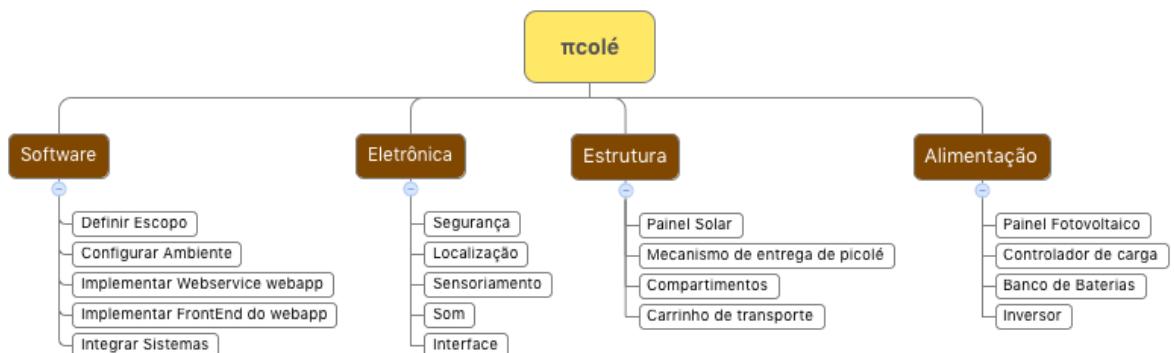


Figura 5 – EAP Geral

2.1.2 Alocação dos Recursos Humanos

A metodologia utilizada para o gerenciamento da equipe é o Scrum com algumas adaptações. Este *framework* é ideal para o desenvolvimento de projetos complexos, no qual produtividade e criatividade são necessárias para a entrega de produtos de alto valor.

De acordo com (SCHWABER; SUTHERLAND, 2016), Scrum é baseado em três pilares: transparência dos processos, como as atividades a serem feitas; inspeção dos artefatos para garantir que o produto esteja sendo construído corretamente; e adaptação dos eventos para se adequar à equipe, como *sprint planning*, *daily scrum*, *sprint review*, e *sprint retrospective*.

A equipe foi dividida em quatro áreas, que são área de estrutura, de energia, de eletrônica e de software, como mostra a figura 6.

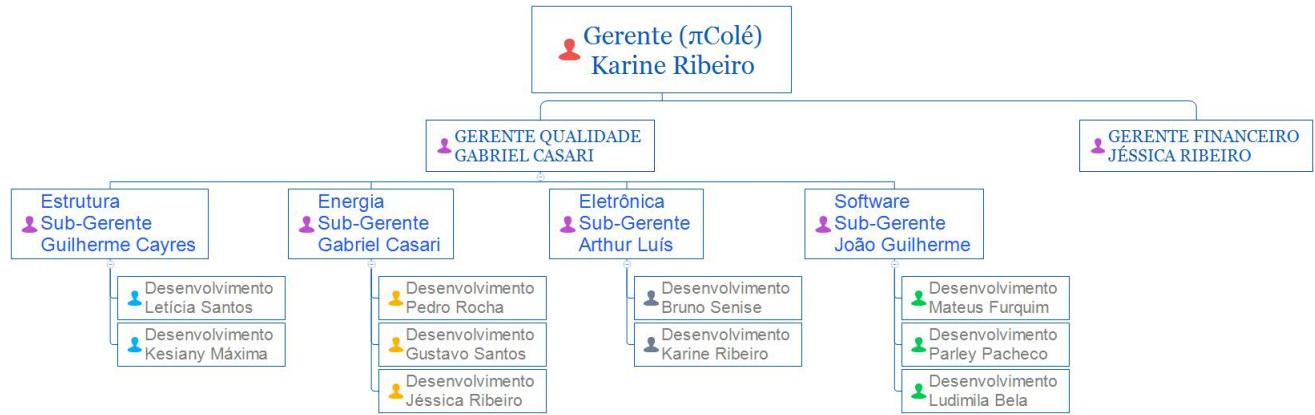


Figura 6 – Organização Do Projeto

A divisão de papéis garante a qualidade do projeto devido às inspeções, que é o segundo pilar do Scrum. O papel de gerente é ser responsável por manter toda a equipe alinhada em relação aos requisitos do projeto e garantir a alta qualidade do produto. Cada área possui um subgerente, responsável por reportar, acompanhar e ajudar cada subgrupo. Além disso, existe um gerente financeiro responsável pelo balanço do caixa.

Para cumprirmos com outro pilar do Scrum, tem-se um quadro para organização de tarefas que estará sempre visível para todos da equipe. Essa transparência das atividades traz consigo confiança e motivação para a equipe.

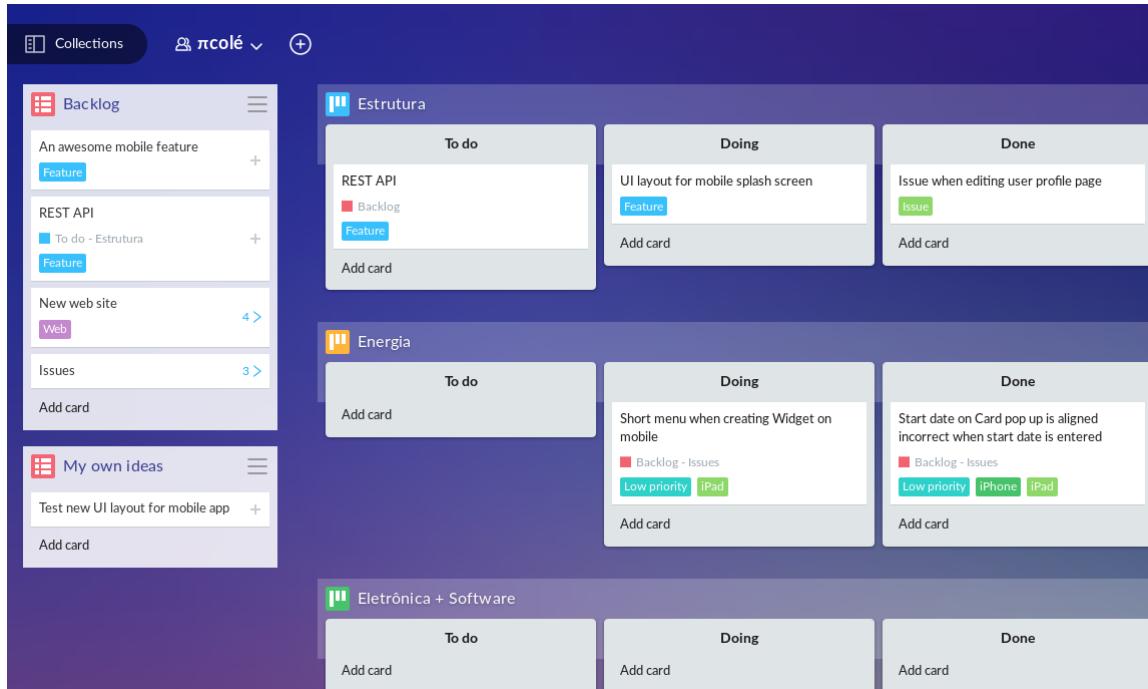


Figura 7 – Tela inicial do favro

Por fim, o último pilar é a adaptação dos eventos do scrum. O evento adaptado é a reunião diária (*daily meeting*) que passa a ser duas vezes por semana no horário da disciplina. Esta escolha deve-se aos conflitos de horários entre os integrantes. Além disso, caso não haja progresso no projeto em determinado dia, a reunião não se faz necessária.

O planejamento das sprints é realizado nas sextas-feiras. O objetivo desta reunião é determinar tarefas a serem feitas ao longo da *sprint*. A *sprint* é um período no qual apenas as tarefas definidas no seu planejamento deverão ser feitas. A duração da *sprint* é de 2 semanas e, ao final, é realizado uma revisão. Esta reunião deve revisar o trabalho feito e o *backlog* deve ser atualizado. As tarefas que não foram concluídas podem continuar a ser realizadas na próxima *sprint*. E a última reunião é a retrospectiva, no qual é discutido e levado em conta as pessoas, os relacionamentos, os processos, e as ferramentas.

As ferramentas a serem utilizadas são o *Slack* para comunicação, o *Favro* para gerenciamento de tarefas, o *Google Drive* para compartilhar documentos e o *Overleaf* para edição do relatório final.

2.1.3 Comunicação

O sucesso de todo projeto está diretamente relacionado ao engajamento da equipe, sendo assim, é necessário uma comunicação eficaz entre os membros da equipe. A Tabela 1 detalha os métodos de comunicação utilizados pela equipe.

Tabela 1 – Métodos de comunicação.

Objetivo	Ferramenta	Frequência	Horário	Local
Acompanhamento das atividades	Favro	Sob demanda	N/A	N/A
Avisos rápidos/ Lembretes	Telegram/Slack	Sob demanda	N/A	N/A
Decisões técnicas/Planejamento	Presencial	Duas vezes por semana	Horário da disciplina	FGA
Desenvolvimento do projeto	Overleaf	Sob demanda	A definir	A definir

2.1.4 Tempo

Para a definição das atividades a serem realizadas durante o projeto utilizou-se como base os pacotes de trabalho estabelecidos na Estrutura Analítica do Projeto (EAP), onde os mesmos foram devidamente decompostos com base nos três grandes marcos do projeto referentes às entregas de Ponto de Controle 1, 2 e 3. Para tal feito, a equipe deve continuar cumprindo as atividades elucidadas no cronograma.

Após decompostos os pacotes de trabalho da EAP, a equipe de gerência reuniu-se para discutir como suas atividades seriam executadas, visando tanto uma paralelização de atividades quanto o tempo estimado e os recursos necessários para tal. Para a determinação do tempo foram utilizadas as técnicas de Analogia e Decisão em Grupo, as quais, segundo o (PMI, 2012), representam:

- Analogia: baseia-se em pacotes de trabalho/atividades similares de projetos anteriores para estimar a duração dos pacotes de trabalho e/ou atividades do seu projeto atual.
- Decisão em Grupo: nessa técnica o envolvimento da equipe de projeto nas estimativas proporcionam comprometimento da mesma com as atividades a serem realizadas.

2.1.4.1 Cronograma

O cronograma referente ao nosso projeto encontra-se na tabela 2 abaixo, contendo seus pacotes de trabalho, atividades e datas.

Tabela 2 – Cronograma de atividades

Subgrupo	Atividades	Começo	Fim	Duração
	Definição do projeto	março 10, 2017	março 24, 2017	15 dias
<i>Geral</i>	Definição do tema	março 10, 2017	março 17, 2017	8 dias
<i>Geral</i>	Definição da equipe	março 15, 2017	março 17, 2017	3 dias
<i>Geral</i>	Definição do escopo	março 15, 2017	março 24, 2017	10 dias
	Concepção	março 15, 2017	março 31, 2017	17 dias
<i>Eletrônica</i>	Definição do escopo de eletrônica	março 15, 2017	março 31, 2017	17 dias
<i>Eletrônica</i>	Escolha prévia dos possíveis componentes	março 15, 2017	março 31, 2017	17 dias
<i>Eletrônica</i>	Análise da viabilidade do sistema	março 15, 2017	março 31, 2017	17 dias
<i>Eletrônica</i>	Especificações de software e hardware	março 15, 2017	março 31, 2017	17 dias

<i>Eletrônica</i>	Gerenciamento de equipe e funcionalidades	março 15, 2017	março 31, 2017	17 dias
<i>Estrutura</i>	Definição do escopo de estrutura	março 15, 2017	março 31, 2017	17 dias
<i>Estrutura</i>	Escolha do tipo de estrutura	março 15, 2017	março 31, 2017	17 dias
<i>Estrutura</i>	Definir materiais e dimensões do primeiro protótipo	março 15, 2017	março 31, 2017	17 dias
<i>Software</i>	Definir escopo de software	março 15, 2017	março 28, 2017	14 dias
<i>Software</i>	Escolher tecnologia de desenvolvimento	março 22, 2017	março 24, 2017	3 dias
<i>Energia</i>	Pesquisa de soluções	março 26, 2017	março 31, 2017	6 dias
<i>Energia</i>	Levantamento do material	março 26, 2017	março 31, 2017	6 dias
<i>Geral</i>	Levantamento de capital financeiro	março 26, 2017	março 31, 2017	6 dias
<i>Software</i>	Configurar ambiente de desenvolvimento	março 27, 2017	março 31, 2017	5 dias
<i>Software</i>	Estruturar repositório	março 27, 2017	março 31, 2017	5 dias
<i>Geral</i>	Escrever relatório 1	março 20, 2017	março 31, 2017	12 dias
<i>Geral</i>	Entregar relatório 1	março 31, 2017	março 31, 2017	1 dia
Implantação		abril 3, 2017	maio 26, 2017	54 dias
<i>Eletrônica</i>	Primeira montagem	abril 3, 2017	maio 26, 2017	54 dias
<i>Eletrônica</i>	Verificação de dados e recebimento de informações	abril 3, 2017	maio 26, 2017	54 dias
<i>Eletrônica</i>	Segunda montagem	abril 3, 2017	maio 26, 2017	54 dias
<i>Estrutura</i>	Revisão de design	abril 3, 2017	abril 5, 2017	3 dias
<i>Software</i>	Implementar controle de estoque	abril 3, 2017	abril 14, 2017	12 dias
<i>Energia</i>	Aquisição de materiais	abril 3, 2017	abril 15, 2017	13 dias
<i>Energia</i>	Simulação da perda de calor da caixa térmica	abril 3, 2017	abril 15, 2017	13 dias
<i>Estrutura</i>	CAD inicial	abril 5, 2017	abril 7, 2017	3 dias
<i>Estrutura</i>	Protótipo do dispositivo de liberação do picolé	abril 7, 2017	abril 14, 2017	8 dias
<i>Geral</i>	Levantamento de capital financeiro	abril 7, 2017	abril 7, 2017	1 dia
<i>Estrutura</i>	Acoplar dispositivo de liberação com motores	abril 14, 2017	abril 21, 2017	8 dias
<i>Energia</i>	Dimensionamento do sistema de proteção elétrico	abril 16, 2017	abril 22, 2017	7 dias
<i>Energia</i>	Montagem do sistema off grid	abril 16, 2017	maio 6, 2017	21 dias
<i>Software</i>	Implementar realizar pedido	abril 17, 2017	abril 28, 2017	12 dias
<i>Software</i>	Implementar formas de pagamento	abril 17, 2017	abril 28, 2017	12 dias
<i>Geral</i>	Levantamento de capital financeiro	abril 21, 2017	abril 21, 2017	1 dia
<i>Estrutura</i>	Protótipo de estrutura do freezer	abril 21, 2017	abril 28, 2017	8 dias
<i>Energia</i>	Montagem do sistema de proteção elétrico	abril 23, 2017	maio 6, 2017	14 dias
<i>Estrutura</i>	CAD detalhado	abril 28, 2017	maio 3, 2017	6 dias
<i>Software</i>	Implementar liberação do picolé	maio 1, 2017	maio 12, 2017	13 dias
<i>Software</i>	Implementar relatórios	maio 1, 2017	maio 12, 2017	13 dias
<i>Estrutura</i>	Teste da liberação do picolé para diferentes sabores	maio 3, 2017	maio 5, 2017	3 dias
<i>Estrutura</i>	Protótipo da base estrutural da máquina	maio 5, 2017	maio 12, 2017	8 dias

<i>Geral</i>	Levantamento de capital financeiro	maio 5, 2017	maio 5, 2017	1 dia
<i>Energia</i>	Fase de testes	maio 8, 2017	maio 12, 2017	5 dias
<i>Estrutura</i>	Assembly geral da estrutura	maio 12, 2017	maio 19, 2017	8 dias
<i>Geral</i>	Escrever relatório 2	maio 15, 2017	maio 26, 2017	12 dias
<i>Estrutura</i>	Revisão de design	maio 19, 2017	maio 19, 2017	1 dia
<i>Energia</i>	Montagem do sistema de monitoramento	maio 21, 2017	maio 26, 2017	6 dias
<i>Geral</i>	Entregar relatório 2	maio 26, 2017	maio 26, 2017	1 dia
	Integração	maio 29, 2017	junho 30, 2017	33 dias
<i>Eletrônica e Estrutura</i>	Integrar sensores a máquina de vendas	maio 29, 2017	junho 2, 2017	5 dias
<i>Eletrônica e Software</i>	Integrar software a máquina de vendas	maio 29, 2017	junho 16, 2017	19 dias
<i>Eletrônica e Software</i>	Integrar software aos sensores	maio 29, 2017	junho 16, 2017	19 dias
<i>Energia</i>	Integrar baterias á máquina de vendas	maio 29, 2017	junho 24, 2017	27 dias
<i>Energia</i>	Integrar placas fotovoltaicas á máquina de vendas	maio 29, 2017	junho 24, 2017	27 dias
<i>Estrutura</i>	Teste do reboque da máquina de vendas	junho 2, 2017	junho 9, 2017	8 dias
<i>Geral</i>	Levantamento de capital financeiro	junho 7, 2017	junho 7, 2017	1 dia
<i>Eletrônica</i>	Validar a integração dos sistemas de sensores	junho 19, 2017	junho 23, 2017	5 dias
<i>Geral</i>	Escrever relatório 3	junho 19, 2017	junho 30, 2017	12 dias
<i>Energia</i>	Compilar resultados obtidos	junho 25, 2017	junho 30, 2017	6 dias
<i>Geral</i>	Entregar relatório 3	junho 30, 2017	junho 30, 2017	1 dia
	Apresentação	julho 3, 2017	julho 7, 2017	5 dias
<i>Geral</i>	Ajustes finais para última apresentação	julho 3, 2017	julho 7, 2017	5 dias

2.2 Riscos

Os riscos do projeto foram avaliados e estão descritos na Tabela 3. Foram analisados a probabilidade de acontecerem os eventos e quão impactante eles serão, caso ocorram.

Tabela 3 – Riscos para todos os subsistemas

Risco	Consequência	Probabilidade	Impacto	Ação/estratégia
Geral				
Atraso no cronograma	Sobrecarregamento em certos períodos do projeto e/ou atraso na entrega do produto final.	Provável.	Razoavelmente impactante.	Ajuste ou remodelamento de atividades a serem desenvolvidas.
Erro de planejamento	Replanejamento do projeto e/ou atraso na entrega do produto final.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Replanejar o subsistema e/ou o sistema inteiro.

Necessidade de uma carga de trabalho pesada	Sobrecarregamento de integrantes e/ou desistência descumprimento de integrantes.	Pouco provável.	Razoavelmente impactante.	Rever a forma de gerenciamento e a possível necessidade de mais reuniões para redistribuir atividades.
Falta de experiência necessária	Sobrecarregamento de integrantes e/ou erro de planejamento e/ou desistência.	Pouco provável.	Pouco impactante.	Busca de pessoal capacitado a ajudar e ensinar.
Mudança no projeto	Atraso na entrega do produto final.	Provável.	Muito impactante.	Replanejamento de escopo.
Desistência de integrantes	Sobrecarregamento de integrantes e/ou atraso no cronograma.	Pouco provável.	Muito impactante.	Fazer nova distribuição de tarefas de acordo com a necessidade de trabalho.
Descumprimento de integrantes.	Sobrecarregamento de integrantes e/ou atraso no cronograma.	Pouco provável.	Razoavelmente impactante.	Verificar o problema com o integrante e oferecer a ajuda necessária.
Atraso na entrega de materiais (compra).	Atraso no cronograma do projeto e/ou atraso na entrega do produto final.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Tornar compra prioridade e pesquisar mais fornecedores que entregam de forma mais eficiente.
Danificação de componentes ou subsistemas do protótipo.	Atraso no cronograma do projeto e/ou mudança no projeto.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Rever o motivo da danificação e realizar uma nova compra, ou novo planejamento de projeto, caso necessário.
Falta de recursos para compra de materiais	Atraso no cronograma e/ou mudança no projeto.	Pouco provável.	Razoavelmente impactante.	Métodos alternativos de obtenção de recursos.
Dificuldade de integração eletrônica/energia.	Diferença da potência fornecida pra potência consumida.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Replanejamento de fontes de energia ou do sistema eletrônico.
Dificuldade de integração eletrônica/software.	Dificuldade de integração do software com micro-controlador.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Revisão do sistema e/ou substituição dos mesmos.
Dificuldade de integração estrutura/eletônica ou energia.	Falta do espaço necessário.	Pouco provável.	Muito impactante.	Redimensionamento da estrutura ou alteração dos sistemas eletrônicos/energéticos.
Eletrônica				
Queima de componente.	Perda de tempo e de dinheiro.	Provável.	Muito impactante.	Fazer medições de corrente e voltagem precisamente.

Erro de layout da pci	Perda tempo com reprogramação	Provável.	Pouco impactante.	Necessidade de refazer layout e esquemático da placa pci e Verificação e validação anterior amontagem do circuito.
Falha na comunicação ethernet	Perda de tempo e comunicação.	Provável.	Pouco impactante.	Fazer conexão com internet móvel ou wifi local em caso de emergência.e teste anterior ao uso.
Energia				
Atrasos no cronograma da equipe.	Não cumprimento do projeto no tempo esperado.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Ter um gerenciamento de projeto eficiente e planejar um cronograma facilmente executável.
Risco de furto de equipamentos.	Desligamento do sistema.	Pouco provável.	Muito impactante.	Acoplar os equipamentos de forma segura.
Risco de curtos no sistema elétrico.	Queima de equipamentos.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Dimensionar um sistema de proteção com disjuntores.
Dias chuvosos.	Causa danos ou surtos no equipamento.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Instalar o equipamento num local seguro e protegido da umidade.
Falta de recursos para compra de materiais.	Atrasos no projeto.	Pouco provável.	Razoavelmente impactante.	Realizar vendas de picolés na faculdade.
Falta de experiência necessária.	Erro de planejamento ou desistência integrantes.	Pouco provável.	Pouco impactante.	Busca de pessoal capacitado e disposto a ajudar o grupo.
Baixa eficiência do sistema <i>off grid</i> devido à qualidade dos equipamentos.	O sistema <i>off grid</i> não ser capaz de alimentar o sistema de refrigeração ou carregar a bateria.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Procurar não adquirir equipamentos usados ou com origem duvidosa.
Estrutura				
Design preliminar não atende aos requisitos do projeto.	Não aceitação do design preliminar pelos clientes.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Elaboração de um design que atenda que atenda à todos os requisitos do projeto.

Mecanismo de transporte não aguenta os esforços aplicados.	Deformação plástica do mecanismo, perda de recursos.	Pouco provável.	Razoavelmente impactante.	Calcular esforços gerados na estrutura de transporte; simular numericamente as deformações na estrutura; considerar um coeficiente de segurança de, no mínimo 2,5 na construção do mecanismo de transporte.
Atrasos no cronograma.	Não cumprimento do projeto no tempo esperado.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Ter um gerenciamento de projeto eficiente e planejar um cronograma facilmente executável.
Falha no mecanismo deliberação de picolés.	Impossibilita a venda automática de picolés.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Planejar um mecanismo de fácil construção e grande eficiência, além de realizar testes com antecedência.
Material de isolamento não apropriado para o intervalo de temperaturas recomendado.	Impossibilita a refrigeração adequada dos picolés.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Fazer uma pesquisa acurada por possíveis materiais a serem utilizados no sistema de refrigeração, além de testar o sistema com antecedência para ser possível a mudança do material à tempo.
Abertura da porta de acesso ao picolé pelo cliente, prejudicar o sistema de refrigeração.	Perdas em energia para refrigeração adequada.	Muito provável.	Pouco impactante.	Alertar o cliente caso a porta permaneça aberta por mais tempo que o necessário, além de utilizar um mecanismo na porta para fechamento sem a necessidade do cliente.
Porta de acesso ao picolé pelo cliente não dar passagem suficiente para o picolé.	Cliente não consegue ter acesso ao picolé.	Pouco provável.	Muito impactante.	Propor sistemas de abertura simples e práticos, adaptados para a mão do cliente e o tamanho do picolé.
Picolés não permanecerem em suas posições durante o transporte ou devido às vibrações.	Picolés são danificados e podem prejudicar funcionamento da máquina.	Razoavelmente provável.	Muito impactante.	Planejar disposição de picolés de forma a prevenir graus de liberdade que possam virar causar o deslocamento deles durante o transporte ou vibrações da máquina.

Picolé ser danificado durante a queda no sistema de liberação automática.	Cliente comprar picolé danificado.	Razoavelmente provável.	Razoavelmente impactante.	Utilizar material amortecedor no local de queda do picolé.
Estrutura da máquina frágil e suscetível a furtos.	Furto ou danos à máquina provocado por transeuntes.	Muito provável.	Muito impactante.	Planejar uma estrutura robusta e com alto grau de segurança contra furtos e chacoalhamentos.
Dias chuvosos.	Danos à máquina.	Muito provável.	Muito impactante.	Planejar a construção da estrutura externa da máquina com a utilização de materiais impermeáveis, e isolar a estrutura.
Software				
Não terminar o <i>webapp</i>	Não conseguir entregar o produto	Pouquíssimo provável	Muitíssimo impactante	Rever o escopo do projeto
Perder um integrante do grupo	Sobrecarregar o resto do grupo	Pouco provável	Muito impactante	Rever o escopo e redistribuir as responsabilidades
Perder uma máquina	Impossibilidade de trabalhar sozinho	Razoavelmente provável	Razoavelmente impactante	Pareamento
Não conseguir integração com o <i>gateway</i> de pagamento	A máquina perderá sua autonomia	Pouco provável	Muitíssimo impactante	Procurar vários <i>gateways</i> . Ter uma opção de reserva, após a escolha do padrão.

3 Requisitos

3.1 Requisitos de Software

Os requisitos de *software* foram elicitados utilizando as técnicas *brainstorming* e protótipo de baixa fidelidade. A partir disso, foram escritas histórias de usuário. Os critérios de aceitação e maior detalhamento das histórias serão feitos ao longo do desenvolvimento do *software*.

3.1.1 Protótipos

A prototipagem é uma técnica de elicitação de requisitos que ajuda na validação de requisitos já elicitados. Através dela, o usuário pode ver as suposições do engenheiro de software e corrigi-las ou aprová-las. Também é possível eliciar novos requisitos com os protótipos existentes (IEEE, 2004).

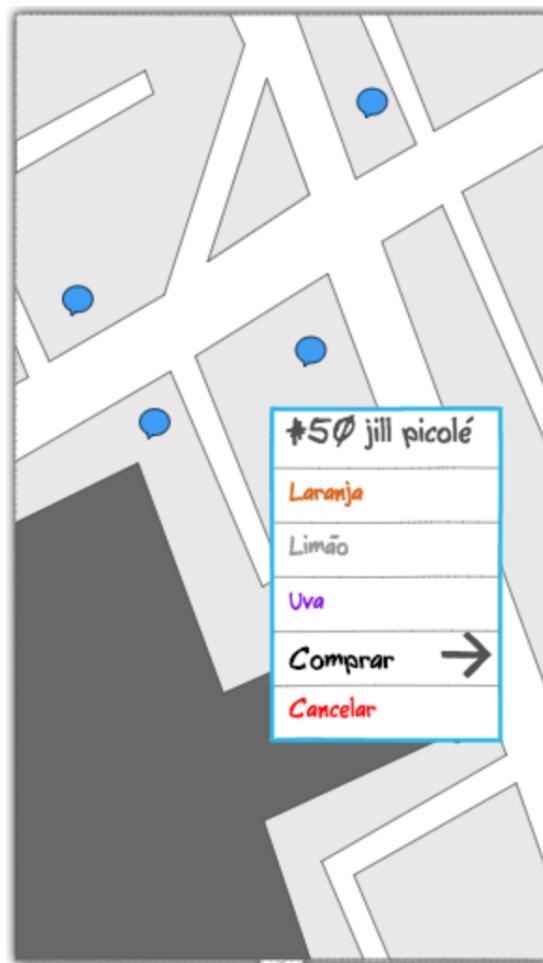


Figura 8 – Tela de seleção

A Figura 8 representa a tela inicial do cliente. O propósito desta tela é mostrar pro cliente onde estão os sorveteiros na sua localidade. Ao selecionar um deles, aparece a lista dos sabores disponíveis naquela máquina de vendas, que pode, então ser selecionado para fazer o pedido.

Após essa seleção, o usuário vai escolher os sabores e as quantidades de sorvetes desejados, como ilustrado na Figura 9. Esta tela apresenta os dados da máquina de vendas, como nome do vendedor e número da máquina de vendas, sabores e as formas de pagamento aceitáveis.

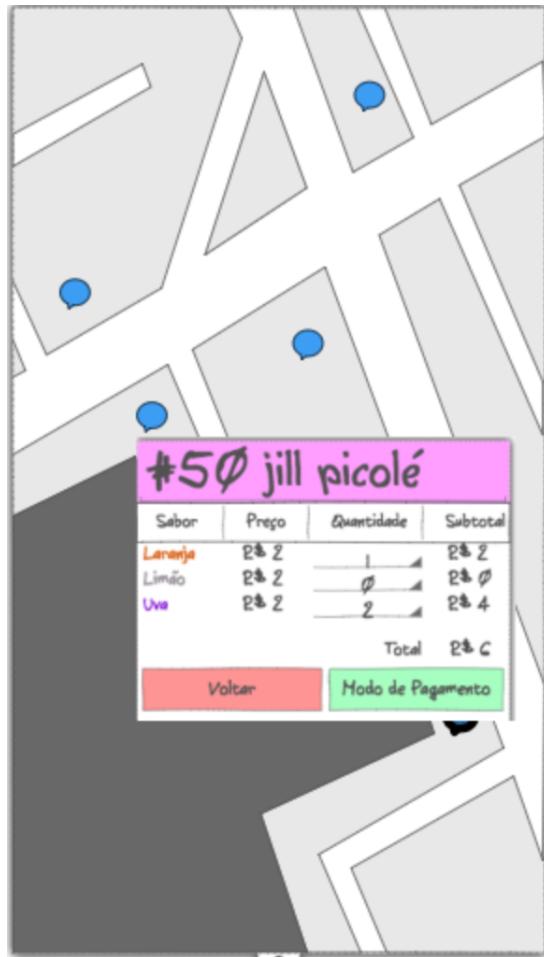


Figura 9 – Tela de pedido. Usuário seleciona quantidades de cada sabor desejado

Ao escolher a forma de pagamento desejada, o usuário é redirecionado para uma página de confirmação, onde vê o resumo do seu pedido e deve entrar com os dados para realização da compra (Ver Figura 10). **Nenhum** dado do cartão é armazenado em nossos servidores.

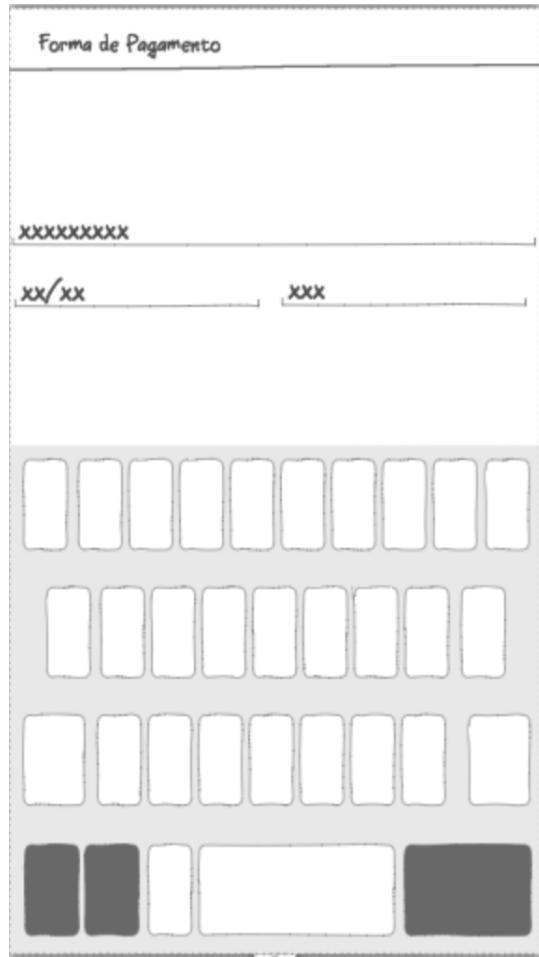


Figura 10 – Tela de dados do cartão

Para liberar o carrinho, após o pagamento, o cliente receberia um código, que seria digitado no teclado acoplado ao carrinho. Depois de algumas discussões com os professores e o grupo, decidiu-se ter um botão no *webapp*, que libera a máquina de vendas, como mostra a Figura 11.

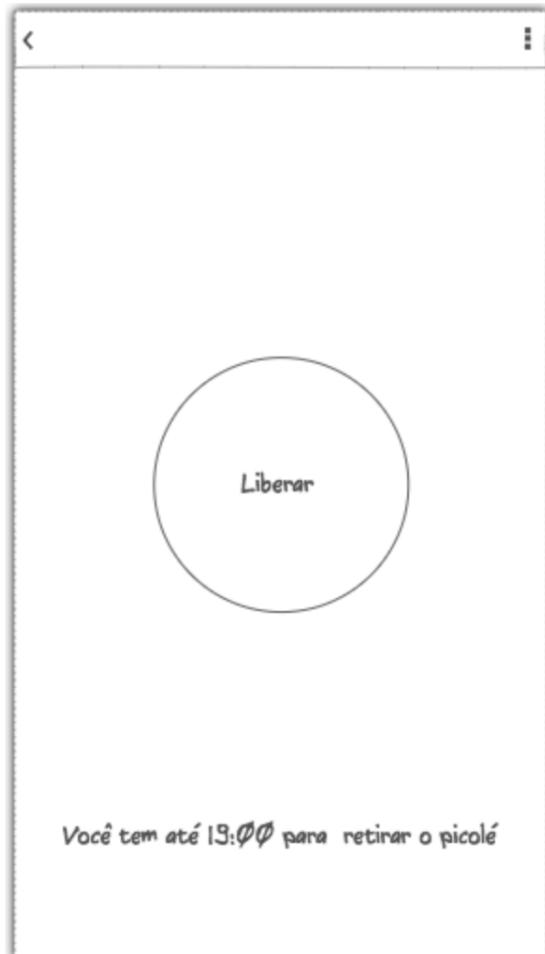


Figura 11 – Liberação do picolé

3.1.2 Histórias de Usuário

Uma história de usuário é uma descrição de uma funcionalidade, que pode ser válida tanto para o cliente quanto para o usuário do sistema (COHN, 2004b). As histórias devem ser testáveis e de curta execução, de uma a poucas semanas (BREITMAN; LEITE,).

As histórias devem enfatizar a linguagem informal do usuário e não devem ser muito detalhadas até que esse detalhe seja necessário para o desenvolvimento. (COHN, 2004a)

As histórias de usuário do *picolé* estão descritas abaixo.

1. Eu, como cliente, desejo filtrar os sabores existentes, para ver os vendedores de picolé que vendem esses sabores.
2. Eu, como cliente, desejo ver os vendedores de picolé próximos a mim para saber os quais picolés estão disponíveis.
3. Eu, como cliente, desejo ver os sabores disponíveis em cada máquina de vendas, para fazer uma escolha.

4. Eu, como cliente, desejo selecionar a quantidade dos sabores de picolés, para comprá-los.
5. Eu, como cliente, desejo selecionar uma forma de pagamento, para comprar os picolés
6. Eu, como cliente, desejo digitar meus dados de pagamento, para finalizar a compra.
7. Eu, como cliente, desejo liberar a máquina de vendas para pegar meu pedido.
8. Eu, como vendedor, desejo atualizar meu estoque, para que clientes possam comprar meu produto
9. Eu, como vendedor, desejo visualizar relatórios gerenciais para poder melhorar/analisar minhas vendas
10. Eu, como administrador, desejo visualizar relatórios de todas as minhas máquinas de venda, para poder melhorar as vendas da empresa.
11. Eu, como administrador, desejo adicionar novos sabores de picolés para diversificar meus negócios
12. Eu, como administrador, desejo modificar os preços dos picolés, para atualizá-los para o cliente.
13. Eu, como administrador, desejo adicionar vendedores à minha empresa para deixá-los fazer vendas.
14. Eu, como administrador, desejo adicionar máquinas à minha empresa para armazenar picolés.

3.2 Requisitos de Eletrônica

Os requisitos para o sistema eletrônico da caixa de picolés são:

- O amplificador de som gerar um sinal de áudio de boa qualidade sem se distorcer;
- O sensor de temperatura realizar a leitura correta e precisa dos dados;
- O sensor de presença captar um movimento perto da máquina;
- O módulo GPS fornecer uma localização aproximada do local;
- O servomotor fazer uma revolução perfeita para cada picolé vendido;
- O sistema de comunicação entre software e hardware.

3.3 Requisitos de Estrutura

3.3.1 de Funcionamento

3.3.1.1 Mecanismo de Transporte

- Acoplar e desacoplar ao freezer;
- Garantir uma estrutura que não danifique o freezer muitos menos permita o tombamento do mesmo;

3.3.1.2 Caixa de Picolés

- Permitir a venda autônoma de picolés;
- Certificar-se que a temperatura média do freezer seja -5º Celsius com margem de erro de no máximo 5º pra mais;
- Garantir segurança à venda autônoma de picolés

3.3.2 de Desempenho

Para atingir os requisitos funcionais, a caixa de picolés deverá:

- Ter um sistema de refrigeração monitorado com sensor de temperatura
- Ter uma interface de fácil entendimento para o cliente
- Ser monitorada por um sistema de segurança com alarme

3.4 Requisitos de Energia

Com vistas à concepção e validação da solução, foram definidos os requisitos relativos ao subsistema de alimentação e refrigeração do projeto.

- A *vending machine* deve ser capaz de manter-se resfriada por um período de aproximadamente 3 horas.
- A placa solar deve ser capaz de carregar a bateria;
- A máquina deve possuir uma bateria com uma capacidade suficiente para suprir o gasto energético do compressor e seus demais componentes;
- O compressor deve ser capaz de manter o ciclo de refrigeração;
- O inversor deve aumentar a tensão para atender às especificações do compressor;
- O sistema de refrigeração deve ser totalmente vedado.

4 Solução

4.1 Solução Geral

A solução encontrada pela equipe foi de modernizar a compra de picolés, tornando o processo mais rápido, acessível e de maior qualidade. A equipe de software está construindo um sistema de comunicação através de um WebService, e este WebService se comunica com dois tipos distintos de usuários: usuários clientes e usuário vendedor, cada qual com acesso a informações pertinentes que serão gerados pelo aplicativo.

A parte eletrônica da máquina de vendas está integrada a um sistema de localização GPS e contará com um sistema de segurança com alarmes sonoros capazes de alertar o vendedor de algum furto ou chamar a atenção dos clientes próximos. O sistema de sensoriamento será totalmente integrado ao sistema de refrigeração para manter a temperatura interna numa faixa ótima de operação e evitar o degelo dos picolés.

A entrega de picolés ao consumidor final funcionará através de um sistema de espirais integrado a um servomotor. O comportamento de armazenamento dos produtos e dos equipamentos será construído e adaptado a fim de se obter uma máquina leve, pequena e que dificulte a troca de calor com o meio externo, tudo integrado abaixo de uma estrutura de sustentação de painéis solares, que realizarão o fornecimento de energia para refrigeração dos picolés.

A refrigeração dos picolés é realizada através de um compressor instalado no fundo da caixa térmica, juntamente com o banco de baterias que alimenta os equipamentos eletrônicos. Para facilitar o transporte e manuseio da máquina foram instalados sistemas de acoplamento para transporte e um sistema de interface visual para os usuários clientes terem maior facilidade na adaptação ao novo tipo de vendas de picolés.

A seguir detalhou-se as soluções de cada sub área.

4.2 Solução de Software

O subsistema de software é composto por um *webservice* e um *webapp*, dividido entre interface para administrador, vendedor e cliente. O *webapp* fará comunicação com o *webservice*, responsável por toda a lógica do sistema, e também será construído pela equipe de software.

A seção do administrador permite o cadastro de máquinas e vendedores. A do vendedor permite a manutenção do estoque de picolés, podendo cadastrar diferentes sabores e quantidades, a qualquer momento. Outra funcionalidade, para ambos, é gerar relatórios sobre vendas e formas de pagamento.

A seção para o cliente tem apenas a função de compra, podendo selecionar o vendedor e sabor dos picolés que deseja comprar. Após determinado a quantidade dos sabores desejado o cliente insere o número do cartão de crédito e efetua a compra. Após confirmação do pagamento, o aplicativo libera um botão, o qual é responsável pela liberação do picolé. Com o botão liberado, o cliente se dirige até a máquina de vendas em questão no momento que desejar e pressiona o botão, com isso, os picolés comprados serão liberados e o usuário poderá retirar seu pedido. Além disso, o cliente pode traçar uma rota para a máquina de vendas que escolher.

- Formas de pagamento:
 - **Cartão:** Integração com um gateway de pagamento, para possibilitar o pagamento em cartão. O webapp não armazenará os dados de cartão do cliente em hipótese alguma.
- Integração com outros serviços:
 - **Localização:** Vendedor deve habilitar o uso da localização
 - **Maps:** Cliente pode ver o vendedor mais próximo e traçar rota até ele.
- Relatórios:
 - Quantidade de vendas: por período/por sabor
 - Variação da temperatura interna do refrigerador (sensor de temperatura)
 - Proporção de vendas por modo de pagamento

4.2.1 WebService

Para o desenvolvimento do *WebService* o grupo escolheu o *framework Django*, que é escrito na linguagem *Python*, pois é *open source* e altamente testado pela comunidade, que permite o desenvolvimento robusto e ágil de aplicações *web*. Além disso, boa parte do grupo possui familiaridade com esta tecnologia.

O projeto divide-se em várias classes, sendo elas: *Popsicle*, *Machine*, *Location*, *Transaction*, *User*, *Stock*. Seu relacionamento é demonstrado no seguinte diagrama de classes (Figura ??).

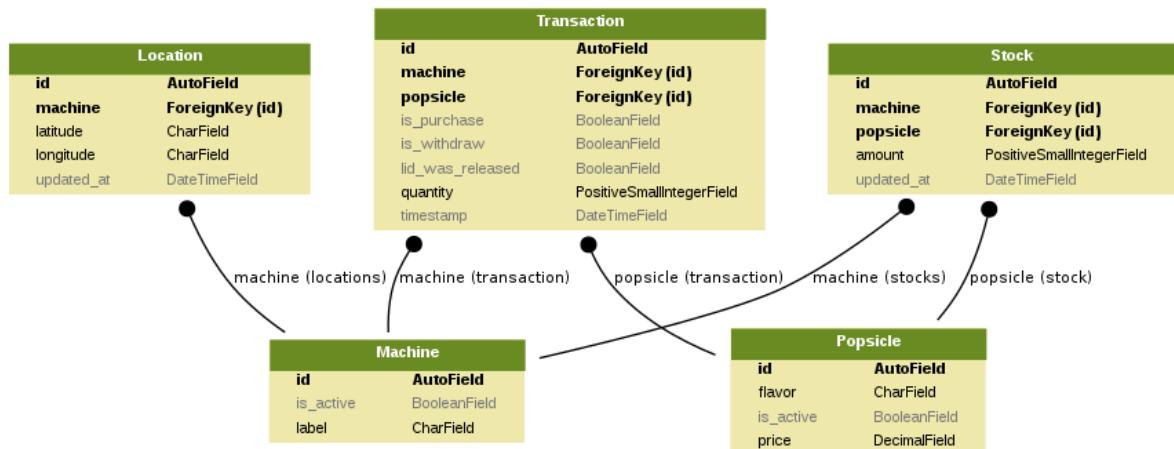


Figura 12 – Estrutura do freezer depois do corte

- *Popsicle* representa um sabor de picolé e seu preço
- *Location* armazena as informações de latitude e longitude enviadas pelo GPS integrado à máquina
- *Machine* possui a localização física da máquina e o estoque de picolé
- *Stock* demonstra a quantidade de picolés de um determinado sabor, que existem em certa máquina.

- *Transaction* corresponde a uma transação de entrada ou saída de picolés na máquina, é responsável por atualizar os estoques. Entrada quando o vendedor deseja adicionar picolés, saída quando há remoção de picolés da máquina, ex.: retirada de sabores, transferência de picolés para outra máquina, e vendas.
- *User* simboliza um usuário do sistema, com informações como nome, login, senha e restrição de acesso (é administrador ou não). Como o cliente não precisará informar estes dados, somente administradores e vendedores são representados nesta classe.

Além da arquitetura cliente-servidor, decidiu-se utilizar a arquitetura em camadas, bem típica de aplicações *web*, no *webservice*. O meio de interação entre o webapp e o servidor é uma API *RESTful*.

O código da API desenvolvido encontra-se no [repositório](#) do grupo.

4.2.2 WebApp

4.2.3 Implementação

4.2.3.1 Tecnologias

As tecnologias utilizadas para a construção da interface que irá interagir diretamente com o cliente estão dispostas nesta seção. São elas:

- **Javascript:** As requisições para o *webservice* foram feitas com o uso de uma biblioteca javascript denominada Jquery. A biblioteca foi utilizada para fazer tanto requisições do tipo GET, quanto do tipo POST. É por meio das requisições que se atualizam informações como estoque atual, localização das máquinas e faz todos os cadastros do sistema, em resumo, todas as interações que precisam atualizar o banco de dados e serviço de localização. Todos os eventos dinâmicos foram feitos na linguagem javascript.
- **Google maps API:** A sigla API significa *Application Programming Interface*, a google oferece diferentes APIs para serviços de localização, a utilizada no projeto é a API javascript do google maps, e os recursos são utilizados para obter a localização do usuário, a localização das máquinas através de latitude e longitude e calcular a rota até a máquina que o usuário escolher para efetivar a compra.
- **html 5 + css 3:** Foram utilizadas para a construção de toda a interface com o usuário. A parte da aplicação que usuário realmente vê e interage é a que foi feita em html+css. Como a aplicação final é um *webapp* a responsividade é indiscutivelmente importante, a aplicação tem que se comportar perfeitamente em dispositivos móveis, o html e o css são os responsáveis pela aplicação está completamente responsiva.
- **Git:** O Git é um sistema de controle de versão distribuído gratuito, permite controlar as versões do código e que várias pessoas trabalhem na mesma funcionalidade.

A área de compra para o cliente, ficou de acordo com o definido na solução, e a interface do usuário ficou da seguinte forma:

- 4.2.3.2 Página Inicial

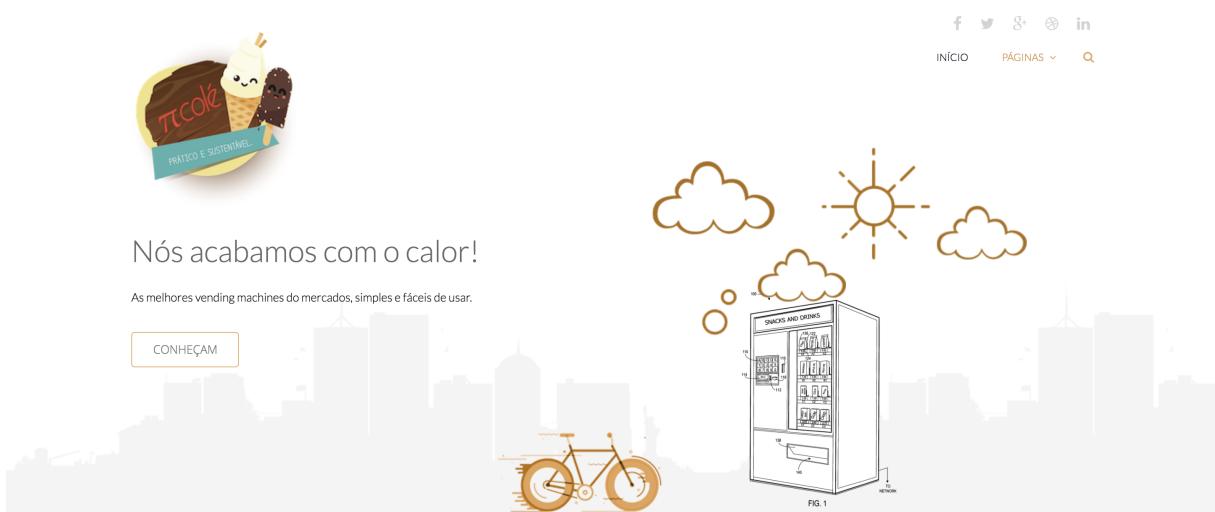


Figura 13 – Página Inicial

Essa é a tela inicial do webapp, proporcionando uma primeira idéia do que se trata o site.

- Mapa de máquinas

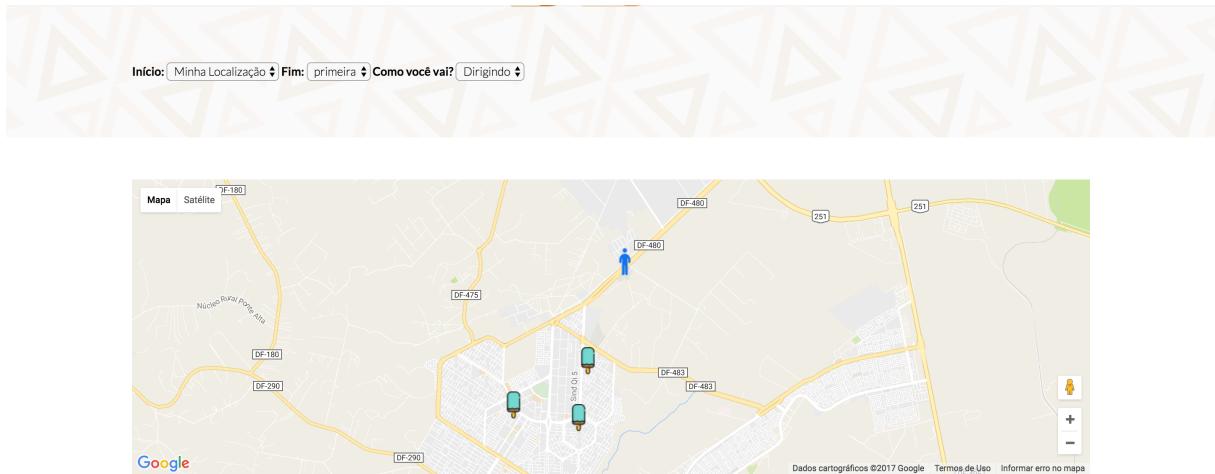


Figura 14 – Mapa de máquinas

Diretamente embaixo do item acima, se encontra o mapa, onde estão sendo mostradas as máquinas disponíveis para serem comprados os picolés.

- Mapa de máquinas (Com Rota)

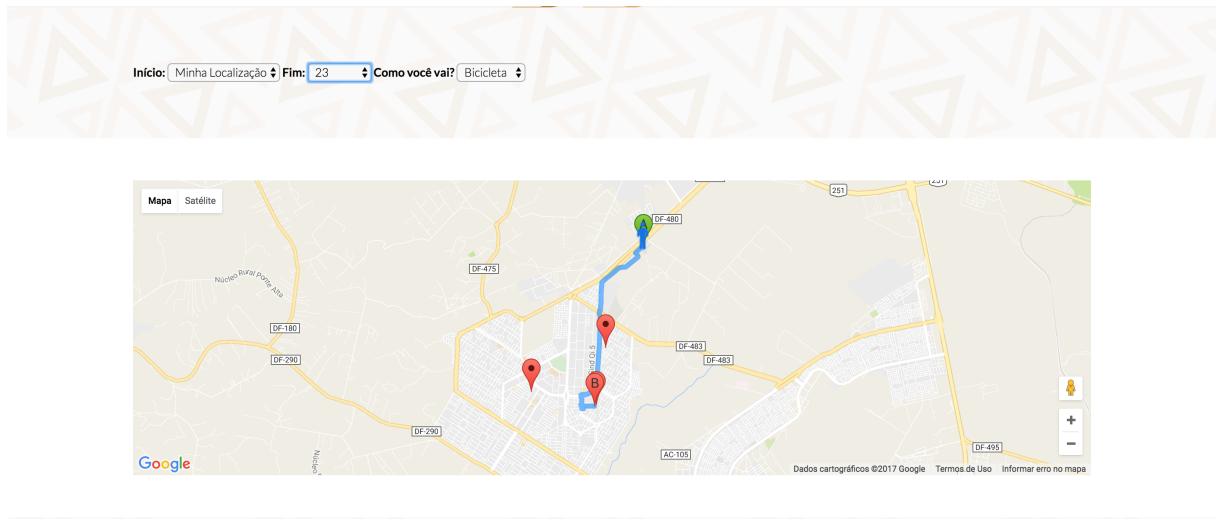


Figura 15 – Mapa de máquinas, com rotas

Nesta figura se encontra a seleção de uma máquina e a definição da melhor rota para a máquina escolhida pelo cliente.

- Seleção de sabores e quantidade

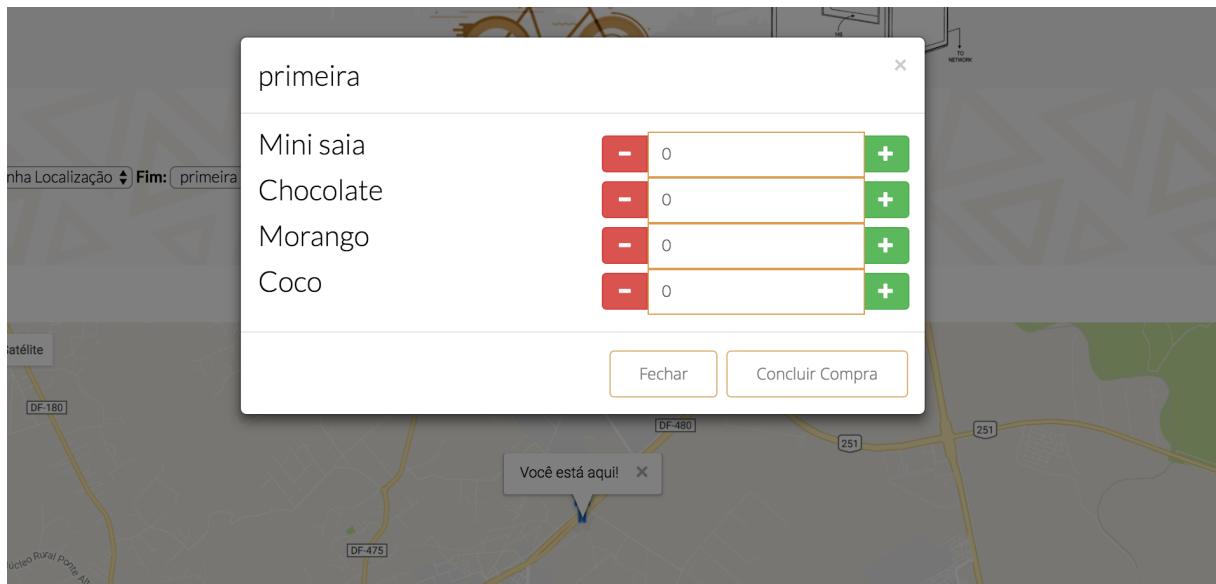


Figura 16 – Seleção de sabores

Selecionada a máquina na qual se deseja fazer a compra, e clicando no marcador correspondente, o popup acima aparece, possibilitando ao cliente selecionar os sabores e as quantidades de cada um.

- Tela de pagamento

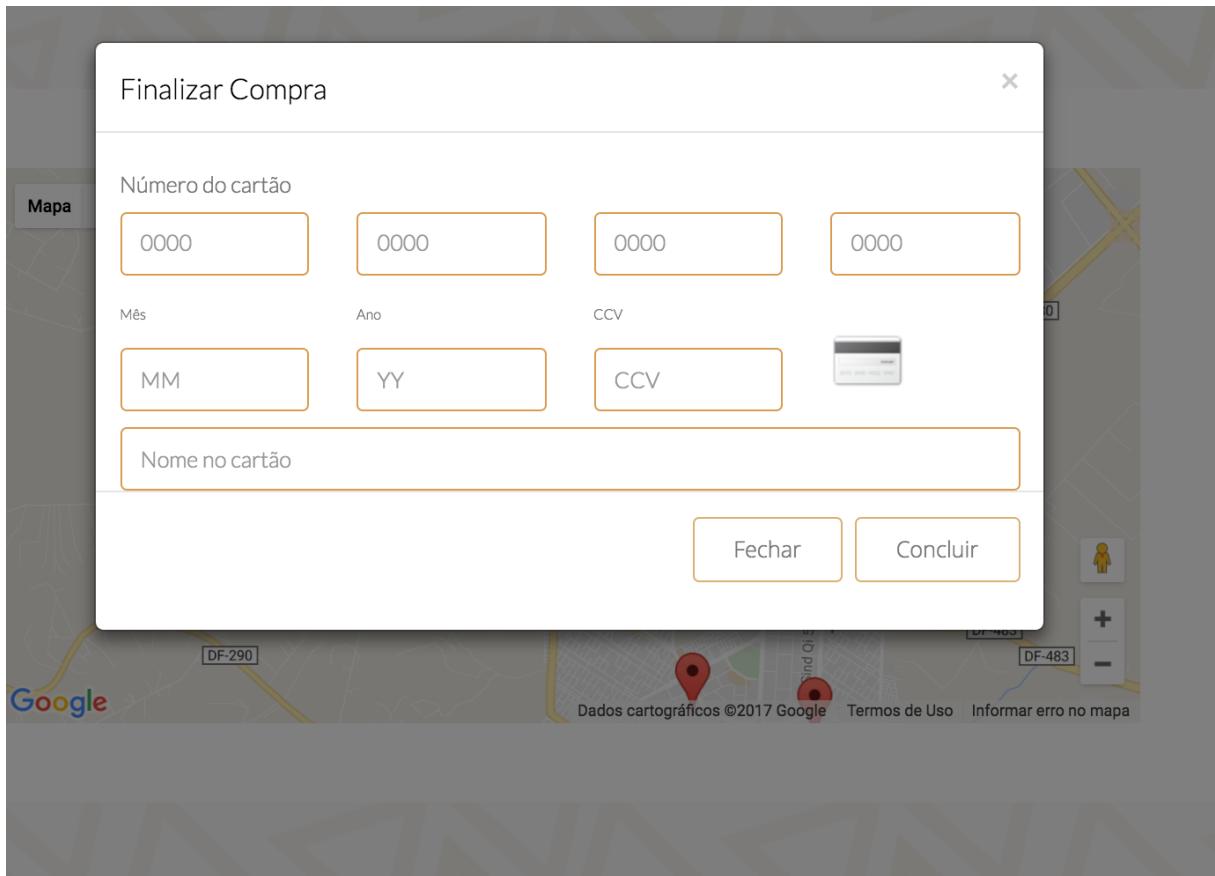


Figura 17 – Tela De Pagamento

Após selecionados, e clicado no botão, a tela de pagamento é mostrada, o cliente deve entrar com os seus dados e finalizar a compra.

Como definido anteriormente, foram definidos cadastros e estoque para as áreas de vendedor e administrador. As interfaces de cadastro e estoque são as seguintes:

- Cadastro de Máquinas

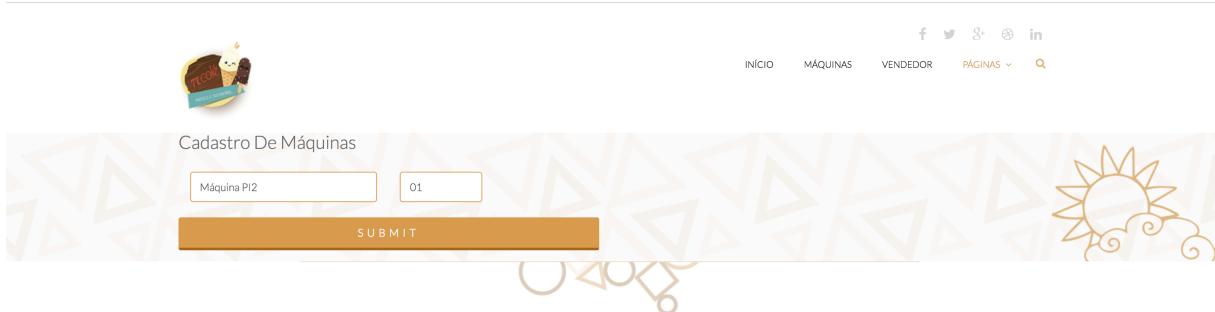


Figura 18 – Cadastro de Máquinas

Na área de administrador, é possível cadastrar máquinas por meio dessa interface.

- Cadastro de Vendedor

Cadastro De Vendedor

Nome

Email

Senha

GERAR

LIMPAR

SUBMIT

INÍCIO MÁQUINAS VENDEDOR PÁGINAS

Figura 19 – Cadastro de Vendedor

Nesta tela, é possível cadastrar vendedores.

- Cadastro de Sabores

Cadastro De Sabores

Limão

2.50

SALVAR

INÍCIO PÁGINAS

Figura 20 – Cadastro de Sabores

Nesta tela, o administrador pode cadastrar sabores de picolé.

- Estoque

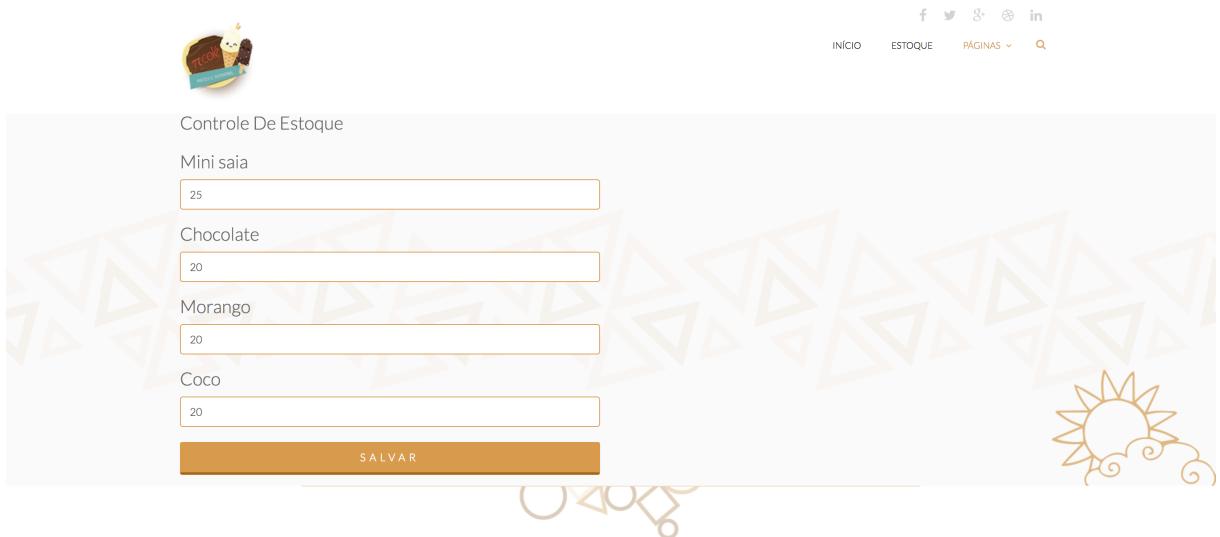


Figura 21 – Gerenciamento de estoque

Nesta interface, o vendedor pode gerenciar seu estoque.

4.3 Solução de Eletrônica

A parte eletrônica da máquina de vendas de picolé é dividida nos seguintes sistemas:

4.3.1 Sistema GPS e Segurança

A máquina de vendas terá um sistema de segurança utilizando-se um sistema de posicionamento global (GPS). O dispositivo GPS utilizado é o módulo da família de GPS U-blox stand-alone com chip GY-NEO6MV2 integrado. A plataforma escolhida para adquirir os dados de posicionamento foi o Arduino devido à facilidade de implementação com bibliotecas já prontas. A seguir, a foto do módulo:



Figura 22 – Módulo GPS da família U-blox

4.3.1.1 Implementação

Para a comunicação do módulo integrado do GPS é necessário o uso de duas bibliotecas. A primeira delas é a SoftwareSerial.h, a qual permite a comunicação serial em outros pinos digitais do Arduino utilizando o software. uma vez que é necessário uma comunicação serial por software. Já a biblioteca TinyGps.h fornece as funcionalidades como posição e curso com códigos mais simples, ela também mantém o recurso em consumo baixo e evita a dependência de pontos flutuantes obrigatórios.

4.3.1.2 Teste

4.3.2 Sistema de Som e Alarme

Para o sistema de segurança integrado ao projeto, é necessário emitir um aviso caso a máquina de vendas seja violado ou removido do local designado pelo vendedor. Além disso, há um assistente com voz automática para receber um cliente próximo à máquina de vendas e, quando não houver nenhuma pessoa por perto, o sistema emite uma propaganda do produto. O sistema de som é responsável por atender os clientes quando estes se aproximam, fazer propaganda e alarmar em caso de violação.

O circuito amplificador montado foi utilizando o circuito integrado TDA8571, o qual é um amplificador dedicado capaz de oferecer 40 W para até 4 alto falantes de 4 Ohms cada.

4.3.2.1 Implementação

O esquemático do circuito montado foi retirado do Datasheet ([PHILIPS](#),) e está esquematizado a seguir:

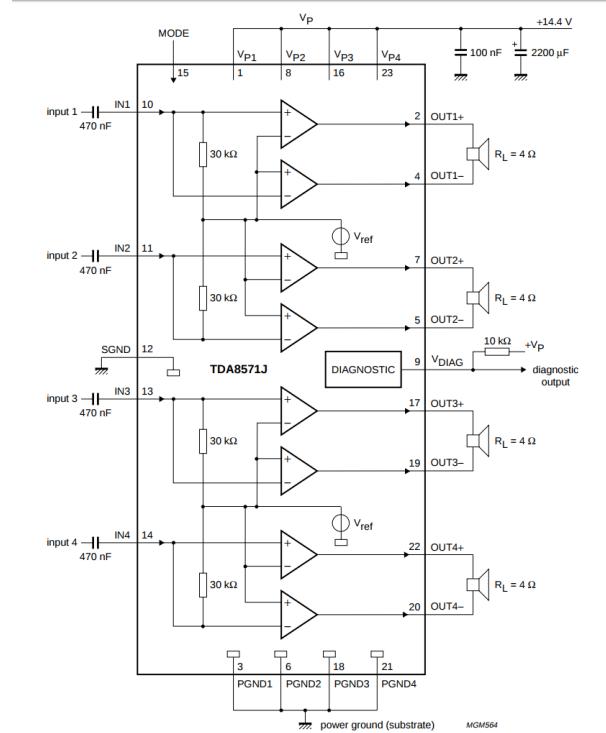


Figura 23 – Esquemático utilizado para o circuito do amplificador de som

O circuito integrado é constituído de 8 amplificadores ligados em ponte, como mostrado acima. Além disso, foi acrescentado um fusível de 8A e um diodo na entrada para proteção contra curto circuito e inversão de polaridade. Os pinos foram ligados conforme esquematizado a seguir:

- **Pino 15:** É o pino de modo (mute e enable) que ativa ou desativa a saída. Foi ligado ao Raspberry para o controle de som.
- **Pinos 3, 6, 18, 21:** Alimentação negativa (terra 0 V) de cada um dos amplificadores.
- **Pinos 1, 8, 16, 23:** Alimentação positiva de cada um dos amplificadores. Foi utilizado 12 V, que é a tensão da fonte disponível do projeto.
- **Pinos 10, 11, 13, 14:** São as entradas de áudio. Como o áudio é o mesmo para todas as saídas, estes pinos foram ligados à mesma entrada.
- **Pino 2, 4, 5, 7, 17, 19, 20, 22:** São as saídas de áudio. Foram ligados 4 alto falantes de
- **Pino 15:**
- **Pino 15:**
- **Pino 15:**

4.3.3 Sistema de Sensoriamento

O projeto exige duas medidas para garantir seu bom funcionamento: a temperatura interna do recipiente dos picolés em resfriamento e um detector de presença para atender um possível cliente e para o sistema de alarme.

Para a medida de temperatura, utiliza-se o sensor DS18B20 (que opera de 3.3 a 5 volts) à prova d'água fabricado pela Maxim Integrated, o qual é ideal para medidas em temperaturas na faixa de -10°C a 85°C com precisão de 0.5°C, obtendo uma faixa de operação ainda maior. Para o controle de acionamento do sistema de refrigeração usufruiu-se da plataforma UART do Arduíno UNO. A figura 24 ilustra o sensor.



Figura 24 – Sensor de temperatura

O instrumento de sensoriamento de presença é o sensor ultrassônico de distância HC-SR04 (que opera a 5 volts), o qual será utilizado para detectar clientes nos quatro lados do recipiente de vendas (utilizando assim, quatro sensores) e para detectar a liberação de um picolé. O mesmo possui um alcance máximo de 4 metros e mínimo de 2 centímetros, sendo ideal para a detecção de usuários que se aproximam da máquina de vendas ([FILIPPEFLOP](#),). A figura 25 ilustra o sensor.



Figura 25 – Sensor de presença

4.3.3.1 Implementação

Para a implementação dos sensores, utilizou-se plataforma UART do Arduíno UNO e as bibliotecas disponíveis OneWire.h, DallasTemperature.h e Ultrasonic.h. A biblioteca DallasTemperature.h.....

4.3.3.2 Testes

4.3.4 Sistema dos Motores

Os picolés serão entregues por meio de um sistemas de molas similar a de máquinas de venda. Um picolé situado no meio de uma mola faz um movimento linear quando este se rotaciona, como ilustra a imagem 26 a seguir:

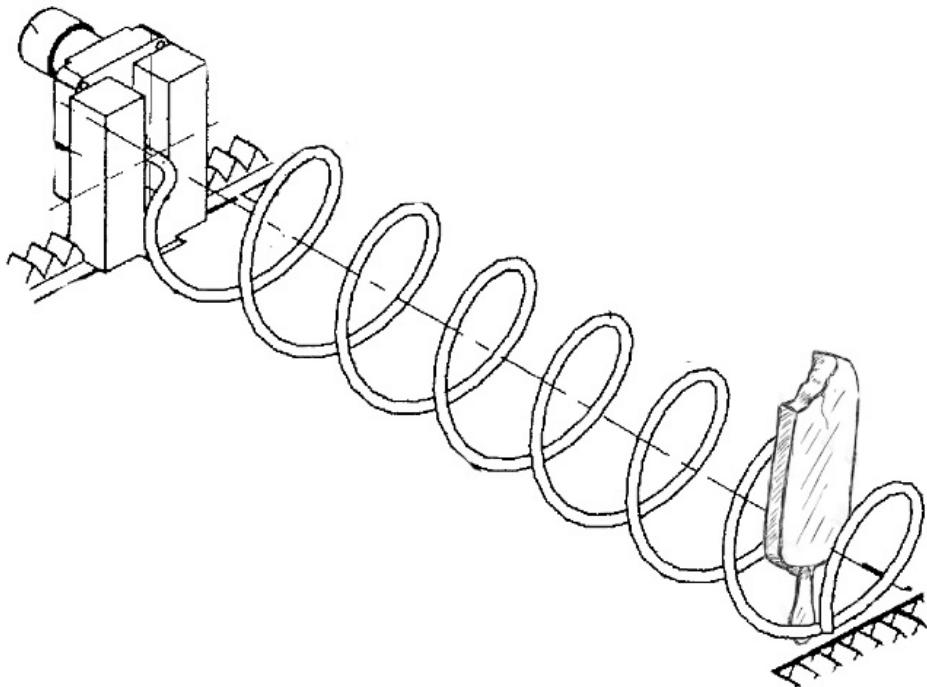


Figura 26 – Sistema de molas capaz de movimentar os picolés

Logo, é necessário inserir um motor ao final de cada mola e fazer o controle do giro para que os picolés caíam conforme o pedido do cliente. Para que se realizasse este objetivo, a proposta inicial se tratava da utilização de um motor do tipo servomotor, uma vez que teoricamente, este, possui o torque suficiente para movimentar a longa fileira de picolés situados na mola com uma precisão de uma volta (360° por volta). Uma outra justificava a facilidade de controle com apenas um fio, contudo na prática e durante os testes realizados notou-se uma imprecisão no giro quando se retirava a trava e alterava o potênciometro original por um resistor para que, o mesmo, conseguisse dar um giro completo de 360° . Devido a esses problemas, a nova escolha se trata de um motor encontrado em sucata. Este é um motor de passos TAMAGAWA SEIKIM do tipo TS3103N145, com 200 passos por revolução e torque de 6 Kgfcm, além de ser DC e com alimentação de 12V. Sabe-se que o motor de passos necessita de um driver, e para isso, montou-se o drive de controle constituído por resistores de 220 Ohms, transístores TIP41C e diodos N4007.

Esse drive é apresentado na figura ??:

4.3.5 Sistema do Acionamento do Compressor

A refrigeração do recipiente vai ser feita por meio de um compressor. Mantê-lo ligado o tempo todo não é viável devido à limitação da demanda energética. Para isso, será feito um controle de acionamento do compressor de acordo com os dados enviados pelo sensor de temperatura. Para ligar e desligar

o compressor, será utilizado um módulo relé JQC-3F. O relé é um componente eletro mecânico capaz de realizar a função de uma espécie de chave selecionadora. Por meio dela, é possível fazer o acionamento de sistemas de alta potência com um controlador (i.e. Raspberry Pi) sem danificá-lo e puxar muita corrente.

4.3.6 Sistema de Interface Visual

A ideia central da máquina de vendas é a sua capacidade de realizar vendas de picolé sem um vendedor presente pelo aplicativo de celular. Portanto, convém utilizar um sistema visual na qual poderá mostrar informações ao usuário tais como:

- O estoque dos sabores dos picolés;
- Um rápido tutorial de como obter e utilizar o aplicativo;
- Caso o picolé seja vendido, informar ao usuário sua retirada;
- Fazer propaganda do produto.

Para isso, haverá uma tela LCD embutido no máquina de vendas de fácil visualização para os clientes.

4.3.7 Integração de Todos os Sistemas Eletrônicos

O controlador escolhido para integrar todos os sistemas será o Raspberry Pi 3, o qual é possui um computador que possui um processador ARM de 1.2 GHz 64 bit, 1 Gb de RAM e bluetooth. Ficou popular por ser intuitivo de utilizar, o que fez com que seja utilizado no mundo inteiro em diversos projetos eletrônicos. Possui capacidade de embutir um sistema operacional como o Linux, o que pode tornar o sistema mais estável e com menos memória de uso. Sua escolha se justifica pelo fato de conter todos os requisitos exigidos para cada sistema, tais como:

- Possui entradas e saídas digitais as quais podem ser usadas para controle dos sistemas GPS e controle dos motores e controle do sensoriamento;
- Possui saída de áudio para o sistema de som;
- Possui saída de vídeo para o sistema de interface com o usuário.

Além disso, depois de projetado e testado cada sistema, será confeccionado no final uma **placa de circuito impresso (PCI)** para conter todos os circuitos de forma compacta, já que o espaço do projeto é limitado.

4.3.8 Integração entre Software e Hardware

A comunicação entre software e hardware será feita via internet e, para isso, será utilizado o módulo GSM GPRS SIM900 fabricado pela SIMCom. O módulo interligado à Raspberry PI 3 utilizará um cartão SIM para conexão com a internet e, dessa forma, a comunicação com o sistema de software será estabelecida.



Figura 27 – Módulo GPRS SIM900 (SIMCom)

4.4 Solução de Estrutura

4.4.1 Propostas de possíveis soluções

Como solução para a estrutura foram levantadas várias possibilidades de produtos para realizar a venda dos picolés, afim de escolher um conjunto que atenda às necessidades da indústria de picolés. À principio as opções eram:

- Triciclo com compartimento dianteiro
- Triciclo com compartimento traseiro
- Máquina de venda estática



Figura 28 – Triciclo com Compartimento Dianteiro



Figura 29 – Triciclo com Compartimento Traseiro



Figura 30 – *Vending Machine*

Após consultoria com a empresa de sorvetes Saborizze®, não se tornou viável a utilização de triciclos no transporte da máquina de vendas automáticas devido a necessidade de um funcionário da empresa contratado apenas para conduzir o triciclo. Vendo isso, como solução de projeto de acordo com a aplicabilidade no mercado, foi escolhido como estrutura de projeto uma máquina de venda automática (*vending machine*) que pode ser carregada por carro de transporte até o ponto de interesse pra ser realizada a venda dos picolés.

4.4.2 Proposta acolhida para o projeto

Como dito anteriormente, foi escolhido uma estrutura estática com acoplamento para um mecanismo de transporte. A construção desta estrutura escolhida pôde então ser subdividida da seguinte maneira:

- Estrutura de suporte das placas solares A estrutura para o suporte da placa solar ainda não foi construído devido ao fato da mesma não ter sido ainda integrada ao sistema.
- Mecanismos para venda automatizada de picolé

O mecanismo para entrega dos picolés será composto por quatro espirais feitas em aço inox encaixadas dentro do freezer e controladas por servo motores. Entre as espirais seram construídas paredes em policloreto de vinil (PVC) para manter os picolés alinhados. Ao girar a espiral, os picolés serão empurrados na direção de uma cavidade que foi feita no fundo do freezer, derrubando o picolé dentro de uma caixa que também possuirá isolamento térmico e será onde o cliente terá acesso ao produto.

Aferiu-se as massas de cada um dos elementos dos subsistemas da máquina. Com tais dados foi possível determinar o CG (centro de gravidade) da estrutura, de modo a averiguar a estabilidade da mesma. As coordenadas do CG podem estar destacadas na figura 31.

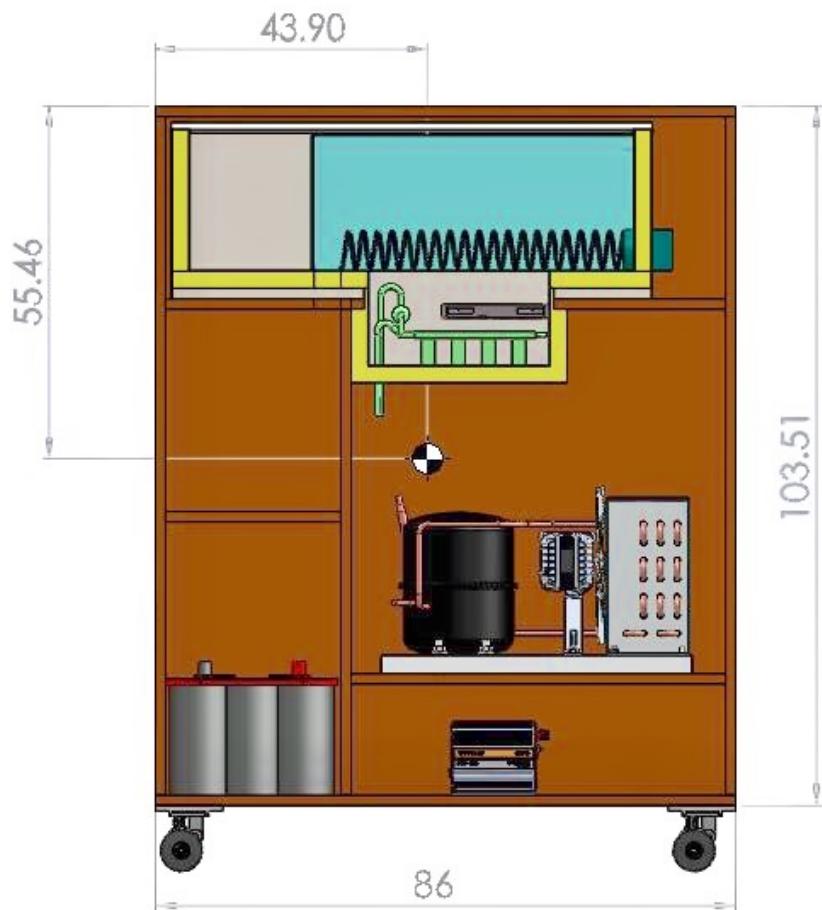


Figura 31 – Vista lateral em corte indicando o centro de massa

- Compartimentos da máquina de vendas

A máquina de vendas possui três compartimentos principais que podem ser vistos na figura 32: compartimento para baterias e compressor (1), compartimento para os componentes eletrônicos (2), compartimento do freezer com isolamento térmico (3) e armazenamento temporário dos picolés (4).

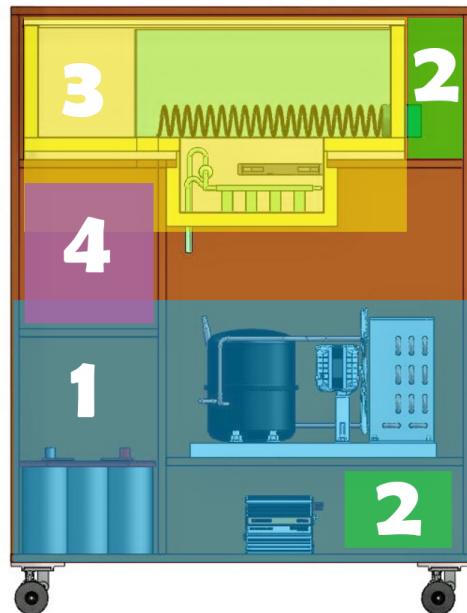


Figura 32 – Compartimentos dedicados.

A porta superior foi construída e parte das prateleiras para o posicionamento dos subsistemas já foram montadas como pode ser observado na figura 33.



Figura 33 – Estrutura em MDF

- Freezer

O freezer foi adaptado a partir de uma estrutura doada (fig. 34) onde será construído um isolamento térmico com placas de isopor e PVC.



Figura 34 – Estrutura base do freezer

A tampa que já estava presa ao freezer era instável e extremamente pesada, portanto optou-se por retirá-la e construir uma nova tampa para a estrutura. Além disso, os cortes necessários para o posicionamento da serpentina e para a queda dos picóles para outro compartimento foram feitos. O atual estado do freezer pode ser observado na figura 35.



Figura 35 – Estrutura do freezer depois do corte

- Molas

A princípio as molas seriam usinadas com diâmetro e passo especificados na figura 36). No entanto, a empresa de máquina de vendas Diletto Café emprestou molas (fig. 37) de aço inox para o projeto, pois se tratando de uma máquina para alimentos a utilização de aço inoxidável é necessária afim de não contaminar o conteúdo perecível. A mola projetada apresentava espaço para 20 picolés, já a mola disponibilizada pela Diletto Café apresenta 19 espaços, possuindo perda de apenas 1 picolé por cada sabor. Logo, não apresenta grandes mudanças no estoque da máquina, além de ser uma solução mais econômica e com dimensões próximas as esperadas no projeto preliminar.

Desenho técnico

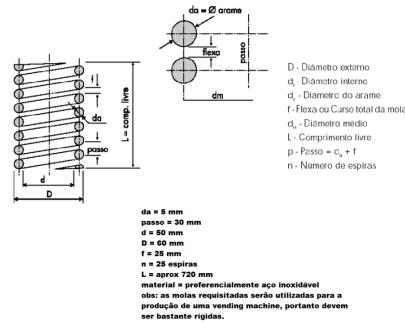


Figura 36 – Desenho técnico das molas dimensionadas

Foto da mola



Figura 37 – Mola utilizada no projeto

- Caixa da serpentina do compressor

A serpentina do compressor (fig.???) precisa estar dentro da região refrigerada, pois ela é a responsável pelo resfriamento do freezer. Levando isso em consideração, uma caixa de aço foi soldada para servir como uma extensão do freezer, viabilizando o posicionamento da serpentina logo abaixo da grade onde deslizam os picolés.

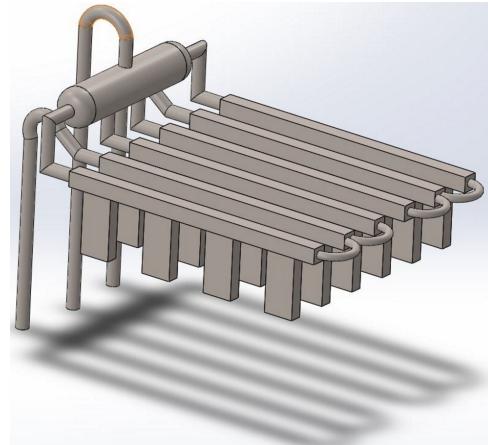


Figura 38 – CAD da serpentina

- Carrinho para o transporte da máquina de vendas

Para o transporte da máquina de vendas foi optado por uma estrutura simples e que pudesse ser acoplada à máquina durante seu transporte e depois desacoplada para assim poder ser reutilizada no transporte de outra máquina de vendas. Existe uma estrutura já pronta no galpão que é similar à figura 39.



Figura 39 – Estrutura base para o transporte da máquina de vendas

4.4.3 Análise de temperatura em regime transitório (ANSYS)

Através do software STEADY STATE and TRANSIENT THERMAL - MECHANICAL ANSYS MULTIPHYSICS, foi possível realizar uma análise da transferência de calor no freezer, com o objetivo de analisar o sistema de isolamento térmico além do sistema de resfriamento do freezer, que deve manter o picolé em uma temperatura adequada. O método utilizado neste programa é o MEF (Método dos Elementos Finitos), onde o objeto de análise é discretizado em finitos elementos e utiliza-se um método numérico para solucionar as equações diferenciais parciais que determinam a temperatura e fluxo de calor variando no tempo em cada elemento, para um intervalo de tempo pré-determinado. Foram feitas algumas suposições e aproximações para possibilitar a análise da transferência de calor no sistema de refrigeração. Tais como:

- Representou-se a serpentina como uma caixa de volume aproximado;

- Para a analise da transferência de calor através do ar interno do freezer, quando este tinha uma velocidade diferente de zero, aumentou-se seu coeficiente de condução já que não poderia ser propriamente representado como um fluido em movimento.
- A serpentina foi representada por um sólido de temperatura constante durante a refrigeração do freezer, pois a serpentina é resfriada através de um fluido mantido em circulação pelo compressor, o que geraria complicações na simulação.

Inicialmente, foi feita uma análise no Steady State Thermal Mechanical, para que o sistema de isolamento do freezer fosse estudado, onde considerou-se a temperatura da serpentina em -6,4°C, a temperatura ambiente em 22°C e convecção externa para ar estagnado (coeficiente de convecção de $5W/m^2\cdot^{\circ}C$). Observou-se inicialmente que colocando-se isolamento dentro e fora do freezer, evitava que sua temperatura fosse mais baixa. Isso porque a presença de paredes de aço inox em contato direto com a serpentina, resfria consideravelmente o freezer.

4.5 Solução de Energia

Os subsistemas de energia estão divididos conforme a organização desta seção.

4.5.1 Refrigeração

Atendendo aos requisitos definidos para o projeto, o recipiente no qual os picolés são armazenados mantém-se refrigerado durante o período de venda. O processo de refrigeração consiste em retirar calor de uma corpo ou espaço para reduzir sua temperatura e transferir esse calor para outro corpo ou espaço (CAMPOS et al., 2010). Portanto, a partir da análise das características da demanda de refrigeração, custos limitados e o tempo hábil para a construção e integração do produto em questão, encontrou-se duas opções de resfriamento:

- Células de Peltier;
- Compressor;

O módulo de Peltier é a maneira mais prática de se utilizar o efeito peltier em larga escala, e consiste em um arranjo de pequenos blocos de telureto de bismuto - Bi_2Te_3 dopados tipo N e tipo P montados alternadamente e eletricamente em série entre duas placas de cerâmica com alta condutividade térmica. Os semicondutores utilizados possuem altos coeficientes de Seebeck e podem ser tipo N ($\alpha \leq 0$) e tipo P ($\alpha \geq 0$) (CAMPOS et al., 2010).

A utilização dos módulos de peltier tem as seguintes vantagens:

- Não utiliza partes mecânicas móveis para refrigeração;
- Aquece e resfria dependendo apenas da polaridade da alimentação;
- Dispensa o uso de gases refrigerantes, tecnologia 100 por cento estado sólido;
- Funcionam em qualquer orientação com/sem gravidade diferente dos refrigeradores baseados em compressores.

O resfriamento utilizando compressores ocorre por meio da compressão mecânica de vapor de um fluido refrigerante. Fluido refrigerante é uma substância que, ao circular dentro de um circuito fechado, é

capaz de retirar calor de um meio enquanto se vaporiza a baixa pressão ([TEIXEIRA; LEAL; ZANICOSKI](#),).

Ao se optar pelo resfriamento por compressão tem-se as seguintes vantagens:

- Baixo consumo;
- Maior Eficiência;

Outra opção a ser utilizada no projeto é o resfriamento por meio de compressor, uma vez que o consumo da célula de peltier é extremamente alto, 70W para a placa de 40x40x4 milímetros. Para resfriar o recipiente seriam necessários entre 7 a 10 módulos, o que necessitaria uma fonte de 490W a 700W e um inversor. A fonte de fornecimento escolhida foi placas fotovoltaicas e para conseguir manter esse fornecimento seria necessário uma área para absorção de energia solar muito maior do que seria possível instalar na máquina de vendas de picolé.

Para o dimensionamento do compressor, é necessário calcular a potência necessária para fazer o fluido refrigerante circular pela serpentina. Essa potência foi encontrada a partir da formulação:

$$W_c = m_f * (h_2 - h_1)$$

Onde:

W_c é a potência teórica do compressor (kJ/h);

m_f é o fluxo de massa refrigerante (kg/h);

h_2 é a entalpia no inicio da compressão (kJ/kg);

h_1 é a entalpia no final da compressão (kJ/kg);

4.5.2 Alimentação

As fontes de energia que serão utilizadas para alimentar o sistema de refrigeração da máquina de picolé são painéis fotovoltaicos e baterias. O painel solar será dimensionado levando em conta a demanda energética a qual a mesma supre para manter o banco de baterias em condições de manter o refrigerador em operação durante o período solicitado, bem como os outros equipamentos consumidores e referentes às outras áreas.

- Diagrama Elétrico Simplificado Abaixo, temos um diagrama elétrico simplificado da *Vending Machine*, ele representa o circuito de alimentação utilizado, desde a geração de energia até o uso final. Este diagrama será refinado e detalhado no último ponto de controle, pois o sistema poderá sofrer algumas modificações e adições, tais como sistema de proteção e sistema externo auxiliar para o compressor.

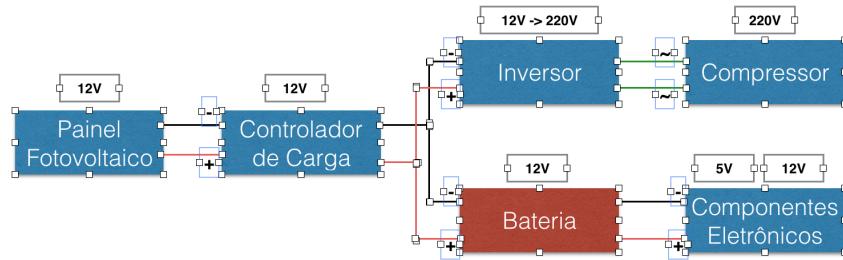


Figura 40 – Diagrama Elétrico Simplificado

A seguir detalharemos cada um dos elementos do sistema, bem como o seu dimensionamento e características principais.

- Painel Fotovoltaico

A tomada de decisão para escolha de um painel fotovoltaico deve considerar a demanda energética dos sistemas os quais serão alimentados, no caso da máquina de vendas especificamente, deverá carregar a bateria que alimentará o compressor, e deixá-la em condições de uso durante o período solicitado. A tensão gerada pela placa deverá ser elevada para atender às necessidades do compressor, para isso um inversor será instalado, bem como um controlador de carga. Para o dimensionamento prático e inicial do gerador fotovoltaico é válida a seguinte expressão:

$$Potênciamínimadogerador(Wp) = \frac{\text{Consumo Total}(Wh/dia)}{\text{Horas equivalentes de sol pleno}(h/dia)xFppxFps} \quad (4.1)$$

A quantidades de horas equivalentes de Sol pleno (horas/dia) depende da latitude e nível de nebulosidade do local considerando o nível médio do mês mais crítico no plano escolhido para instalar o módulo. A inclinação do módulo será zero. No Brasil considera-se entre 3,5 e 5 horas/dia de Sol pleno para o pior mês. Para Brasília foi adotado o valor de 4 horas.

O fator de perda de potência (FPP) pode ser estimado dividindo-se a tensão da bateria pela tensão de máxima potência do módulo a ser utilizado. Esta perda se deve ao fato da tensão da bateria (12 V) ser inferior à tensão de máxima potência do módulo a ser utilizado ($V_{mp} = +/-16,6$ V para os módulos Yingli). Um valor prático $12\text{ V}/16,6\text{ V} = 0,72$. Estas perdas podem ser reduzidas através do uso de um controlador de carga com seguidor de máxima potência (MPPT). Saber o fator de perdas e segurança (FPS) é necessário para levar em conta a redução da geração do módulo devido à tolerância na fabricação (os módulos normalmente tem uma tolerância em relação à potência nominal de $+/-3\%$), temperatura de trabalho (quase sempre maior que os 25°C da condição padrão de testes), poeira sobre o vidro, degradação com o tempo, presença de sombras em parte do dia, desvios na orientação e na inclinação e também devido às perdas elétricas na bateria, no controlador e na fiação, além de incertezas sobre os dados utilizados e o consumo previsto. Valor típico adotado é de 0,8.

$$Potênciamínimadogerador(Wp) = \frac{1880(Wh/dia)}{4(h/dia)x0,72x0,8} = 815Wp \quad (4.2)$$

A decisão de escolha do painel teve como variáveis a disponibilidade e custos de implementação foram limitantes, uma vez que um painel com essa potencia custa aproximadamente 7 mil reais. Dessa

Tabela 4 – My caption

Yingli Solar-YL020P-17B 1/7	
Potência [W]	20
Tensão [V]	16,6
Corrente [A]	1,2
Tensão Circuito Aberto [V]	21,4
Tensão Máxima do Sistema [V]	50

forma essas variáveis corroboraram para que um painel de 20Wp, disponibilizado por um integrante do grupo, fosse escolhido e funcionará de maneira análoga a um painel de grande porte, e ainda que de baixa potência, auxiliará no processo de recarga da bateria. O painel da marca *Yingli Solar - Power Your Life*, será utilizado e possui as seguintes especificações:

De acordo com o selo PROCEL em parceria com o INMETRO, esse painel possui uma eficiência do tipo D, correspondente à 11,8%, o que é compatível com outros painéis comerciais. A área externa do módulo *Yingli Solar-YL020P-17B 1/7* é de $0,17m^2$, possui uma produção média mensal de energia de 2,50kWh/mês, esse valores são importantes para que seja observado que um painel de maior dimensão apresentaria um melhor comportamento quando associado na *Vending Machine*, mas por viabilidade econômica não será possível a implementação de um painel maior. Abaixo, uma foto do painel que sera instalado.



Figura 41 – Yingli Solar-YL020P-17B 1/7

- Bateria

A tomada de decisão para escolha de uma bateria deve considerar a tensão e a corrente. ([SOLARBOTICS, 2011](#)). O cálculo de autonomia de uma bateria necessita de diversos dados. Existem 3 parâmetros os quais são considerados os principais para a escolha de uma bateria: curva de descarga, capacidade de armazenamento e capacidade de descarga ([MEGGIOLARO, 2006](#)). A curva de descarga é a relação do decaimento da tensão ao longo do consumo da capacidade nominal. A capacidade da bateria quantifica o tempo para que ocorra uma descarga total, medido em Ah (Ampér hora). A capacidade de descarga é a quantificação da entrega de carga sem que ocorram danos à bateria. As baterias de chumbo-ácido são muito utilizadas em sistemas onde há correntes elevadas, como motores de arranque e máquinas elétricas. É composta por Chumbo e Ácido Sulfúrico em concentrações calculadas que variam de 27 à 37 por cento ([ANDRADE, 2005](#)), podendo ser seladas ou não, possuindo vida útil de até 4 anos, apresentando assim uma boa relação de custo-benefício.

- Decisão da Bateria - Veicular x Estacionária

Tabela 5 – Relação de Consumo

	Potência [W]	Corrente [A]	Tensão[V]
Compressor	337	1,53	220
Eletrônica	38,2	3,18	12
Iluminação	5	0,41	12

Uma das decisões voltadas ao fornecimento de energia do projeto foi quanto ao tipo de bateria que iria auxiliar no funcionamento da *Vending Machine*. Para isso, foram analisados os tipos de bateria existentes no mercado, como as baterias automotivas, como o próprio nome já diz, são desenvolvidas para o uso em automóveis, com uma vida útil estimada de aproximadamente 3 anos, e com capacidade de suportar correntes de pico elevadas por um curto período de tempo, e as baterias de característica estacionária, as quais são construídas com materiais mais nobres, visando aumentar a sua vida útil e eficiência, relacionado diretamente à sua finalidade de manter equipamentos em funcionamento pleno. Uma análise feita nas especificações técnicas e características de ambas as baterias, como suas respectivas curvas de descarga, quantidade de ciclos em situação de uso diário, bem como a capacidade de suportar uma corrente elevada por um período de tempo maior, quando comparada às automotivas, tornam a bateria estacionária para o uso de equipamentos *off-grid*, a mais indicada. A *Vending Machine*, por ser um dispositivo que armazena produtos perecíveis, possuir uma câmara fria, além de ser um produto que tem como pré-requisito uma baixa manutenção, onde a confiabilidade do equipamento é um ponto muito importante, a bateria estacionária é a mais indicada para atender à proposta do equipamento, pela sua segurança, confiabilidade e comportamento mais estável além de suportar melhor descargas mais profundas, quando comparado com a uma bateria automotiva.

- Dimensionamento da Bateria

Para dimensionar a bateria foi necessário definir o consumo médio diário de energia elétrica, ou seja, definir a curva de carga, tanto em termos diárias quanto sazonais. Com esses dados foi possível visualizar as características previstas para o consumo de eletricidade, adequando-se o sistema para que o consumo e a produção fossem compatíveis ao longo do dia e ao longo do ano. A *Vending Machine* possui dispositivos consumidores de energia elétrica, e para o dimensionamento de um sistema eficiente e confiável, é preciso analisar a relação de consumo energético, tempo de funcionamento do equipamento e energia disponível na bateria. Para isso, foi feito um levantamento da potência consumida pelos principais equipamentos e relacionados com o tempo de operação da máquina.

Com uma relação dos principais consumidores de energia da *Vending Machine* é possível ter uma média de consumo, e com isso relacionar ao tempo em que a bateria alimentará o sistema de forma segura e eficiente, atendendo às necessidades do produto proposto. O dimensionamento consiste em uma relação de consumo entre o produto e a bateria, levando em consideração a capacidade da bateria e o tempo de uso do equipamento.

Escolhida a bateria a ser usada, deve-se definir a profundidade de descarga com que se vai trabalhar. Existe um ciclo de carga e descarga que acontece diariamente, ou seja, a energia gerada durante o dia é armazenada na bateria e é fornecida pela mesma principalmente no horário noturno, descarregando. O outro tipo de descarga acontece, esporadicamente, durante períodos prolongados de nebulosidade, quando a bateria atinge níveis de descarga mais elevados. Quanto mais profundos são os ciclos de descarga-carga, menor a vida útil da bateria. Ou seja, se reduzirmos a capacidade das baterias, gastaremos menos no início, mas as baterias durarão menos e os gastos de reposição serão maiores. Para ciclos esporádicos, podem ser utilizados ciclos mais profundos, da ordem de 60%.

A capacidade do banco de baterias em Ah pode ser calculada usando uma das duas expressões abaixo (considerar a que resulta na maior capacidade):

$$Capacidade(Ah) = \frac{\text{Consumo Total(Wh/dia)} \times \text{Autonomia (dias)}}{\text{Tensão do banco de baterias (V)} \times \text{Profundidade de descarga no final da autonomia (pu)}} \quad (4.3)$$

$$Capacidade(Ah) = \frac{1880(\text{Wh/dia}) \times 0,167 \text{ (dias)}}{12 \text{ (V)} \times 0,6 \text{ (pu)}} = 38,01Ah \quad (4.4)$$

Sendo que o consumo total é obtido a partir do levantamento das cargas, a autonomia de 3,5 horas. A profundidade da descarga no final da autonomia (pu) para baterias estacionárias é de 0,6.

- Dimensionamento do Controlador de Carga

O dimensionamento do controlador de carga baseia-se, principalmente, na definição dos níveis máximos das correntes elétricas que passam por ele, tanto as provenientes do módulo fotovoltaico, quanto as que são solicitadas pela carga. A corrente elétrica máxima (de curto-círcuito) que os módulos fotovoltaicos podem fornecer em condições de Sol pleno pode ser extraída das informações técnicas fornecidas pelo fabricante. A corrente elétrica máxima demandada pelas cargas pode ser conhecida a partir do levantamento de cargas realizado. Como o sistema está conectado diretamente na bateria, somente as correntes solicitadas pelos equipamentos passam pelo controlador. Adotar o maior valor encontrado nos dois cálculos (está incluída nas fórmulas um fator de 1,1 como uma folga de segurança). O cálculo da corrente do controlador de carga, do lado das cargas, pode ser obtido através da expressão:

$$\text{Corrente do controlador de Carga (A)} = \frac{\text{Potência das cargas CC (W)} \times 1,1}{\text{Tensão do banco de baterias (V)}} \quad (4.5)$$

$$\text{Corrente do controlador de Carga (A)} = \frac{\text{Potência das cargas CC (W)} \times 1,1}{\text{Tensão do banco de baterias (V)}} \quad (4.6)$$

- Dimensionamento do Inversor

Os parâmetros mais importantes para o dimensionamento do inversor são as tensões de entrada e saída e a potência nominal de uso contínuo e de curta duração. O inversor deve ser capaz de fornecer a tensão e a corrente elétrica demandada pelos equipamentos que funcionam em corrente alternada tanto na operação normal quanto em condições transitórias como, por exemplo, na partida de motores. Para o dimensionamento do inversor, verificar a potência total das cargas de CA (corrente alternada) e selecionar um inversor com capacidade mínima 10% acima. A tensão de entrada deve ser igual à tensão das baterias e a de saída igual à tensão das cargas de corrente alternada.

Abaixo, temos um gráfico do comportamento de descarga da bateria estacionária FREEDOM DF500 (40Ah), a qual foi escolhida por atender às necessidades e permitir o funcionamento por um período de 3,5 horas.

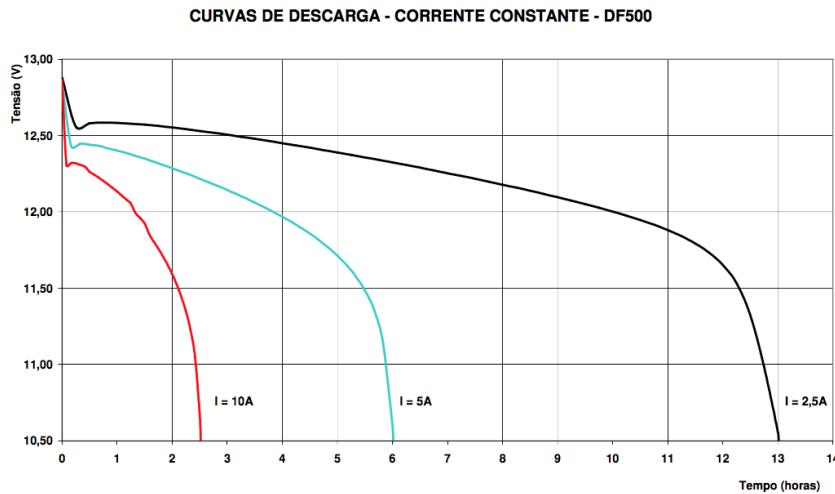


Figura 42 – Curva de Descarga

Na curva de descarga apresentada acima é possível verificar o decaimento da Tensão x Tempo, conforme o tempo passa com o consumo indicado no gráfico. O comportamento inicial esta diretamente relacionado com a tensão inicial, onde nota-se uma queda abrupta, seguida de uma estabilização e prolongamento até a descarga chegar em níveis mais próximos do limite inferior de 10,5V recomendados pelo fabricante, esse comportamento é característico das baterias estacionárias. Para a *Vendind Machine*, a curva que mais se aproxima do comportamento esta entre a de 10 e 5A, com isso, o tempo de operação está de acordo com o que foi estimado inicialmente.

- Análise e Testes

Os testes são cruciais para a validação de todo e qualquer projeto, um dos primeiros testes feitos pelo grupo foi a confirmação do funcionamento do compressor e a verificação se o sistema de refrigeração, serpentinhas e agregados estavam funcionando perfeitamente. Para isso, o conjunto foi desmontado e uma inspeção de todos os componentes foi feita. Com o compressor em funcionamento a validação de que o equipamento estava refrigerando foi feita através de um Termômetro Infravermelho, modelo GM300 da Benetech, indicando a temperatura de $-6,7^{\circ}$, o que de acordo com as especificações técnicas fornecidas pelo fabricante do equipamento. Para uma confirmação mais precisa do dado, uma segunda verificação foi feita com um Termopar da Minipa, o qual apresentou um resultado muito próximo do outro equipamento, o que confirma que o compressor está com um bom funcionamento e sua temperatura de operação atende às necessidades do projeto.



Figura 43 – Medição GM300



Figura 44 – Medição Termopar Minipa

Algumas baterias usadas foram testadas anteriormente à compra da FREEDOM DF500, para fins experimentais e para avaliação da possibilidade de uso no projeto. As baterias abaixo foram colocadas em um equipamento balanceador de células e carregador da marca *Turnigy Reaktor - 250W - 10A*, objetivando verificar se as baterias estavam em condições de uso. O equipamento emite um registo das resistências internas das baterias, as quais nenhuma estava apta para atender às necessidades do projeto. Fato esse, que foi solucionado com a compra de uma bateria estacionária nova, a qual passou pelo mesmo equipamento e apresentou bons resultados.



Figura 45 – Baterias Testadas

O teste de funcionamento da bateria, inversor e compressor ligados em conjunto foi feito no Laboratório de Termoflúidos da UnB, inicialmente foram feitas medições de tensão de saída e entrada do inversor, com o propósito de verificar se o funcionamento do equipamento esta de acordo com as especificações do fabricante, e para não danificar os subsistemas, a verificação da tensão da bateria para validação de que o produto estava com a tensão correta de operação. Todas essas medições foram feitas com um Multímetro Minipa ET-400. A montagem dos bornes das baterias e encaixes foram feitos de maneira a deixar a maior superfície de contato com as ponteiras dos equipamentos. O acionamento do sistema não deu partida no compressor, e o Inversor entrou em modo de segurança, o que indica a corrente solicitada foi maior do que a suportada pelo dispositivo de segurança do inversor. Após esse imprevisto, a equipe realizou testes com o inversor utilizando outros tipos de carga, tais como: Furadeira DeWalt (650W), Esmeril (200W) e Secador de Cabelo Taiff (1300W), para todos os equipamentos o inversor correspondeu corretamente. Portanto, o não acionamento do compressor *TecumSeh* (AE9415ES) não é causada pela sua potência de 337W. Uma possibilidade para justificar o não acionamento do compressor, é a corrente de partida exigida. A potência de partida foi calculada considerando um fator de segurança de 6 vezes a potência nominal do equipamento, segundo o manual "Guia de Seleção de Partidas" da WEG, o que resulta em um pico de potência de 2022W, o que está dentro dos limites do Inversor comprado cuja as especificações são de 2000W, com pico de 4000W no momento da partida. Temos que todos equipamentos estão dentro das especificações de operação, contudo, o inversor não correspondeu como o esperado e soluções para o problema estão sendo elaboradas para que ocorra o pleno funcionamento da máquina.



Figura 46 – Teste na Bancada - Laboratório UnB

5 Visão Geral do Sistema

5.1 Visão Geral Do Subsistema de Software

O subsistema de *software* é composto por um *webapp* e o *webservice* com o qual o web app faz e o *raspberry* fará a comunicação. Na seção do *webapp* para o cliente é possível fazer a compra do picolé e a liberação do mesmo, por meio de um botão que se comunica com o *webservice*, que por sua vez comunicará com o *raspberry*, dando o comando para liberação do picolé. A seção do *webapp* para o vendedor terá funções de administrador, podendo aumentar o estoque quando recarregar a máquina de vendas, além de o administrador poder cadastrar vendedor e máquina.

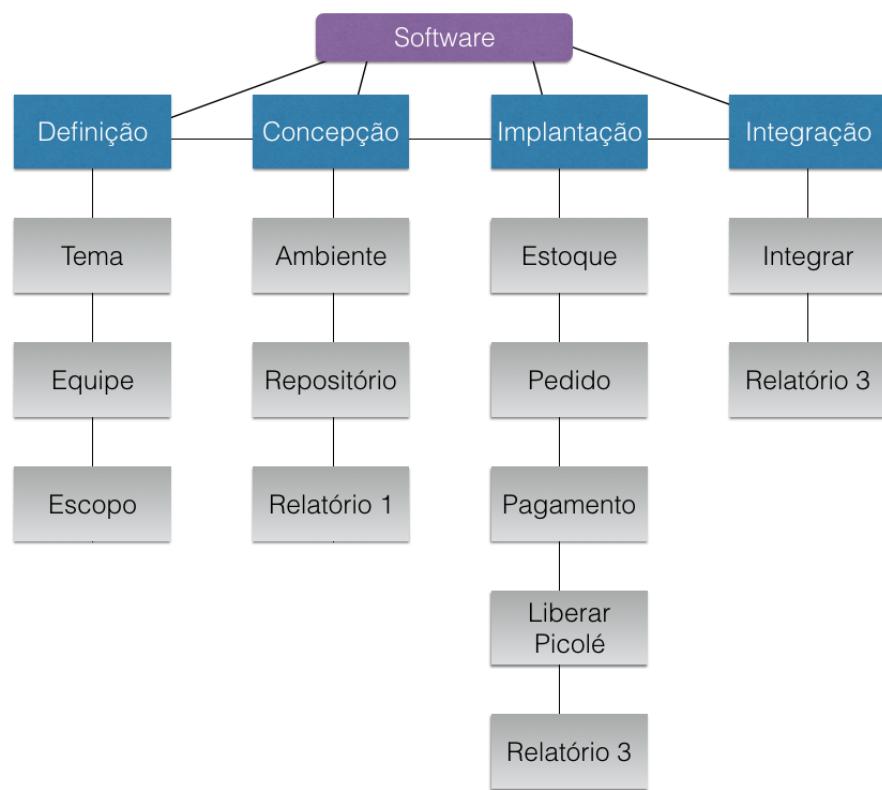


Figura 47 – Diagrama de Software

5.2 Visão Geral Do Subsistema de Eletrônica

A visão geral do subsistema eletrônico, consiste no controle geral feito pela Raspberry PI 3, na aquisição de dados da localização (GPS), informação a qual é utilizada no sistema de segurança de furto e extravio. O sistema de sensoriamento e controle de recepcionamento do cliente (som e interface) também é submetido por tal controlador, devido à sua alta capacidade de processamento. O diagrama da atividade eletrônica é mostrado na figura 48 a seguir:

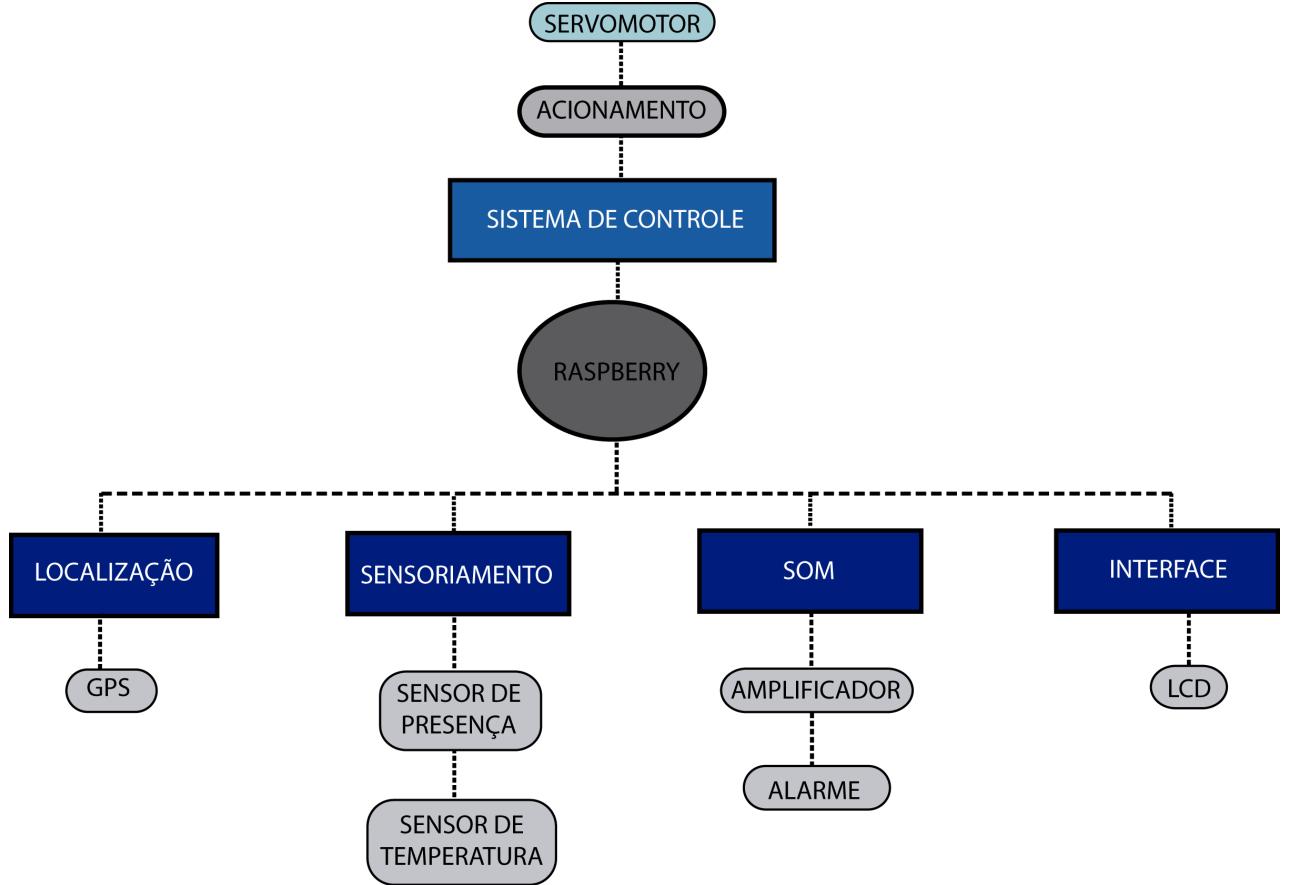


Figura 48 – Diagrama da estrutura eletrônica do produto

5.3 Visão Geral Do Subsistema de Estruturas

A visão geral das estruturas do projeto é dividida pelos componentes que necessitam ser construídos, fixados e integrados. São eles: mecanismos para entrega do picolé, estrutura de suporte das placas solares, carrinho de transporte da máquina de venda e os compartimentos internos da máquina de venda (*freezer*, componentes eletrônicos, bateria e compressor).



Figura 49 – Diagrama das estruturas

5.4 Visão Geral Do Subsistema de Energia

A visão geral do subsistema de energia, consiste no fornecimento de informações voltado para a alimentação dos sistemas consumidores de energia primária (refrigerador) e periféricos (iluminação, carregador de tablet, motores, sistema eletrônico, entre outros), bem como, o dimensionamento do painel fotovoltaico, pack de baterias, inversor e controlador de carga.

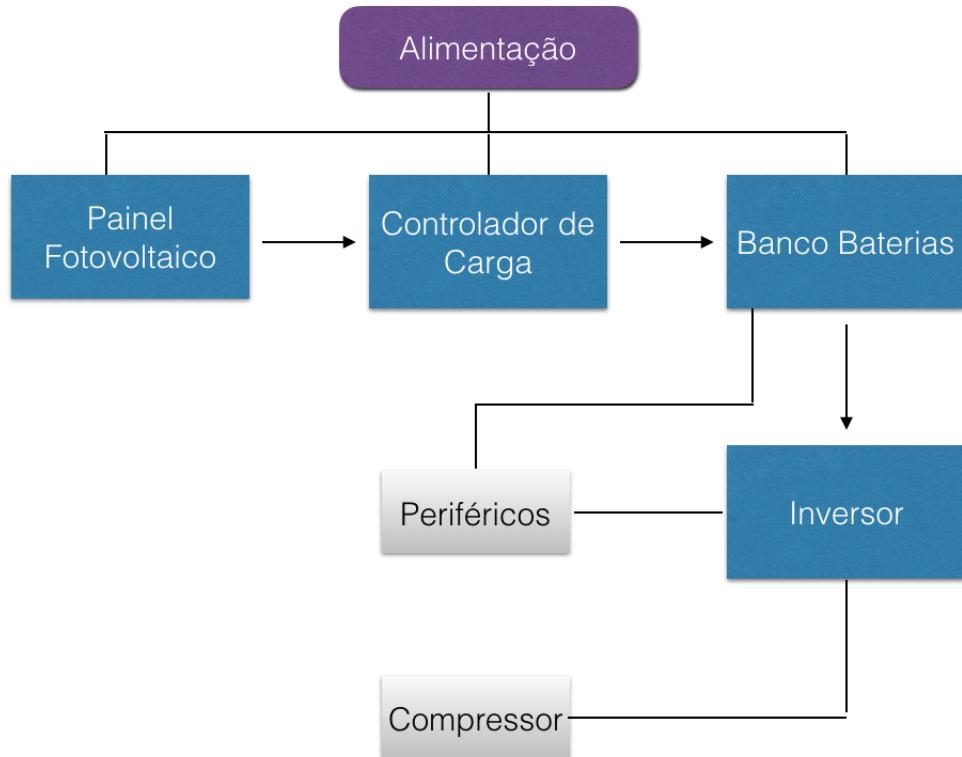


Figura 50 – Diagrama energia

O sistema foi dimensionado com um fator de segurança elevado, para que a *Vending Machine* entregasse a confiabilidade de um produto passível de comercialização. Para isso, a bateria teve em seu dimensionamento a consideração do tempo de operação do serviço relacionado diretamente com o consumo da bateria. O inversor utilizado para o projeto foi dimensionado considerando as cargas exigidas, principalmente pelo compressor, o qual é o principal consumidor do produto.

6 Custos

Tabela 6 – Custo para todo o projeto

Material	Valor Un.	Quantidade	Total	Fornecedor
Eletrônica				
Módulo GPS com chip GY-NEO6MV2	133,08	1	133,08	Hu Infinito
Sensor de temperatura DS18B20	16,09	1	16,09	FilipeFlop
Raspberry Pi 3	0	1	0	Emprestado
Tela LCD 7"	250,00	1	250,00	Mercado Livre
Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04	12,50	5	62,50	Hu Infinito
Solda em tubo Cobix 25g	5,90	3	17,97	Hu Infinito
Componentes comuns (fusível, capacitores, resistores, etc...)	x	x	75,00	Hu Infinito
Servomotor	0	4	0	Galpão
Módulo relé JQC-3F	0	1	0	Emprestado
Autofalantes	0	4	0	Emprestado
Amplificador TDA8571	31,00	1	31,00	Mercador Livre
Placa de circuito impresso	20,00	1	20,00	Mercado Livre
Módulo GSM GPRS Shield Sim 900	150,00	1	150,00	Mercado Livre
Software				
Servidor para hospedagem os serviços	0	1	0	Digital Ocean
Energia				
Motor compressor Termsec	0	1	0	Galpão
Painel solar Canadian 20Wp	0	2	0	Emprestado
Controlador de carga phocos 12/24 30A	395,00	1	395,00	Mercado Livre
Inversor de tensão veicular DIK 2000W	211,00	1	211,00	Mercado Livre
Bateria estacionária Freedom Df1000 40Ah	330,00	1	330,00	Mercado Livre
Carregador USB para tablet	30,00	1	30,00	Mercado Livre
Cabos e conectores em geral	x	x	50,00	Mercado Livre
Estrutura				
Estrutura do galpão (Freezer)	0	1	0	Galpão
Estrutura do galpão (Carrinho)	0	1	0	Galpão
Placas poliestireno	19,99	7	139,93	Mercado Livre
Placas de isopor	3,00	3	9,00	Papelaria
Madeira (compensado ou MDF)	75,00	2	150,00	Atacadão da Madeira
Cola (Isopor, Plástico e Madeira)	28,00	1	28,00	Mercado Livre
Componentes comuns (parafuso, porca, aruela, etc...)	x	x	100,00	x
Estrutura em espiral	30,00	4	120,00	Mercado Livre
Total	R\$ 2.228,57			

7 Considerações Finais

Ser inovador e útil nos dias de hoje é um desafio que todo engenheiro enfrenta. Inovar por inovar, sem agregar nada a sociedade, não é algo que deve ser incentivado. A inovação tem que ir de encontro com as necessidades reais. Pensando nos problemas já elucidados, como aumento populacional, gasto excessivo com energia e dificuldades no atendimento ao consumidor, por exemplo, surgiu a proposta de construir uma *vending machine* de picolés. A ideia é implementar uma máquina que facilite a vida de consumidores de picolés, de vendedores e também de empresários do ramo. O projeto visa diminuir custos, aumentar as vendas e trazer comodidade e praticidade ao consumidor.

Para que os objetivos sejam alcançados foi realizado um planejamento sobre cada etapa do processo de construção do produto. Sendo assim, o problema foi encontrado, a solução foi discutida e proposta, as responsabilidades foram distribuídas, o cronograma de atividades definido, os sistemas e subsistemas foram apresentados, os riscos foram levantados e o custo foi calculado. Sem esquecer da gestão e comunicação, partes essenciais para que um projeto não saia dos trilhos.

Fez-se vendas de picolés na FGA para arredação de fundos para o projeto, demonstrada no apêndice A, durante a venda realizou-se medições de temperatura que serão detalhadas no ponto de controle dois. Pretende-se também apresentar na próxima etapa do projeto partes da solução física pronta, algumas validações de sistema e testes realizados

Os trabalhos desenvolvidos durante o projeto demonstrou integração e cooperação de todos os membros do grupo. Houveram discussões sadias sobre os problemas e desafios encontrados, bem como sobre as soluções disponíveis. A equipe está bem engajada e animada com o projeto.

Referências

- ANDRADE, J. de. Estudo do mecanismo da carga pulsada em eletrodos planos de pb e em eletrodos porosos de baterias de chumbo ácido. 2005. Citado na página 59.
- BREITMAN, K. K.; LEITE, J. C. S. d. P. Managing user stories. Citado na página 31.
- CAMPOS, A. L. P. et al. Refrigeração utilizando pastilhas de efeito peltier. *HOLOS*, v. 2, p. 25–31, 2010. Citado na página 55.
- COHN, M. *Advantages of User Stories for Requirements*. 2004. Disponível em: <<http://www.mountaingoatsoftware.com/articles/advantages-of-user-stories-for-requirements>>. Citado na página 31.
- COHN, M. *User Stories Applied for Agile Software Development*. [S.l.]: Addison-Wesley, 2004. v. 1. Citado na página 31.
- DEPEC. *INDÚSTRIA DE ALIMENTOS*. 2017. Disponível em: <https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_industria_de_alimentos.pdf>. Citado na página 12.
- FILIPPEFLOP. Medindo temperatura com o sensor hc-sr04. Disponível em: <<http://www.filipeflop.com/pd-6b8a2-sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04.html>>. Citado na página 44.
- IEEE. *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge*. [S.l.]: IEEE, 2004. v. 1. Citado na página 28.
- INTERNATIONAL, I. A. P. *OPERATING SYSTEM*. 2011. Disponível em: <http://www.monstervending.com/manualspdf/ap/511_Robo_Quencher_manual.pdf>. Citado na página 15.
- MARQUES, J. R. *Diferenças entre os 5 tipos de vendas*. 2015. Disponível em: <<http://www.jrmcoaching.com.br/blog/conheca-a-diferenca-entre-5-tipos-de-vendas/>>. Citado na página 13.
- MEGGIOLARO, M. A. Tutorial em robôs de combate. *Equipe RioBotz, UFRJ*, 2006. Citado na página 59.
- ONU. *ONU. Department of economic and social affairs, population division. world population prospects: The 2015 revision, key findings and advance tables*. 2015. Citado na página 12.
- PHILIPS. Tda8571j 4 x 40 w btl quad car radio power amplifier datasheet. Disponível em: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/philips/TDA8571J_2.pdf>. Citado na página 42.
- PMI. *Project management book of knowledge (pmbok guide)*. [S.l.]: Project Management Institute (PMI), 2012. Citado na página 21.
- SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. *The Scrum Guide*. [S.l.]: Scrum.Org, 2016. Citado na página 18.
- SOLARBOTICS, M. de. Industrial circuits application note, stepper motor basics. 2011. Citado na página 59.
- TEIXEIRA, C. A.; LEAL, A. B.; ZANICOSKI, B. P. d. S. Concepção de um mini-refrigerador peltier para uso como ferramenta no ensino de engenharia. Citado na página 56.

Apêndices

APÊNDICE A – Primeiro Apêndice



Figura 51 – Equipe parcial do π colé durante a venda de picolés na FGA no dia 24 de março de 2017.

A figura 51 comprova o primeiro trabalho realizado para a integração e engajamento da equipe. A venda de picolé na FGA deu-se no intuito de arrecadar dinheiro para o projeto, aproximar a equipe, realizar medições de temperatura e também de uma análise de demanda.

APÊNDICE B – Segundo Apêndice

Experimento realizado na FGA, no dia 24.03 com início às 12:25;

Condições Iniciais: Temperatura: 30,6° e Umidade: 35%

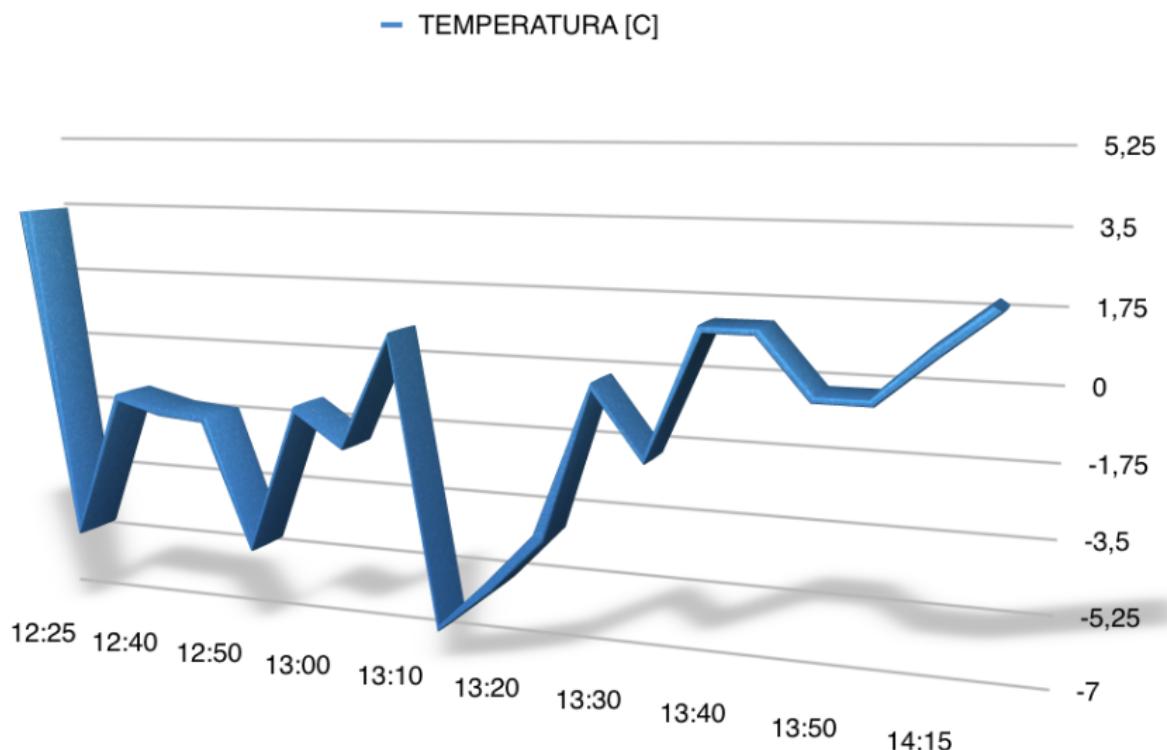


Figura 52 – Tempo x Temperatura

Com o gráfico, pode-se analisar o comportamento térmico, bem como a capacidade de regeneração da câmara fria em condições de venda. Inicialmente o resfriamento até a temperatura de trabalho, onde os materiais de forração ficam responsáveis pela redução das perdas de calor durante o trabalho, como também a relação das aberturas de tampa para pegar o picolé que representam a maior parte das perdas térmicas. O gráfico mostra de maneira clara o aumento da temperatura média em decorrer da redução dos picolés em seu interior, os quais também corroboram para manter a temperatura mais próxima do ideal.