

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Projeto Integrador de Engenharia 2

Robô Garçom

**Autor: Ana Paula Lopes, Bruna Almeida, Damarcones Porto, Diogo
Correia, Gabriel Pinheiro, Hebert Max, Isaac Moura, Isabella Feitosa, João
Paulo Porto, Letícia Karla, Letícia Ribeiro, Lucas Pereira, Luiz Alexandre,
Normando Perazzo e Samuel Borges**

**Orientador: Alex Reis, José Felício, Paolo Gessini, Ricardo Matos e
Rhander Viana**

Brasília, DF

2021



Ana Paula Lopes, Bruna Almeida, Damarcones Porto, Diogo Correia, Gabriel Pinheiro, Hebert Max, Isaac Moura, Isabella Feitosa, João Paulo Porto, Letícia Karla, Letícia Ribeiro, Lucas Pereira, Luiz Alexandre, Normando Perazzo e Samuel Borges

Robô Garçom

Documento submetido aos professores de
Projeto Integrador de Engenharia 2.

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Alex Reis, José Felício, Paolo Gessini, Ricardo Matos e Rhander Viana

Brasília, DF

2021

Ana Paula Lopes, Bruna Almeida, Damarcones Porto, Diogo Correia, Gabriel Pinheiro, Hebert Max, Isaac Moura, Isabella Feitosa, João Paulo Porto, Letícia Karla, Letícia Ribeiro, Lucas Pereira, Luiz Alexandre, Normando Perazzo e Samuel Borges Robô Garçom/ Ana Paula Lopes, Bruna Almeida, Damarcones Porto, Diogo Correia, Gabriel Pinheiro, Hebert Max, Isaac Moura, Isabella Feitosa, João Paulo Porto, Letícia Karla, Letícia Ribeiro, Lucas Pereira, Luiz Alexandre, Normando Perazzo e Samuel Borges. – Brasília, DF, 2021- 97 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Alex Reis, José Felício, Paolo Gessini, Ricardo Matos e Rhander Viana

Documento de Projeto Integrador de Engenharia 2 – Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA , 2021.

1. Projeto Integrador de Engenharia 2. 2. Faculdade UnB Gama. I. Alex Reis, José Felício, Paolo Gessini, Ricardo Matos e Rhander Viana. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Robô Garçom

CDU

Resumo

Com o surgimento da pandemia, cresceu o grau de preocupação com a higiene nos locais de alimentação, onde na maior parte do tempo do ano de 2020, ocorreu a proibição do consumo de alimentos nos estabelecimentos. Tendo em vista esse contexto, o Grupo 04 da disciplina Projeto Integrador de Engenharia 2, tem como objetivo a criação do projeto de um **Robô Garçom**, onde poderá ser utilizado após a pandemia.

O projeto **Robô Garçom** visa atender restaurantes que tem como objetivos automatizar ao menos parte de seu atendimento e aumentar o grau de higiene em suas refeições. Assim proporcionando um conforto e segurança a mais aos clientes.

Tendo em vistas essas necessidades o **Robô Garçom** dispõem de uma estrutura em que será armazenada a comida durante o transporte evitando assim a exposição da mesma com o ambiente, ao chegar na mesa, será aberto uma porta que dará acesso ao compartimento de armazenagem onde estará o pedido realizado pelo cliente.

O **Robô Garçom** funciona de maneira autônoma e se locomove com o auxílio de rodas que estão acopladas em sua estrutura, dando liberdade de movimentação dentro do estabelecimento. Ocorrerá uma troca de informações entre o **Robô Garçom** e um *tablet* que estará posicionado na mesa, assim servindo como ponto de referência para a localização da mesa. O *tablet* servirá também ao cliente como meio para realização de pedidos e efetuar pagamentos.

Palavras-chaves: Robô Garçom, higiene, automação

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
2	TERMO DE ABERTURA DO PROJETO	13
2.1	Dados do projeto	13
2.2	Objetivos	13
2.3	Justificativa	14
3	EQUIPE DE TRABALHO	15
3.1	Ferramentas de Gerenciamento	16
3.2	Avaliação de desempenho de equipe	16
4	ANÁLISE DE MERCADO	17
4.1	Nome comercial e conceito para o produto	17
4.2	Mercado-alvo	17
4.2.1	Consumidor final	17
4.2.2	Cliente responsável pela comercialização	17
4.3	Concorrência	17
4.3.1	Concorrentes	17
4.3.2	Viabilidade técnica	19
5	REQUISITOS DO SISTEMA	21
5.1	Requisitos Gerais	21
5.2	Requisitos de Software	22
5.2.1	Problemática de automação	24
5.3	Requisitos de Automação	24
5.4	Requisitos de Estrutura	25
5.5	Legislação/Normas	26
5.6	Indicadores	28
6	PROJETO CONCEITUAL DO PRODUTO	29
6.1	Descrição funcional do produto	29
6.1.1	Atendimento ao cliente	29
6.1.2	Entrega de pedidos	29
6.2	Características gerais	30
6.3	Estrutura	30
6.3.1	Ferramentas da área	31
6.3.1.1	Matriz de decisão	31

6.3.1.2	Software de CAD	31
6.3.2	Compartimento de Carga	32
6.3.2.1	Dimensionamento do compartimento de carga	32
6.3.2.1.1	Estabelecimento de louças e produtos padrão	33
6.3.2.1.2	Garrafas	33
6.3.2.1.3	Pratos	33
6.3.2.1.4	Copos	34
6.3.2.1.5	Estudos de caso	34
6.3.2.1.6	Caso 1	34
6.3.2.1.7	Caso 2	35
6.3.2.1.8	Volume do compartimento de carga	35
6.3.2.1.9	Capacidade de carga	36
6.3.2.2	Sistema de retirada automática de carga	36
6.3.2.2.1	Sistema 1	36
6.3.2.2.2	Sistema 2	37
6.3.2.2.3	Sistema 3	37
6.3.2.2.4	Processo de decisão	38
6.3.2.3	Porta do Compartimento de Carga	39
6.3.2.3.1	Porta Flexível	39
6.3.2.3.2	Porta Rígida	39
6.3.2.3.3	Porta Elétrica	40
6.3.2.3.4	Estimativa de Custo	40
6.3.2.3.5	Tomada de Decisão	41
6.3.3	Sistema Eletromecânico	42
6.3.3.1	Análise do sistema de locomoção	42
6.3.3.1.1	Rodas	42
6.3.3.1.2	Decisão do componente de locomoção	43
6.3.4	Chassi	45
6.3.4.1	Material	45
6.3.4.2	Análise cinemática	45
6.3.4.2.1	Inclinação e superação de obstáculos	48
6.3.5	Carenagem	50
6.4	Automação	50
6.4.1	Sensoriamento e Controle	50
6.4.1.1	Sistema de controle do pedido	50
6.4.1.1.1	Processamento de dados do pedido	51
6.4.1.1.2	Recepção de dados do pedido	51
6.4.1.2	Sistema de controle do robô	51
6.4.1.2.1	Sistema de Sensoriamento	51

6.4.1.2.2	Sistema de Controle	52
6.4.2	Alimentação	52
6.4.2.1	Sistema de Carregamento	52
6.4.2.2	Sistema de Bateria	52
6.4.2.3	Sistema de Movimentação	52
6.4.3	Integração dos componentes	52
6.4.4	Tomada de decisão	53
6.4.4.1	Sensoriamento e controle	53
6.4.4.2	Alimentação	56
6.4.5	Estimativa de Consumo Energético	57
6.5	Descrição de <i>software</i>	57
6.5.1	Proposta de inovação	59
6.5.2	Metodologia	59
6.5.3	Repositório	60
6.5.4	Elicitação e priorização de requisitos	60
6.5.5	Visão de caso de uso	60
6.5.6	Arquitetura de Informação	63
6.5.6.1	Protótipo de baixa fidelidade	63
6.5.6.2	Protótipo de alta fidelidade	64
6.6	Análise SWOT	66
7	ORÇAMENTO DO PROJETO	67
7.1	Custos para automação	67
7.1.1	Sensoriamento e controle	69
7.1.2	Alimentação	69
7.2	Custos de Estrutura	70
7.2.1	Componentes Estáticos	71
7.2.2	Componentes Móveis	72
7.2.3	Estimativa de Custo	72
7.3	Custos de Software	73
7.4	Orçamento geral	76
8	GERENCIAMENTO DE RISCOS	77
8.1	Levantamento de riscos	77
8.2	Plano de contingências	82
9	CRONOGRAMA DO PROJETO	85
9.1	Atividades de Automação	89
9.2	Atividades de Estruturas	90
9.3	Atividades de Software	91

REFERÊNCIAS	93
APÊNDICE A – EAP	95
APÊNDICE B – ESTIMATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO . .	96

Lista de ilustrações

Figura 1 – Estrutura Hierárquica.	13
Figura 2 – Visão geral do funcionamento do produto.	30
Figura 3 – Dimensões (em milímetros) comumente encontradas em uma garrafa de vinho standard 750 mL.	33
Figura 4 – Esboço sistema 1	37
Figura 5 – Tampa Flexível.	40
Figura 6 – Tampa Rígida.	40
Figura 7 – Tampa Elétrica.	41
Figura 8 – Roda rígida de plástico.	42
Figura 9 – Roda omnidirecional de plástico.	43
Figura 10 – Roda omnidirecional de plástico com banda de rodagem de borracha. . . .	43
Figura 11 – Omniwheel.	44
Figura 12 – Diagrama de corpo livre de uma garrafa Fonte: Autores.	46
Figura 13 – Diagrama de corpo livre do robô.	47
Figura 14 – Variação de CG devido a obstáculo Fonte: Autores	49
Figura 15 – Integração de arquiteturas.	53
Figura 16 – Diagrama de blocos.	58
Figura 17 – NFR referente a usabilidade.	61
Figura 18 – Diagrama de casos de uso do sistema.	62
Figura 19 – Protótipo de baixa fidelidade.	64
Figura 20 – Protótipo de Alta fidelidade.	65
Figura 21 – Análise SWOT	66
Figura 22 – Estrutura Analítica de Riscos (EAR). Fonte: Autores.	78
Figura 23 – Cronograma descritivo para atividades específicas da automação.	89
Figura 24 – Cronograma da automação.	90
Figura 25 – Estrutura analítica do projeto.	95

Lista de tabelas

Tabela 1 – Composição da equipe.	15
Tabela 2 – Ferramentas de gerenciamento da equipe	16
Tabela 3 – Lista de concorrentes.	18
Tabela 4 – Requisitos Gerais - Funcionais	21
Tabela 5 – Requisitos Gerais - Não-Funcionais	21
Tabela 6 – Lista É/Não é	22
Tabela 7 – Legislação e Normas relativas a contato com alimentos	27
Tabela 8 – Normas e leis que tangem robótica.	27
Tabela 9 – Legislação e Normas ISO para produtos de software.	27
Tabela 10 – Matriz de decisão de Software CAD	32
Tabela 11 – Tabela matriz de decisão	39
Tabela 12 – Tabela Estimativa de Custo	41
Tabela 13 – Matriz de decisão da porta automática	41
Tabela 14 – Matriz de decisão das rodas auxiliares	44
Tabela 15 – Propriedades mecânicas dos metais considerados	45
Tabela 16 – Matriz de decisão para o sistema de localização do robô.	54
Tabela 17 – Parâmetros técnicos para a escolha do controlador.	55
Tabela 18 – Matriz de decisão para o controlador do robô.	56
Tabela 19 – Matriz de decisão sobre sistema de carregamento	57
Tabela 20 – Objetivos de Negócio	58
Tabela 21 – Objetivos de Produto	58
Tabela 22 – Casos de Uso	61
Tabela 23 – Tabela de custos para automação.	67
Tabela 24 – Preços dos componentes para Sensoriamento e controle.	69
Tabela 25 – Preços dos componentes para Alimentação.	70
Tabela 26 – Tabela de Componentes Estimadas	71
Tabela 27 – Custos Preliminares dos Componentes Estáticos	72
Tabela 28 – Custos Preliminares dos Componentes Móveis	72
Tabela 29 – Estimativa Total dos Custos	73
Tabela 30 – Custos de horas.	74
Tabela 31 – Custos de software.	75
Tabela 32 – Orçamento geral.	76
Tabela 33 – Riscos técnicos	79
Tabela 34 – Riscos de gerenciamento	80
Tabela 35 – Riscos comerciais	80
Tabela 36 – Riscos externos	81

Tabela 37 – Medidas de contingência	82
Tabela 38 – Cronograma geral.	85
Tabela 39 – Cronograma de atividades.	85
Tabela 40 – Atividades de Estruturas	90
Tabela 41 – Atividades de Software	91
Tabela 42 – Estimativa de consumo energético.	96
Tabela 43 – Avaliação de desempenho da equipe.	97

1 Introdução

Interação, definida como ação recíproca entre usuário e equipamento (Michaelis, 1998). A automação por outra vista, apresenta exatamente o equipamento tomar a sua decisão e definir os melhores caminhos para realizar um serviço ou trabalho. Um exemplo está na navegação autônoma, da qual deve-se realizar um tratamento e leitura a cada necessidade (FIGUEIREDO, 1999).

Embora filmes desenvolvam um robô como uma máquina capaz de movimentar, decidir, pensar, e em até alguns estágios mais avançados, sentir, a robótica traz como uma máquina capaz de realizar percepções do mundo físico por meio de dispositivos controlados por um computador (PEREIRA, 2013).

Os robôs podem ser classificados de acordo com sua anatomia, funcionalidade e tipos de controle. Em sua anatomia, ele pode ser dividido entre aquáticos, aéreos terrestres (CORTELLETTI, 2006).

Quanto as suas funcionalidades podem ser: pessoais, de serviço, de campos ou industriais, dos quais os pessoais interagem com pessoas na forma de entretenimento ou ajuda doméstica. De serviço, são responsáveis por realizar tarefas em ambientes internos ou externos, dos quais estes necessitam processar informações e atuar em alguns momentos. O robô de campo tem a sua finalidade no trabalho em ambientes pouco conhecidos ou de acesso/risco para o homem, como robôs de limpezas de acidentes químicos ou de desarme de bombas. Os robôs industriais por outro ângulo são aqueles em que apresentam uma precisão e realizam um trabalho repetitivo, porém com baixo custo de planejamento (PSCHEIDT, 2007).

Por fim temos a classificação por tipos de controles: tele-operados, aqueles que são operados por humanos a distância; semi-autônomos são operados e realizam alguns procedimentos sozinhos; e autônomos aqueles programados para realizar tarefas sozinho (LORA; HEMERLY; LAGES, 1998).

Atrelado às tecnologias descritas, o ser humano apresenta a cada passo de seu progresso como sociedade, uma exigência maior quanto ao atendimento, de maneira em que a solicitação de um serviço necessita ser rápido, pois o seu tempo é pouco para realizar aquela atividade, e preciso, de maneira em que não gere mais problemas dos quais ele já precise resolver (COSTA; SANTANA; TRIGO, 2015).

Atualmente atrair o cliente para uma escolha de produtos e preços é uma tarefa difícil (KOTLER PHILIP E ARMSTRONG, 2003).

São com estas premissas que foi pensado o **Robô Garçom**. Uma máquina capaz de

atrair o cliente, e realizar um serviço de forma autônoma, higiênica, eficaz, eficiente e veloz. Para explicar o funcionamento e o que de verdade é este robô autônomo, este relatório técnico apresenta:

- Um termo de abertura, onde são apresentadas as justificativas e objetivos do trabalho;
- A equipe de trabalho, que irá realizar este projeto;
- Uma análise de mercado, de maneira a apresentar os concorrentes e o que o nosso produto traz de diferente;
- Os requisitos necessários para o projeto;
- Um descritivo do produto de maneira a englobar todas as áreas integradas do projeto, e suas decisões iniciais;
- Estipulação do orçamento a ser adotado no projeto;
- Gerenciamento de riscos;
- e por fim, o cronograma do projeto por área.

2 Termo de Abertura do Projeto

2.1 Dados do projeto

Nome do Projeto: Robô Garçom

Data de abertura: 30/07/2021

Código: 21-RG

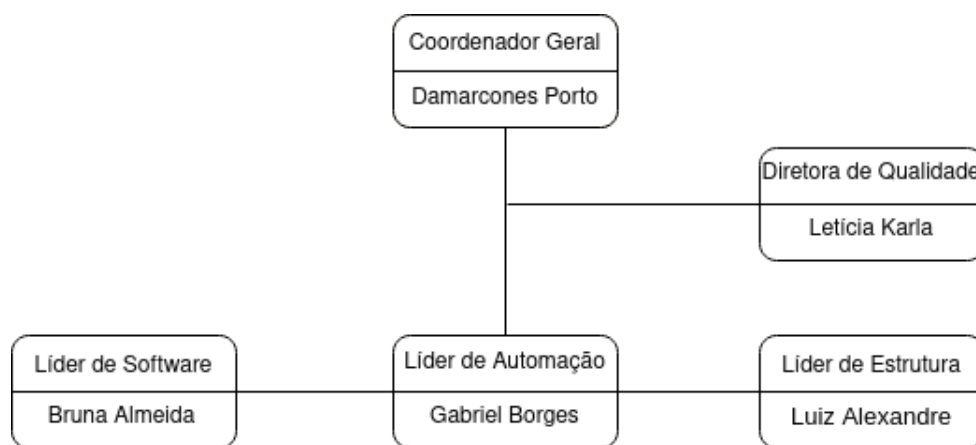
Patrocinador: Universidade de Brasília

Coordenador geral: Damarcones Porto/150122187 / (61)99619-6160/ damarcones@gmail.com

Diretora de Qualidade: Leticia /150135939/ leticiards.04@gmail.com/ (61)98121-9815

Líder da Automação: Gabriel /13/0142069/ gabriel.pinheiro@aluno.unb.br/(61)98540-9270

Figura 1 – Estrutura Hierárquica.



Fonte: Autores.

2.2 Objetivos

O projeto **Robô Garçom** visa automatizar o atendimento aos clientes de restaurantes que buscam uma diminuição no contato humano para a realização de sua refeição, do momento de efetuar o pedido até recebe-lo na mesa. A utilização do Robô Garçom oferece uma proteção a mais à refeição dos clientes, diminuindo o número de pessoas a manipular os pratos, gerando um aumento na higiene dos alimentos. Dessa maneira, o restaurante tem a oportunidade de manejar funcionários para outras funções tirando uma sobrecarga individual de trabalho e possivelmente uma melhora como um todo no ambiente de trabalho, o **Robô Garçom** possibilita alternativas para o atendimento ao cliente.

2.3 Justificativa

A partir do primeiro semestre de 2020, a pandemia do vírus Sars-Cov-2, causador da doença COVID-19, modificou a rotina dos mais diversos tipos de estabelecimentos comerciais, dentre eles os restaurantes, que a partir de decretos de *lockdown*, sofreram grandes perdas por terem que cessar suas atividades por um tempo. Já a partir da flexibilização das medidas de saúde e, por consequência, da reabertura das atividades comerciais, viu-se necessário o estabelecimento de novas regras de atendimento ao público.

Com os diversos decretos de segurança à saúde pública, restaurantes tiveram que alterar suas rotinas, incluindo a proibição de consumo de alimentos dentro do estabelecimento. Com o decorrer do tempo, o cenário pandêmico começou a se estabilizar, gerando a oportunidade de volta às atividades rotineiras, mas com precauções a serem tomadas.

O restaurante que deseja diminuir o número de pessoas circulando no ambiente de alimentação, poderá usar o **Robô Garçom** para esse meio, que pode garantir uma redução na possibilidade de transmissão de vírus e bactérias aos alimentos, garantindo uma proteção mais efetiva à refeição do cliente, pois estará resguardada, durante o transporte à mesa, no interior do **Robô Garçom**.

O ato de automatizar o atendimento, ou parte dele, serve como propaganda para os restaurantes, demonstrando aos clientes preocupação em se adequar às necessidades atuais e futuras. A automação do **Robô Garçom** mostra-se um diferencial de atendimento, pois gera mais conforto ao cliente, que não precisará chamar por um garçom - ficar com a mão levantada ou ter que gritar o "faz o favor!- e poderá fazer seu pedido com mais calma. Além disso, os funcionários do restaurante que atuam como garçons podem ser remanejados para outras funções do estabelecimento.

O pagamento também será realizado de forma automatizada, tirando a necessidade do cliente enfrentar filas no caixa logo após terminar sua refeição, gerando conforto ao cliente e melhorando a satisfação quanto ao atendimento. Essas vantagens podem ser um ótimo atrativo para os restaurantes, aumentando a possibilidade de o cliente retornar ao estabelecimento, tornando-o um freguês frequente do local.

3 Equipe de Trabalho

Para a concepção do projeto, os membros do grupo foram alocados de acordo com as subdivisões descritas anteriormente. Em termos hierárquicos, em ordem decrescente, pode-se ressaltar o Coordenador Geral, a Diretora de Qualidade, os Líderes de divisão (Automação, Estrutura e Software) e os Desenvolvedores das respectivas divisões.

Tabela 1 – Composição da equipe.

Nome	Matrícula	Curso	Telefone	E-mail	Atribuições
Ana Paula Lopes	15/0005342	Eng. Aeroespacial	(61)99218-9310	lopesgoncalves97@gmail.com	Desenvolvedor de estrutura
Bruna Almeida	17/0100626	Eng. de Software	(61) 99436-4745	brunaalmeida48@gmail.com	<i>Líder de Software</i>
Damarcones Porto	15/0122187	Eng. de Software	(61) 99619-6160	damarcones@gmail.com	<i>Coordenador Geral, Software</i>
Diogo Correia	15/0058641	Eng. Eletrônica	(61) 98487-5708	diogo.cs121@gmail.com	<i>Desenvolvedor de Automação</i>
Gabriel Borges	13/014206	Eng. Eletrônica	(61)98540-9270	gabriel.pinheiro@aluno.unb.br	<i>Líder de Automação</i>
Hebert Max	19/0046180	Eng. de Energia	(61)99907-1616	190046180@aluno.unb.br	<i>Desenvolvedor de Automação</i>
Isaac Moura	17/0059171	Eng. Aeroespacial			<i>Desenvolvedor de Estrutura</i>
Isabella Feitosa	16/0152437	Eng. Aeroespacial	(61) 99204-0202	isabellapolicema@gmail.com	<i>Desenvolvedor de Estrutura</i>
João Paulo Porto	11/0062167	Eng. de Energia	(62) 98268-6804	joaopaulofga@gmail.com	<i>Desenvolvedor de Automação</i>
Letícia Karla	15/0135939	Eng. de Software	(61) 98121-9815	leticiards.04@gmail.com	<i>Gerente de Qualidade, Software</i>
Letícia Ribeiro	16/0131995	Eng. Eletrônica	(61) 98183-8996	leticia.rmacedolm@gmail.com	<i>Desenvolvedor de eletrônica</i>
Lucas Pereira	17/0016951	Eng. Automotiva	(61) 98622-8097	170016951@aluno.unb.br	<i>Desenvolvedor de estrutura</i>
Luiz Alexandre	15/0041390	Eng. Aeroespacial		luiz.alexandre@aluno.unb.br	<i>Líder de Estrutura</i>
Normando Perazzo	16/0016258	Eng. de Energia	(61)98338-9832	normandosouto@gmail.com	<i>Desenvolvedor de Automação</i>
Samuel Borges	16/0054389	Eng. de Software		160054389@aluno.unb.br	<i>Desenvolvedor de Software</i>

3.1 Ferramentas de Gerenciamento

Para facilitar questões relacionadas à comunicação, integração de documentos, algumas ferramentas foram selecionadas para uso comum de toda a equipe. A tabela 2 descreve quais são tais ferramentas e seus objetivos de uso.

Tabela 2 – Ferramentas de gerenciamento da equipe

Ferramenta	Objetivo de uso
Telegram	Ser o principal canal de comunicação rápida entre integrantes da equipe, além de ser canal informativo dos professores com a turma.
Trello	Auxiliar no gerenciamento de tarefas de equipe, com foco nos agendamentos de reuniões e atividades para os líderes do grupo.
Google Drive	Ponto de armazenamento colaborativo de artefatos de todos os núcleos, gerando um acesso mais rápido.
Microsoft Teams	Canal para realização das reuniões gerais da equipe, bem como das específicas de cada núcleo.
Overleaf	editor LaTeX colaborativo do relatório final para a disciplina.

3.2 Avaliação de desempenho de equipe

Ao final de cada ponto de controle, é realizada uma avaliação interna do grupo até o dia da entrega do relatório. Cada integrante avalia o desempenho de seus colegas de equipe, quanto à motivação, comunicação, entre outros, e ao final é calculada uma média simples para obter o resultado definitivo da avaliação.

A tabela de avaliação de desempenho da equipe está disponível para visualização no Apêndice C.

4 Análise de mercado

4.1 Nome comercial e conceito para o produto

O nome comercial do produto será robô garçom LTDA., tendo como nome fantasia **Robô Garçom**.

O objetivo do produto é fornecer um atendimento diferenciado aos clientes que buscam autonomia e segurança na hora de realizar seus pedidos.

4.2 Mercado-alvo

4.2.1 Consumidor final

O produto será voltado para restaurantes que tem o interesse de automatizar parte ou até mesmo todo seu atendimento ao cliente. Além da automatização do atendimento, o **Robô Garçom** fornecerá uma barreira protetora aos pratos solicitados pelo cliente, já que estará equipado com um compartimento fechado onde estará o pedido, evitando assim a exposição ao ambiente durante o trajeto da cozinha à mesa.

O **Robô Garçom** necessita de um espaçamento de no mínimo 75cm para total locomoção, para que sejam evitados possíveis acidentes por transitar em locais estreitos. O **Robô Garçom** poderá ser utilizado por estabelecimentos que possuam pisos planos e sem desnível no salão onde serão servidas as refeições.

4.2.2 Cliente responsável pela comercialização

A comercialização será de inteira responsabilidade da equipe de desenvolvimento, não sendo necessária a intervenção de empresas distribuidoras. Todas as unidades do produto serão negociadas diretamente com estabelecimentos interessados que atendam os requisitos do produto.

4.3 Concorrência

4.3.1 Concorrentes

Analisando o cenário comercial, vemos que a concorrência do Robô Garçom é formada por empresas internacionais que desenvolvem robôs de serviço. Os produtos concorrentes estão melhor detalhados na Tabela 3.

Tabela 3 – Lista de concorrentes.

Nome	Preço	Informações
Csjbot	US\$7000	<ul style="list-style-type: none"> Bateria de 20Ah, peso 56Kg, altura 1,50m, duração bateria 12h, tempo de carregamento:10h, estação de carregamento. Sensores: infravermelho, lidar e ultrassônico. <p>(CSJBOT,)</p>
Keenon	Não informado	<ul style="list-style-type: none"> Altura 1,2m, peso 67Kg. Tempo de carregamento 4h. Lidar, visão de mecânica, percepção de profundidade, sensor infravermelho, sensor de toque, reconhecimento de voz e inteligência artificial. <p>(KEENON,)</p>
Amy waitress	Não informado	<ul style="list-style-type: none"> Altura 1,5m, interação por fala,navegação sem trilhas e desviando de obstáculos. Faz pedidos direto no robô, pagamento online. <p>(AMY...,)</p>
Bellabot	Não informado	<ul style="list-style-type: none"> Altura 1.29m, peso 57Kg. Tempo de carregamento 4,5h, duração da bateria de 12h a 24h. Câmera de profundidade RGBD para percepção tridimensional, módulo de voz por inteligência artificial, posicionamento a laser. <p>(BELLABOT,)</p>

Servi	Não informado	<ul style="list-style-type: none"> • Altura 1,04m, peso 34kg. • Duração da bateria de 8h a 12h. • Câmera sensores a laser, mapeamento do ambiente de trabalho. <p>(SERVI,)</p>
OriHime-D	Não informado	<ul style="list-style-type: none"> • Altura 1,2m; • Câmera, microfone, alto-falante, operado pela internet. • Move para frente, trás e gira, a parte superior tem 14 juntas motoras capazes de realizar diversos movimentos. • Software V-Sido para operar o robô. <p>(ORIHIME-D,)</p>

Encontram-se alguns robôs no mercado como o (CSJBOT,) com custo explicitado, (KEENON,) que oferece diferentes modelos de robôs, (AMY...,), (BELLABOT,) e (SERVI,) em cada um deles utiliza diferentes modelos de solução tecnológica.

4.3.2 Viabilidade técnica

Do ponto de vista da automação a construção do **Robô Garçom** é viável apesar do cronograma apertado com entrega final prevista para o dia 29 de outubro de 2021.

Tomando por base o valor do (CSJBOT,) e considerando que os outros modelos tenham valores semelhantes, o **Robô Garçom** desenvolvido neste projeto tem um custo de desenvolvimento mais baixo do que os concorrentes pois utiliza uma solução mais simples e sensores mais básicos(que apresentam bom funcionamento).

Os desafios na implementação do **Robô Garçom** estão em desenvolver o produto por completo em apenas 3 meses, não há tempo hábil para a elaboração de testes massivos em componentes, estrutura e funcionamento.

O **Robô Garçom** está na frente dos seus concorrentes, por ser um produto que tem mais a oferecer em uma relação custo-benefício em comparação aos seus concorrentes, já

que é um produto nacional, tem um valor final de venda mais baixo justamente por ser um robô mais simples do que os concorrentes.

Outra vantagem acerca do projeto **Robô Garçom** é a implementação de um software de gerenciamento de pedidos do restaurante, que integra ao robô o sistema de pedidos e a cozinha. Juntamente com um algoritmo para maximizar seu desempenho durante a locomoção.

5 Requisitos do sistema

5.1 Requisitos Gerais

Os requisitos gerais do projeto foram levantados a partir da compreensão do projeto e o entendimento do grupo sobre os objetivos a serem atendidos, juntamente com uma lista "É/não é".

Tabela 4 – Requisitos Gerais - Funcionais

ID	Descrição
RF001	Identificar ID da mesa
RF002	Compartimento de carga higiênico
RF003	Levar carga entre dois pontos
RF004	Autonomia da bateria
RF005	Facilidade na recarga de energia com o menor contato humano possível
RF006	Capacidade de aguentar as cargas submetidas aos motores
RF007	Identificação de obstáculos

Tabela 5 – Requisitos Gerais - Não-Funcionais

ID	Descrição
RNF001	Prover segurança para pagamento
RNF002	Guiar robô até a mesa
RNF003	Prover segurança para pagamento
RNF004	Atender normas de segurança alimentar
RNF005	Cliente não deve tirar o pedido de dentro de um buraco
RNF006	Esteticamente agradável
RNF007	Tempo de viagem menor ou igual ao de um garçom humano
RNF008	Transportar comidas quentes ou geladas
RNF009	Entregar o pedido em altura confortável para clientes sentados à mesa
RNF010	Fácil instalação da base de carregamento
RNF011	Fácil troca de componentes danificados

Serão detalhados os requisitos específicos para cada área do projeto, como definido na TAP. Cada área citada será detalhada no capítulo 6.

Tabela 6 – Lista É/Não é

É	Não é
Um equipamento para transporte e armazenamento de comida dentro de um restaurante.	Um equipamento para transporte e armazenamento de comida na rua.
Um equipamento que receberá pedidos por meio da troca de informações com um tablet utilizado pelos clientes.	Um equipamento que receberá pedidos dos clientes por comando de voz.
Um equipamento que se posiciona na base de carregamento da bateria.	Um equipamento que necessita da conexão de cabos para carregamento da bateria.

5.2 Requisitos de Software

Os requisitos do sistema de software foram levantados através de duas técnicas: Brainstorming e introspecção. A técnica de brainstorming - tempestade de ideias - consiste em uma dinâmica em grupo, onde há troca de ideias, para unir informação e estimular o pensamento criativo para resolução de problemas. Durante a dinâmica, todos os integrantes da equipe expuseram sua visão do sistema e o que seria crucial para o software.

Posteriormente, foi aplicada a técnica de introspecção, que se baseia em imaginar que tipo de sistema eu iria querer se fosse utilizar o sistema em questão. Foi pedido que cada integrante, individualmente, se imaginasse como usuário do sistema para o **Robô Garçom**, e que listasse os requisitos achasse essenciais e viáveis para o software.

Através das duas técnicas de elicitação empregadas, foram levantados os seguintes requisitos funcionais e não funcionais do sistema de software.

Funcionais

- O usuário poderá acessar o aplicativo sem ter login.
- O usuário poderá visualizar o cardápio do restaurante.
- O usuário poderá visualizar detalhes sobre um item do menu.
- O usuário poderá adicionar um item do menu no carrinho do seu pedido
- O sistema deverá ser capaz de mostrar a lista de itens que o usuário adicionou ao seu pedido.
- O usuário poderá adicionar observações ao pedido.
- O usuário poderá adicionar ingredientes extras a um item do seu pedido.
- O usuário poderá excluir um item no carrinho do seu pedido.

- O sistema deverá mostrar o valor total do pedido.
- O aplicativo deverá disponibilizar um espaço para o usuário digitar códigos de promoção.
- O sistema deverá mostrar o tempo previsto de espera para o pedido.
- O usuário poderá cancelar o pedido antes do pagamento.
- O aplicativo deverá mostrar as formas de pagamento disponíveis.
- O usuário poderá escolher a forma de pagamento do pedido.
- O sistema deverá processar o pagamento feito pelo usuário.
- O aplicativo deve permitir fechar pedidos seguidos.
- O aplicativo deve enviar o comprovante de pagamento para o usuário.

Não-Funcionais

- O sistema deve ter segurança para os pagamento via cartão.
- O sistema deve ter segurança para os dados dos clientes.
- A API deve ser feita via microserviços.
- O aplicativo deve se comunicar com o Robô Garçom.
- O aplicativo deve se conectar à internet.
- O aplicativo deve ser aprovado em testes.
- O usuário poderá navegar pelos menus.
- O App deverá ser compatível com normas de acessibilidade e compatibilidade, com solução/assistência/ajuda para debilidades.
- O App deverá estar de acordo com a LGPD e melhores práticas de segurança.
- O sistema deverá ser capaz de receber pagamentos através dos serviços Mercado Pago e Pix.

5.2.1 Problemática de automação

A problemática do ponto de vista da automação está em propor uma solução que atenda aos requisitos de forma a construir um robô eficiente, que garanta a integridade dos alimentos transportados por ele, a segurança dos clientes presentes no restaurante, esses requisitos podem ser cumpridos utilizando diferentes tipos de sensores.

O **Robô Garçom** traz em si desafios para a automação pois apesar de existirem algumas opções disponíveis no mercado há diferentes formas possíveis de implementação, como por exemplo robôs seguidores de linha, robôs que utilizam inteligência artificial e machine learning.

A solução proposta para o **Robô Garçom** é baseada em rastreamento de posicionamento local (HASSAN et al., 2018) e busca a integração de diferentes sensores como o de obstáculo (sensor reflexivo infravermelho), célula de carga para detecção dos pratos em cima da bandeja com base no peso deles, acelerômetro para inclinação do robô, ainda está em discussão a utilização de inteligência artificial para o mapeamento do restaurante.

5.3 Requisitos de Automação

Será necessária a utilização de motores elétricos para as rodas, para a tampa e para os atuadores do robô, responsáveis pelas atividades básicas de movimentação previstas no projeto. Tais motores serão ligados por um sistema de baterias após a transformação de corrente alternada para corrente contínua no carregamento. E a alimentação prevista é por indução, forma que possibilita uma menor interação homem-máquina.

Sensores de rastreamento serão utilizados para que o sistema consiga identificar os pontos de entrega, e outros sensores serão empregados para garantir que o robô se movimente sem esbarrar em obstáculos e cair. Também serão utilizados outros componentes para coleta e processamento de dados.

Quanto ao controlador do robô, é preciso que este seja capaz de armazenar todo o firmware do robô, além de serem necessários circuitos de interface entre os sensores e o controlador e circuitos para o acionamento dos motores. É preciso também que o controlador tenha conexão com o WI-FI para comunicação com o computador central, recebendo informações acerca do pedido e da mesa.

Funcionais

- Pontos de energia nas mesas, para carregamento do tablet.
- Autonomia da bateria.
- Facilidade na recarga de energia com o menor contato humano possível.

- Capacidade de aguentar as cargas submetidas aos motores (estrutura + pratos de entrega).
- Identificação de obstáculos.
- Sensores devem ter boa imunidade a ruídos.
- Tablets e o robô devem ter acesso à wi-fi.

Não-Funcionais

- Fácil instalação da base de carregamento.
- Fácil troca de componentes danificados.

5.4 Requisitos de Estrutura

Os requisitos de Estrutura foram levantados em vista dos requisitos gerais do projeto (tabelas 4 e 5), sob a ótica da estrutura física que sustentará o **Robô Garçom** e os subsistemas acoplados a ele. Como partes da estrutura entram em contato com os pedidos de comida preparada, deve haver cuidado especial com a higiene dessas partes. Além disso, como o robô interage com clientes do restaurante, sua apresentação é importante e seu serviço deve apresentar o mínimo de erros possível. Com esses pontos em mente, a equipe levantou os seguintes requisitos específicos:

Funcionais

- Levar carga entre dois pontos.
- Compartimento de carga higiênico.
- Compartimento de carga capaz de levar pedidos típicos de um restaurante.
- Poder passar por espaços onde um ser humano pode passar.
- Não tombar sob funcionamento normal.
- Compartimento de carga higienizável.
- Sustentar a carga assim como os compartimentos internos.

Não-Funcionais

- Deve atender normas de higiene e segurança alimentar.
- Deve transportar copos sem derramar.
- Deve ser esteticamente agradável.
- Cliente não deve ter contato com o compartimento de carga.
- Deve transportar comidas quentes ou geladas.
- Deve entregar o pedido em altura confortável para clientes sentados à mesa.
- Deve desmontar facilmente e sem ferramentas especiais.
- Compartimento de carga deve ser removível.
- Deve manter temperatura dos pedidos transportados.
- Deve haver controle de condensação para não molhar as comidas.
- Não pode cair com impactos externos.
- Deve ser capaz de superar pequenos desníveis no piso.

5.5 Legislação/Normas

As normas e leis que tangem o **Robô Garçom**, descritas no quadro a seguir, mostra falta de regulamentação e descrição em normas do processo de construção deste tipo de produto, a maioria das leis e normas encontradas referem-se a produtos eletrônicos e instalações elétricas gerais.

O componente legal específico para o produto é o projeto de lei 240/2020 que ainda está em processo de construção, cujo apensou outros três projetos análogos e está em fase de aprovação de parecer das comissões de justiça, trabalho e a de ciência e tecnologia, para em seguida ser votado em plenário.

Tabela 7 – Legislação e Normas relativas a contato com alimentos

Legislação/Norma	Descrição
Resolução 91/2001	Regulamento Técnico - Critérios Gerais e Classificação de Materiais para Embalagens e Equipamentos em Contato com Alimentos
Resolução 216/2004	Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação.
Resolução 20/2007	Regulamento Técnico sobre Disposições para Embalagens, Revestimentos, Utensílios, Tampas e Equipamentos Metálicos em Contato com Alimentos

Tabela 8 – Normas e leis que tangem robótica.

Legislação/Norma	Descrição
NBR ISO 14621-1:2013	Sistemas espaciais - Componentes elétricos, eletrônicos e eletromecânicos.
NBR 5410:2004	Instalações elétricas de baixa tensão.
IPC-A-610	Padrões de aceitabilidade mundial de montagem de produtos eletrônicos.
Projeto de lei 240/2020*	Estabelece princípios, direitos e deveres para o uso de inteligência artificial no Brasil, e dá outras providências.

*Legenda: * Em processo de votação.*

Tabela 9 – Legislação e Normas ISO para produtos de software.

Legislação/Norma	Descrição
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados, Lei nº 13.709/2018. Legislação brasileira que regula as atividades de tratamento de dados pessoais.
ISO/IEC 25010:2011	Norma ISO para qualidade de produto de software, Substituiu a norma ISO/IEC 9126, da qual adicionou às características principais "segurança" e "compatibilidade".
ISO/IEC 25000:2014	Norma ISO com o objetivo de criar uma estrutura para a avaliação da qualidade de produtos de software.
ISO 27001	Norma internacional para segurança de informação.

Fonte: Autores.

5.6 Indicadores

- De acordo com o AppsFlyer, 60 por cento da população adulta brasileira possui um Smartphone e, desse grupo, 75 por cento das pessoas fazem ou já fizeram compras por aplicativo.
- De acordo com o IBGE, 75,4 por cento das pessoas que não usam aplicativos alegam não saber usar ou falta de interesse.
- De acordo com a empresa de delivery IFood, a facilidade de usar um aplicativo de comida, os levou para um pico de mais de 100 milhões de pedidos.
- De acordo com a empresa de delivery IFood, as refeições mais pedidas são: Hambúrguer, Esfirra, Carne, Sanduíche, Wrap, Sushi e Sashimi.
- De acordo com a empresa de robôs Service Robots os robôs de serviço aumentam as vendas, fazem a empresa se destacar e melhorar o marketing da empresa. ([AMY...](#),)
- Pesquisa realizada pela empresa de plataformas tecnológicas Schalter indica que um totem consegue atender até quatro vezes mais clientes que um caixa comum. ([CONSUMO](#), 2018)
- O tamanho do mercado global de sensores foi avaliado em \$166,69 bilhões em 2019 e está projetado para chegar a \$ 345,77 bilhões em 2028, para registrar um CAGR de 8,9% de 2021 a 2028. ([RESEARCH](#), 2021)
- Segundo estudo de hábitos alimentares, os brasileiros estão entre os que mais gastam com fast food, atrás apenas dos Estados Unidos, Japão e China. ([EAE business school](#), 2014)

6 Projeto Conceitual do Produto

6.1 Descrição funcional do produto

Descrição das funcionalidades do produto em síntese:

6.1.1 Atendimento ao cliente

No salão do estabelecimento, para cada mesa haverá um tablet. Esse dispositivo é responsável por exibir um aplicativo que deverá mostrar o cardápio aos clientes e recolher seus pedidos.

Estes serão enviados para o computador central do restaurante. Também será feito o pagamento do pedido pelo aplicativo.

A figura 2 ilustra o funcionamento geral do sistema implementado.

6.1.2 Entrega de pedidos

Com os alimentos de tal pedido prontos, o funcionário deverá inseri-los dentro do compartimento do **Robô Garçom**.

A partir daí, será dado o comando de entrega para a mesa do pedido, informação essa dada pelo computador central. O robô receberá o ID de rastreamento da localização da mesa destino através do sistema central, localizado na cozinha.

Ao chegar no destino, seu compartimento é aberto e a comida é servida aos clientes. Após a balança interna do compartimento detectar que está vazia, o robô voltará à copa/cozinha. Ele fará quantas voltas forem necessárias para servir todos os pedidos.

proteger os elementos que compõem todo o sistema eletrônico do robô.

De acordo com os requisitos gerais e específicos delineados no [Capítulo 5](#), as entregas de estruturas foram divididas em 4 subáreas:

- Compartimento de carga, a parte do robô na qual o pedido é transportado;
- Sistema eletromecânico, que abriga motores, baterias, rodas e os controladores do robô
- Chassi, a estrutura física que sustenta o robô e à qual são acopladas as outras estruturas;
- Carenagem, a parte externa e visível do robô, que protege e esconde o interior;

6.3.1 Ferramentas da área

Além das ferramentas gerais utilizadas no projeto, a equipe de estrutura empregou uma série de ferramentas próprias para a execução do projeto, buscando suprir as necessidades específicas da área. Em particular, é importante notar o método de tomada de decisões, assim como o software de CAD (*Computer Assisted Design*).

6.3.1.1 Matriz de decisão

As técnicas de tomada de decisão que podem ser usadas para escolha de determinado modelo no projeto incluem, não sendo limitadas a, análise de decisão envolvendo diversos parâmetros. A análise de uma decisão envolvendo múltiplos critérios usa uma matriz de decisão para fornecer uma abordagem sistemática para estabelecer os principais critérios de decisão, avaliando e classificando alternativas para selecionar uma opção preferencial. [\(PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2017\)](#)

Em outras palavras, o objetivo da matriz de decisão é implementar o procedimento acima esboçado e comparar fatores em comum entre as três configurações, a fim de tornar a tomada de decisão mais fácil e visual. Ao avaliar o resultado entregue pela matriz de decisão, a tampa flexível, apesar de apresentar um mecanismo menos robusto, apresenta maior praticidade quanto ao funcionamento e higiene, além de ter o menor custo de fabricação, sendo esta a escolha durante a tomada de decisão.

6.3.1.2 Software de CAD

Os membros da equipe sugeriram 3 softwares de CAD com os quais já tinham experiência e foi montada uma matriz de decisão ([Tabela 10](#)) para decidir qual utilizar.

Aqui, os fatores de decisão foram:

Tabela 10 – Matriz de decisão de Software CAD

	Peso	Fusion 360	CATIA v5	Onshape
Colaboração	2	4	1	4
Versionamento	4	3	1	5
Licença	5	4	1	3
Experiência da equipe	2	2	4	1
Total		44	19	45

- **Colaboração:** Capacidades de colaboração entre múltiplos editores na edição de um arquivo. Inclui funções como gerenciamento do projeto em nuvem. Como o projeto será desenvolvido por 5 pessoas, essa função é importante, mas é improvável haja modificações de muitas pessoas em cada arquivo, portanto foi dado o peso 2;
- **Versionamento:** Capacidade de controlar, acompanhar e comparar versões. Como nosso projeto terá mudanças velozes e a documentação do desenvolvimento do projeto é importante, esse fator foi considerado de grande importância e dado peso 4;
- **Licença:** A licença de utilização do software. Aqui foi considerado o preço e funcionalidade da licença de cada software.
- **Experiência da Equipe:** Esse fator avalia a experiência prévia dos membros da equipe em relação com o software. A experiência com cada software é um fator importante para a escolha. Entretanto, todos os softwares tinham ao menos um membro com bastante experiência e a usabilidade é muito similar, incluindo capacidade de adaptar os controles para o padrão do software da sua preferência. Portanto, o peso dado foi 2.

Conforme pode ser visto pelo método de matriz de decisão, o software Fusion 360 e o software Onshape têm valor muito próximo. Entretanto, a equipe levou em consideração que o Fusion 360 tem funcionalidade offline, enquanto o Onshape não tem e, portanto, escolheu por utilizar o Fusion 360.

6.3.2 Compartimento de Carga

6.3.2.1 Dimensionamento do compartimento de carga

O dimensionamento do compartimento de carga possui como objetivo, a otimização do espaço interno para acomodar de maneira adequada os pedidos feitos pelos clientes. Além disso, se faz necessária uma padronização das louças e produtos que podem vir a ser colocados no compartimento.

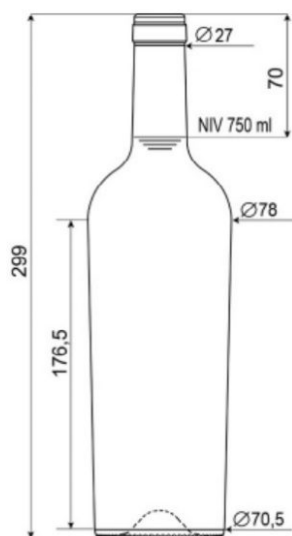
6.3.2.1.1 Estabelecimento de louças e produtos padrão

Inicialmente, para dimensionar o compartimento de carga, algumas louças e produtos padrão foram estabelecidos para que possam servir como base e limite para o carregamento no **Robô Garçom**.

6.3.2.1.2 Garrafas

Ao definir as garrafas, foi selecionado para dimensão limite de uma garrafa de vinho do modelo *standard*, sendo esta a opção mais comum em mercados e restaurantes e possui 750 mililitros de bebida em seu interior, para representar a garrafa é possível observar a [Figura 3](#).

Figura 3 – Dimensões (em milímetros) comumente encontradas em uma garrafa de vinho standard 750 mL.



Fonte: ([GARRAFA...](#),)

Além da garrafa de vinho, algumas outras foram consideradas para este estudo, como por exemplo a de cerveja artesanal (600 mL), porém nenhuma possui dimensões que ultrapassem os limites propostos a partir da garrafa de vinho.

6.3.2.1.3 Pratos

É também necessária a padronização dos pratos para dimensionar o compartimento de carga do robô, porém é interessante deixar uma margem para o uso de diferentes tipos de pratos em diferentes redes de restaurantes. Portanto foram selecionadas algumas louças comuns como exemplo e são elas:

- Prato de entrada: entre 18 a 22 centímetros de diâmetro e cerca de 5 a 7 centímetros de altura.
- Prato de jantar: entre 23 a 28 centímetros de diâmetro e cerca de 2,5 a 5 centímetros de altura.
- Prato de porção pequeno (tigela): entre 10 e 15 centímetros de diâmetro e cerca de 5 a 8 centímetros de altura.
- Prato de porção médio: entre 15 e 17,5 centímetros de diâmetro e cerca de 8 a 10 centímetros de altura.
- Prato de porção grande (oval): 35 por 26 centímetros e cerca de 3,5 a 5 centímetros de altura.

6.3.2.1.4 Copos

Já para os copos foram considerados dois tamanhos padrão, e são eles o de 300 mL e o de 500 mL. Suas dimensões são:

- Copo pequeno (300 mL): 6,5 centímetros de diâmetro e 13 centímetros de altura.
- Copo grande (500 mL): 9,1 centímetros de diâmetro e 14 centímetros de altura.

6.3.2.1.5 Estudos de caso

Para analisar a acomodação dos pedidos e ajudar no dimensionamento do compartimento de carga, alguns casos foram utilizados como base para limitar suas dimensões.

6.3.2.1.6 Caso 1

Um pedido bastante comum em restaurantes, principalmente em horários de *happy hour*, é o de uma porção grande combinada com bebidas, como a cerveja, por exemplo.

Para este caso a acomodação de um pedido é bem simples em um compartimento de carga, como o do robô, porém algumas dimensões mínimas devem ser consideradas para este compartimento.

Como dito anteriormente na [subseção 6.3.2.1.3](#), o prato de porção grande (oval) possui como medida limitante (comprimento) um valor de 35 centímetros, portanto a dimensão mínima é este mesmo valor acrescentado de 2,5 centímetros de cada lado para o manuseio no compartimento, totalizando, portanto, 40 centímetros de comprimento no recipiente.

Levando em consideração as dimensões de altura, o valor limitante será o da altura das garrafas de bebida, caso estas estejam alocadas “de pé”, portanto, partindo das dimensões de uma garrafa de vinho standard, a altura mínima do compartimento é de cerca de 30 centímetros.

Desta maneira, até então têm-se um compartimento no formato cúbico com dimensões: 40 cm x 40 cm x 30 cm.

6.3.2.1.7 Caso 2

Um outro pedido amplamente feito em restaurante, e que pode ser utilizado como caso limitador para o **Robô Garçom**, é, em uma mesa com quatro pessoas, cada cliente pedir um jantar e suas respectivas bebidas.

Para acomodar os quatro pratos de jantar no interior do compartimento é necessário que eles sejam alocados “em andares”, ou seja, um prato sob outro com a divisão feita por um suporte, que pode vir a ser uma bandeja ou um módulo.

Levando em consideração a alocação de um prato de jantar juntamente com um copo grande por andar, o valor mínimo no plano horizontal da dimensão é o somatório dos diâmetros (do prato e do copo), totalizando o valor de 37,1 centímetros, portanto o valor estabelecido no pedido anterior é suficiente para carregar esse pedido.

Já para a dimensão do plano vertical, como o copo grande possui 14 centímetros de altura, em 30 centímetros não é possível alocar quatro copos, sendo necessário um total de 56 centímetros de altura, valor que pode ser reduzido ao colocar dois copos por bandeja, ou até mesmo os 4 copos em linha em uma só bandeja junto a um prato de jantar.

Levando em consideração que, a altura de um prato de jantar, já contendo a refeição, é de cerca de 7 centímetros, é interessante estabelecer uma margem de distância mínima entre o conteúdo de uma bandeja e outra, portanto essa margem será de 2 centímetros, é importante também lembrar da espessura da bandeja (cerca de 1 centímetro). Desta maneira, ao levar quatro copos em uma bandeja com um prato de jantar e outras três bandejas com um prato de jantar cada, é necessário a dimensão de altura mínima de 46 centímetros.

Portanto, levando em consideração esse caso limite, o compartimento de carga deve possuir ao menos 46 centímetros de altura e uma base quadrada de 40 centímetros de lado, porém para uma questão de maior conforto e segurança para o usuário e operador, as medidas do compartimento serão de: 42 cm × 42 cm × 50 cm.

6.3.2.1.8 Volume do compartimento de carga

Como estabelecido a partir da [subseção 6.3.2.1.5](#), o volume do compartimento de carga é dado pelas dimensões 42 cm × 42 cm × 50 cm, totalizando um volume de 88 200 cm³

ou 88.2 L.

6.3.2.1.9 Capacidade de carga

Para a estimativa de peso comportado no compartimento de carga, foi considerado o caso 2 ([subseção 6.3.2.1.7](#)) por ser uma situação limite para acomodação de pedidos. Levando em consideração uma estimativa de um quilograma por prato com comida e, também, um quilograma do copo com a bebida e os talheres dos pratos de jantar, têm-se cerca de oito quilogramas e meio de conteúdo.

Portanto para a de capacidade de carga, será estabelecido um valor de dez quilogramas (10 kg), para que exista uma margem de segurança para o valor estipulado em uma situação limite.

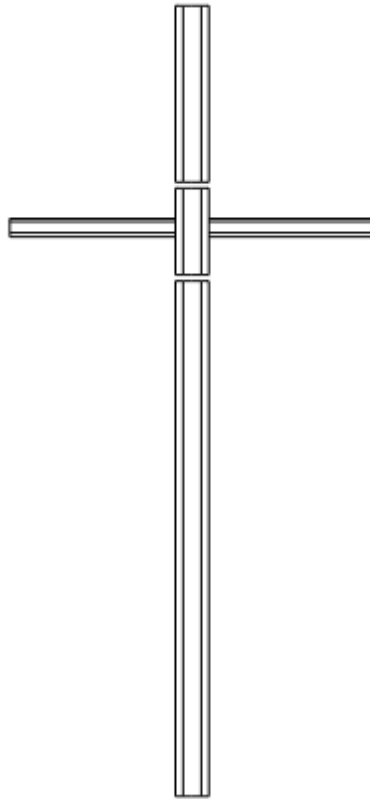
6.3.2.2 Sistema de retirada automática de carga

Após discussão do assunto foram propostos diversos possíveis sistemas de retirada, dos mesmos os 3 mais viáveis foram selecionados, os quais por motivos práticos chamaremos aqui de Sistema 1, 2 e 3.

6.3.2.2.1 Sistema 1

O sistema 1 faz o uso de três trilhos verticais e um horizontal, todos motorizados, o trilho vertical do meio estando acoplado ao horizontal assim permitindo o movimento no eixo horizontal da bandeja quando a altura adequada for alcançada. A [figura 4](#) mostra um esboço do sistema 1.

Figura 4 – Esboço sistema 1



Fonte: Autor.

A grande vantagem desse sistema é que nele o contato com a pessoa é mínima, já que a bandeja é armazenada na parte superior do compartimento de carga após a retirada do pedido.

6.3.2.2.2 Sistema 2

O sistema 2 é extremamente similar ao 1, possuindo movimento na vertical e horizontal, contudo nele somente o movimento na horizontal não seria motorizado, necessitando que alguém puxe e empurre a bandeja, diminuindo custo e complexidade e aumentando o contato humano. Não há esboço para esse sistema devido a sua similaridade com o sistema 1.

6.3.2.2.3 Sistema 3

O sistema 3 consiste de um único sistema de trilhos ou fusos para movimento vertical, com a coleta da bandeja inteira na entrega do alimento para possibilitar que a próxima

suba, sem qualquer movimento na horizontal. Esse sistema possui menor custo e complexidade, e maior contato humano que o sistema 1 e menor contato humano que o sistema 2. Não há esboço desse sistema devido a sua simplicidade.

6.3.2.2.4 Processo de decisão

Para auxiliar a decisão de sistema foram analisados 6 aspectos: custo, apresentação, complexidade, facilidade de manutenção, facilidade de higienização e facilidade de operação.

O custo é o aspecto mais geral e intuitivo dos 5, representando custos financeiros, materiais e de design(tempo), devido a sua importância e ao fato de que um alto custo não é algo desejável lhe foi atribuído um peso de -3.

Apresentação é um conceito mais abstrato e altamente estético, representando o quão tecnologicamente impressionante a configuração é, lhe foi atribuído um peso de 2 já que é algo desejável mas não tão relevante quanto outros aspectos.

A complexidade representa número de peças, elementos e operações, possui um peso de -3 pois uma alta complexidade aumenta o número de possíveis falhas e a dificuldade da execução do projeto.

Facilidade de manutenção representa o quão fácil é para o usuário realizar operações necessárias para manter o produto(troca de peças e Etc...), possui peso 3 pois impacta diretamente a vida útil do produto.

Facilidade de higienização representa o quão fácil é realizar a limpeza e higienização requerida para manutenção e padrões sanitários, possui peso 5 devido a motivos sanitários e ao atual cenário de pandemia.

Facilidade de operação representa o quão intuitivo é o uso do produto e o número de operações é necessário para o mesmo(muitas operações diminuindo a nota), possui peso 2 pois um produto com muitas operações está sujeito a maior fadiga, e um produto pouco intuitivo está mais sujeito a falha por mal uso.

Levando todos os fatores em consideração, Foi feita a matriz de decisão apresentada na [Tabela 11](#):

Tabela 11 – Tabela matriz de decisão

	Peso	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
Custo	-3	5	3	1
Apresentação	2	5	1	3
Complexidade	-3	5	3	2
Facilidade de Manutenção	3	2	2	3
Facilidade de Higienização	5	3	3	4
Facilidade de Operação	2	4	2	3
Total		9	9	32

6.3.2.3 Porta do Compartimento de Carga

A vantagem de usar robôs na entrega dos pedidos é proporcionar a redução de custos e o aumento da confiabilidade quanto às normas de segurança e higiene ao entregar o produto em um tempo inferior ao utilizado por um garçom. Visando uma estrutura esteticamente agradável e considerando a missão do projeto, a tomada de decisão quanto ao dispositivo da porta do compartimento de carga considerou como parâmetros de maiores relevâncias (peso 3) o custo para a fabricação e a estética do mecanismo, em seguida foram indicadores de relevância para a análise (peso 2) a complexidade quanto ao número de componentes e consequentemente a sua capacidade de manutenção e limpeza, além disso, as configurações foram comparadas quanto a robustez (peso 1).

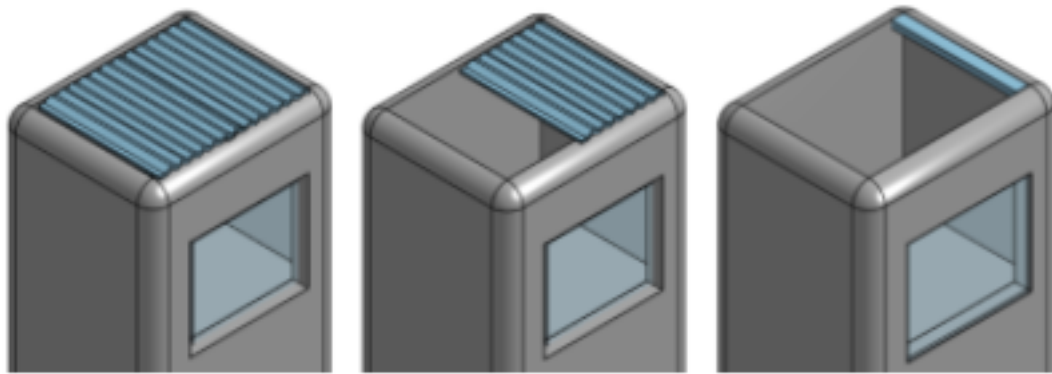
6.3.2.3.1 Porta Flexível

Para a concepção desse modelo a porta flexível concebida de polipropileno ou alumínio é automatizada por um motor. Essa configuração apresenta a menor complexidade quanto ao número de componentes e consequentemente o menor custo. Quanto à sua capacidade de manutenção, a presença do motor torna o mecanismo suscetível à necessidade de um profissional qualificado para sua realização, tornando-a improvável de ser realizada pelo próprio estabelecimento. Apesar de não apresentar a estética mais agradável, não ser tão robusto e ter o seu acesso interno dificultado para a limpeza, este mecanismo obedece às normas de segurança e evita o contato do alimento com a estrutura.

6.3.2.3.2 Porta Rígida

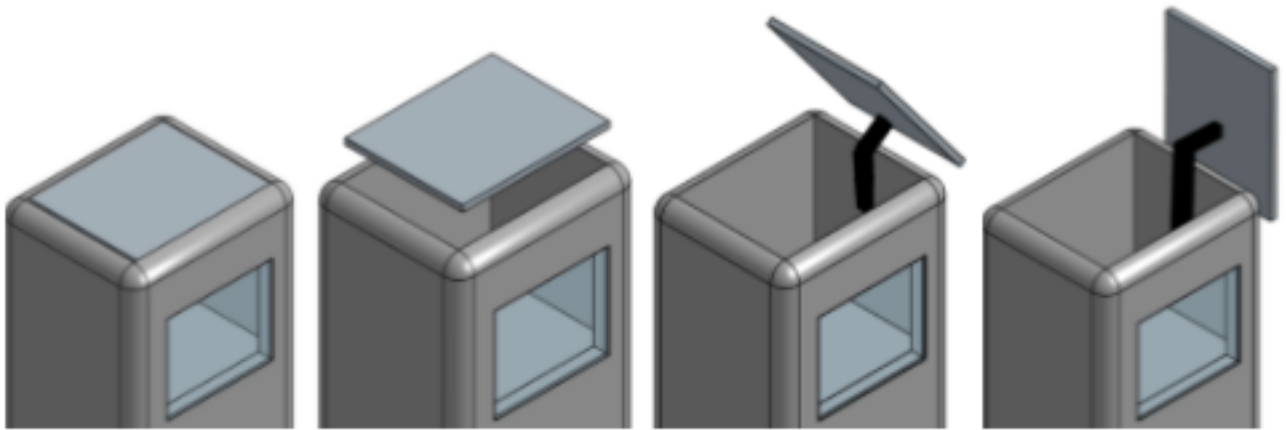
Essa configuração é composta pela tampa rígida de alumínio, o mecanismo do atuador e o motor para o seu funcionamento. Não é a melhor escolha ao considerar sua capacidade de manutenção ou o custo. Apesar da complexidade e robustez, dentre todas as opções, apresenta fácil acesso para a higiene de todo o compartimento de carga.

Figura 5 – Tampa Flexível.



Fonte: Autores.

Figura 6 – Tampa Rígida.



Fonte: Autores.

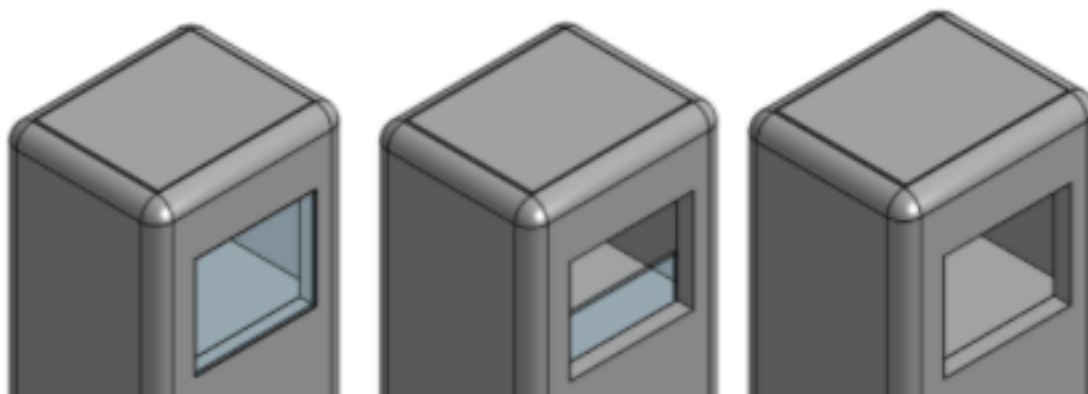
6.3.2.3.3 Porta Elétrica

Apesar da aparência moderna e harmoniosa, a configuração da tampa elétrica é a mais complexa quanto a quantidade de componentes e consequentemente a mais cara. Esse modelo é composto pela tampa de vidro laminado, o elevador elétrico como os de mecanismos semelhantes aos de janelas de carros, o compartimento de alumínio para a proteção do vidro e do elevador, e o motor. Nessa configuração é inviável a alocação da porta na parte superior da estrutura, por isso a mesma foi posicionada na área frontal da estrutura. Dada a complexidade do seu mecanismo, sua capacidade de manutenção é improvável de ser realizada pelo estabelecimento e assim como a primeira configuração, seu acesso à parte interna da porta é dificultado para a limpeza.

6.3.2.3.4 Estimativa de Custo

Considerando mecanismos e componentes semelhantes existentes no mercado, foi estimado o custo para a concepção de cada uma das configurações, como o esperado de

Figura 7 – Tampa Elétrica.



Fonte: Autores.

acordo com a complexidade da estrutura, a configuração de menor custo é a porta flexível.

	Porta Rígida	Porta Flexível	Porta Elétrica
Componentes	<ul style="list-style-type: none"> - Tampa de alumínio (45x55) - Atuador - Motor 	<ul style="list-style-type: none"> - Tampa flexível - Motor 	<ul style="list-style-type: none"> - Tampa de vidro laminado (45x55) - Elevador elétrico - Compartimento de proteção vidro e elevador - Motor
Preço estimado	R \$ 225	R\$ 159,61	R\$ 319,57

Tabela 12 – Tabela Estimativa de Custo

6.3.2.3.5 Tomada de Decisão

Utilizando o método descrito na [subseção 6.3.1.1](#), foi montada uma matriz de decisão para escolher a opção mais adequada de porta automática. Como pode ser visto na [Tabela 13](#)

Tabela 13 – Matriz de decisão da porta automática

	Peso	Porta Rígida	Porta Flexível	Porta Elétrica
Custo	3	3	5	1
Estética	3	3	3	5
Complexidade (número de componentes)	2	2	5	2
Capacidade de manutenção	2	2	3	2
Higiene	2	5	3	3
Robustez	1	5	2	2
Total	1	41	48	34

6.3.3 Sistema Eletromecânico

6.3.3.1 Análise do sistema de locomoção

Análise feita para definir algumas características do sistema de locomoção, principalmente para comparar e escolher as rodas de apoio, complementares às duas rodas motorizadas que serão utilizadas para a movimentação do robô.

Para a análise foram consideradas algumas variáveis importantes para a decisão do componente escolhido, como a apresentação, a capacidade de vencer pequenos desníveis, a estabilidade proporcionada, a derrapagem causada na mudança de direção e o ruído da roda durante o movimento.

Portanto, alguns modelos de rodas foram considerados para serem utilizadas no projeto e estão caracterizados no tópico 6.3.3.1.1.

6.3.3.1.1 Rodas

- Modelo 1 - Roda rígida de plástico: são rodas que não rotacionam no eixo vertical, proporcionando o movimento em apenas uma direção, pode ser observada na [Figura 8](#).

Figura 8 – Roda rígida de plástico.



Fonte: (RODA..., b)

- Modelo 2 - Roda omnidirecional de plástico: são rodas que além da rotação na direção horizontal, giram também no eixo vertical, também conhecida como roda “louca”, pode ser observada na [Figura 9](#).
- Modelo 3 - Roda omnidirecional de plástico com banda de rodagem de borracha: semelhante a roda anteriormente apresentada porém com banda de rodagem emborrachada, pode ser vista na [Figura 10](#).

Figura 9 – Roda omnidirecional de plástico.

Fonte: ([CASTOR...](#),)

Figura 10 – Roda omnidirecional de plástico com banda de rodagem de borracha.

Fonte: ([RODA...](#), a)

- Modelo 4 - *Omniwheel*: uma roda com orientação fixa no eixo vertical, porém possui diversas “mini” rodas em sua banda de rodagem para auxiliar em movimentos de curva e mudança de direção. Além disso, normalmente são alocadas em dupla para melhor estabilidade e está representada na [Figura 11](#).

6.3.3.1.2 Decisão do componente de locomoção

Para decidir entre as rodas apresentadas no tópico [subseção 6.3.3.1.1](#) será utilizada uma matriz de decisão, levando em consideração a influência das variáveis, apresentadas anteriormente, no produto final.

Portanto, para a tomada de decisão do modelo ideal, pesos foram atribuídos às va-

Figura 11 – Omniwheel.



Fonte: (WHAT...,)

riáveis escolhidas, para variáveis de menor influência na decisão será atribuído peso 1, caso a influência seja média o peso atribuído é de 2 e para alta influência o peso é de 3. É válido lembrar que os pesos podem ser negativos para fatores que não são desejados no produto final.

Em apresentação é avaliado o aspecto estético, ou seja, o design da peça e como é importante o produto causar uma boa impressão no cliente, então o peso atribuído é de 2. Já para a superação de desníveis é utilizado o peso 3, pois é um fator determinante para o bom funcionamento do robô, assim como a estabilidade proporcionada pelo componente.

Para o fator “derrapagem ao mudar de direção”, o peso atribuído é negativo de valor 2, pois caso as rodas causem a derrapagem do robô, pode ocorrer uma mudança involuntária de sua direção, não sendo interessante para o produto final. O mesmo peso é dado para o fator ruído, pois para a redução do ruído sonoro do ambiente e maior conforto dos clientes.

Essas variáveis, seus respectivos pesos e as avaliações dos modelos apresentados podem ser encontradas na matriz de decisão [Tabela 14](#).

Tabela 14 – Matriz de decisão das rodas auxiliares

	Peso	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Apresentação	2	3	4	6	9
Superação de desníveis	3	5	4	4	6
Estabilidade proporcionada	3	5	3	4	6
Derrapagem ao mudar de direção	-2	6	2	2	3
Ruído gerado pelo movimento	-2	4	3	3	2
Total		16	19	22	44

Tabela 15 – Propriedades mecânicas dos metais considerados

	Limite de Resistência à Tração (MPa)	Limite de Escoamento (MPa)	Densidade (g cm⁻³)
Aço 1020	440	345	7.8
Alumínio 6061	260	180	2.7

Fonte: (STEEL,), (METAIS,)

Portanto o modelo escolhido, foi a roda *omniwheel* (modelo 4), já que, segundo a matriz de decisão é o modelo que traz mais vantagens e menos desvantagens para uso no robô garçom.

6.3.4 Chassi

O chassi é o principal elemento estrutural do robô. Como todos os outros subsistemas físicos são acoplados a ele, ele deve ser projetado levando em consideração o peso e a massa dos outros subsistemas, para ser um suporte eficaz.

6.3.4.1 Material

Para projetar um chassi eficaz, devemos tentar aumentar o espaço utilizável e a carga máxima suportada. O chassi, então, deve ser feito de material rígido, forte, e pequeno. Para diminuir os esforços de locomoção, deseja-se também que o chassi seja leve. Como o robô estará em uso diário e prolongado em um ambiente de cozinha, deseja-se que o chassi seja durável e resistente a corrosão. Por fim, devemos considerar também os custos e a dificuldade de fabricação do material considerado.

Em vista desses fatores, assim como da experiência e dos conhecimentos da equipe, optou-se por uma montagem em perfis metálicos. Então, consideramos as propriedades mecânicas de ligas de alumínio e de aço carbono, principais metais para esse tipo de utilização. Na [Tabela 15](#) nós podemos ver as propriedades mecânicas das ligas comparadas.

De acordo com a tabela, O alumínio apresenta maior força por unidade de massa. Por outro lado, o aço apresenta maior força por unidade de volume. Para otimizar o espaço útil na estrutura, escolhemos o aço, que permite o uso de tubos mais finos.

6.3.4.2 Análise cinemática

A principal dificuldade encontrada para o projeto do chassi é a sua estabilidade. Para que o robô cumpra o requisito de entregar pedidos à altura da mesa, ele deve ser pelo menos tão alto quanto a mesa. Como mesas de restaurantes podem variar entre 70 cm (cerca de 1 m). Por outro lado, para passar por passagens projetadas para pessoas, sua largura máxima é de 60 cm (largura mínima de portais padrão). Portanto, Fizemos um estudo da viabilidade dessas proporções. Como essa é uma análise inicial do comportamento do robô, estaremos

estimando as medidas do robô, com o intuito de encontrar uma aproximação do possível valor real que nos permita avaliar pontos cruciais do projeto.

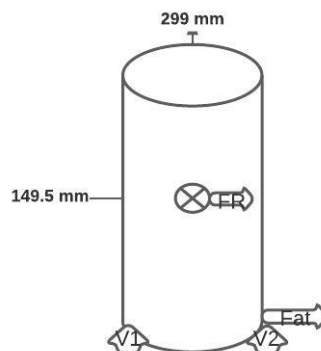
Essa seção descreve a análise cinemática do robô garçom. Inicialmente, faz-se a análise de uma garrafa em pé dentro do compartimento de carga como um corpo extenso para prevenção de queda e definição de aceleração máxima. Depois, considera-se o conjunto robô e alimento como um só corpo para estudo de CG, velocidade e aceleração de todo o sistema.

Aceleração máxima sem quedas

O primeiro passo é a esquematização dos elementos do sistema e das forças envolvidas no movimento. A situação extrema a ser considerada para a definição da aceleração máxima permitida sem que nada caia é o caso de uma garrafa de vinho em pé no compartimento de carga. A posição do CG da garrafa corresponde ao centro da circunferência e à metade de sua altura, para cálculos conservadores.

Figura 12 – Diagrama de corpo livre de uma garrafa

Fonte: Autores.



A possibilidade de queda existe quando as reações atrás são nulas em relação ao equilíbrio do momento na frente.

$$+ \circlearrowleft \sum M_2 = M_R: \quad -r.P_g = -h.FR$$

$$\vec{a} = \frac{r\vec{g}}{h}$$

O valor da aceleração máxima sem que a garrafa caia é de $2,31 \text{ m/s}^2$. Uma informação importante que depende do resultado anterior é a distância mínima de parada. Esse dado é fácil de obter usando a Equação de Torricelli:

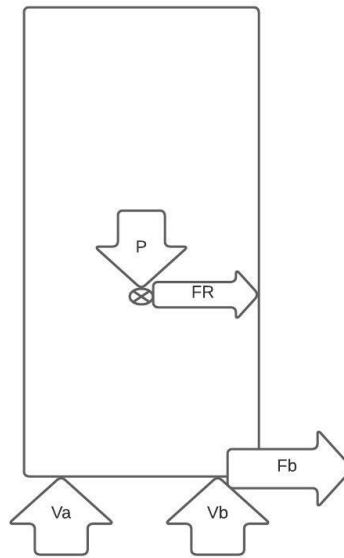
$$v^2 = v_0^2 + 2\vec{a}\Delta s : \quad \Delta s = \frac{-v_0^2}{2\vec{a}}$$

A velocidade máxima de locomoção do robô foi decidida de acordo com a velocidade máxima de caminhada confortável do ser humano, de 1,0 m/s. O objetivo é que um robô garçom entregue os pedidos mais rápido que pessoas poderiam de forma consistente, assim, tem-se a velocidade máxima de locomoção como 1,25 m/s. A distância mínima de parada, então, é igual a 33,78 cm.

Altura máxima do CG

O diagrama de corpo livre mostrado na Fig. 13 representa uma forma simplificada do robô, o símbolo b indica a posição das rodas motorizadas, responsáveis pela força que causa o movimento para frente da estrutura.

Figura 13 – Diagrama de corpo livre do robô.



Fonte: Autores.

Primeiro, faz-se a análise de queda para frente. A possibilidade de queda existe quando as reações em A são nulas em relação ao equilíbrio de momento no ponto B.

$$+\circlearrowleft \sum M_b = M_R : \quad -\overline{bx_{CG}}.P = -y_{CG}.FR$$

$$y_{CG} = \frac{\overline{ax_{CG}}\vec{g}}{\vec{a}}$$

Analogamente, no caso de queda para trás, as reações em B são nulas para análise de momento em relação ao ponto A.

$$y_{CG} = \frac{\overline{bx_{CG}\vec{g}}}{\vec{a}}$$

Idealmente, o CG deve ser localizado no centro da base do chassi para permitir a maior altura possível com segurança. Nesse caso, o CG máximo seria 1,06 m. Para cálculos pessimistas, no entanto, considerou-se um CG localizado em um quinto do comprimento, o que daria a altura máxima de 42,4 cm.

Força e aceleração máximas nas rodas

Com o equilíbrio de forças na direção x, obtêm-se o valor da força desenvolvidas nas rodas no momento de aceleração máxima:

$$\overset{+}{\rightarrow} \sum F = F_R : \quad F_b = m\vec{a}$$

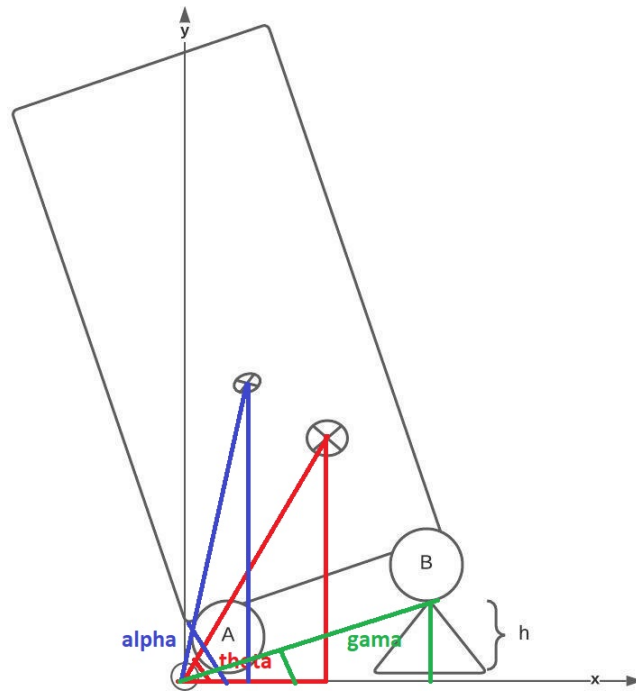
Para uma estimativa de massa máxima 30 kg, tem-se que a força máxima necessária do motor das rodas é de 69,39 N.

6.3.4.2.1 Inclinação e superação de obstáculos

Esse estudo serve para delimitar o tamanho de obstáculo máximo que o robô garçom pode superar facilmente, ou seja, passar por cima sem sofrer danos. É necessário ter essa informação para a escolha adequada de sensores que evitem obstáculos intransponíveis.

A Fig. 14 mostra a variação de posição do CG relativo à origem do sistema cartesiano adotado quando passa sobre um objeto em seu caminho.

Figura 14 – Variação de CG devido a obstáculo
Fonte: Autores



Dos ângulos:

$$\alpha = \theta + \gamma; \quad x_2 = \cos \alpha; \quad y_2 = \sin \alpha$$

Novamente, faz-se a análise de queda para trás.

$$+ \circlearrowleft \sum M_a = M_R : \quad -\overline{x_2} \cdot P = -y_2 \cdot FR$$

Tem-se o ângulo:

$$\alpha = \arctan \frac{\vec{g}}{\vec{a}}$$

Variação máxima do ângulo de inclinação:

$$\gamma = \alpha - \theta = \arctan \frac{\vec{g}}{\vec{a}} - \arctan \frac{y_{CG}}{x_{CG}}$$

Altura máxima do obstáculo:

$$h = \sin \gamma = \sin(\arctan \frac{\vec{g}}{\vec{a}} - \arctan \frac{y_{CG}}{x_{CG}})$$

6.3.5 Carenagem

A carenagem não terá função estrutural, servindo de elemento estético e proteção do interior do robô aos elementos. Ela é a parte mais exterior do robô, se fixando ao chassi e respeitando os espaços de operação de sensores e partes móveis. É a carenagem que atenderá o requisito de estética do robô, e ela é o principal elemento que protege o interior do robô de contato com o ambiente externo. A carenagem também deve atender o requisito de fácil higienização e desmontagem, visto que ela cobre quase todo o robô.

O desenvolvimento da carenagem depende do projeto do chassi e dos sensores e atuadores do robô. Por outro lado, nenhum outro subsistema depende estritamente do desenvolvimento da carenagem. Por esses motivos, o desenvolvimento da carenagem foi planejado para a etapa final do projeto e não foi iniciado até o momento de escrita deste relatório.

6.4 Automação

Diretoria responsável pela parte do projeto, em síntese, eletro-eletrônica, de motores e energia elétrica. Como a programação de controle de movimentos do robô, integração entre componentes sensores e atuadores do produto, alocação de motores e baterias e projeto de carregador elétrico.

No que tange à automação do sistema, estágio que compreende tanto a definição dos componentes necessários para o sensoriamento e controle quanto a definição da alimentação e movimentação do robô, tem-se uma equipe de estudantes de Engenharia Eletrônica e Engenharia de Energia.

Ao definir a integração e o funcionamento dos componentes do robô de acordo com a EAP, apresentada no Apêndice 25, temos a divisão em duas áreas básicas para a automação, sensoriamento e controle e alimentação. Segue a descrição de cada área/subsistema:

6.4.1 Sensoriamento e Controle

A área de Sensoriamento e Controle está subdividida em dois sistemas básicos. Para cada um destes sistemas, estão descritos os componentes básicos que os constituem.

6.4.1.1 Sistema de controle do pedido

Esta é a área de controle que coleta, processa e utiliza os dados referentes ao pedido realizado. Nela estão os processos de recepção e de processamento desses dados, iniciando a busca e, em seguida, a entrega do pedido.

6.4.1.1.1 Processamento de dados do pedido

Fará a recepção dos dados enviados pelo computador central, como informações acerca dos pedidos, número da mesa para entregas, entre outros. Para tal procedimento, será utilizado um transmissor cujo protocolo de comunicação é wi-fi ou bluetooth.

6.4.1.1.2 Recepção de dados do pedido

Implementação em software e hardware do controlador do robô. Esta área é responsável por, após a coleta dos dados do computador central, realizar o processamento dos dados coletados para dar início ao acionamento dos atuadores do robô e ao processo de entrega como um todo.

É fundamental o uso de um microcontrolador ou computador embarcado para a integração e controle de todos os demais componentes eletro-eletrônicos. Esta parte também deve integrar todas as restantes áreas, a nível de monitoramento e controle.

6.4.1.2 Sistema de controle do robô

Sistema responsável pela aquisição dos sinais de sensoramento e transmissão de dados de todo o robô e o tratamento destes para o controle de todo o seu funcionamento.

6.4.1.2.1 Sistema de Sensoriamento

Aqui se dará o processo de coleta de dados dos sensores do robô, assim como o processamento desses dados em conjunto com os dados do pedido, assim podendo ser realizado o controle dos atuadores do robô.

- São visados para detecção de presenças na frente do robô, sensores de infravermelho e/ou ultrassônicos.
- Para a verificação se a estrutura não virou/caiu no chão, ou mesmo se se chocou com um obstáculo (impacto), será empregado um acelerômetro.
- Para a verificação do compartimento da comida, é feita a medição do peso deste. Para tal será implementada uma célula de carga com conversor.
- O rastreamento das mesas e lugares será feito com um rastreador de posicionamento local ([HASSAN et al., 2018](#)), possivelmente de protocolo wi-fi ou bluetooth.

6.4.1.2.2 Sistema de Controle

Neste processo é realizado o controle dos atuadores referentes a movimentação do robô desde o local de espera e recarga, indo em seguida para o local em que pegará o pedido, seguindo até após a realização da entrega na mesa em que o cliente está esperando, para que o robô retorne para o local de espera e volte a recarregar.

Além dos atuadores de movimentação do robô em si, também é realizado o acionamento dos atuadores referentes à movimentação da bandeja e da tampa do mesmo.

6.4.2 Alimentação

Como já descrito na EAP, no Apêndice 25, a alimentação está subdividida em três sistemas básicos. Para cada um destes sistemas será descrito os componentes básicos que os constituem.

6.4.2.1 Sistema de Carregamento

Composto por três divisões básicas, o sistema de carregamento apresenta escopo que abrange a coleta da energia na rede elétrica do estabelecimento, até a transferência para o robô. Desta forma compõe de uma base, da qual é conectada na tomada e possui uma bobina para a transferência de energia.

6.4.2.2 Sistema de Bateria

Com a entrada de energia no robô, inicia-se o escopo do sistema de bateria, que é responsável pela coleta de energia, transformação da corrente alternada, em corrente contínua, armazenamento na bateria, com controle de um Battery Management System (BMS), e por fim a distribuição de energia para os componentes.

6.4.2.3 Sistema de Movimentação

Em paralelo com o Sistema de Bateria, o Sistema de Movimentação tem o seu escopo com início na saída da bateria e coleta nos motores que realizam as atividades de movimento do robô, e os outros dois motores internos com as atividades relacionadas aos atuadores para o compartimento interior e o motor responsável pela tampa superior.

6.4.3 Integração dos componentes

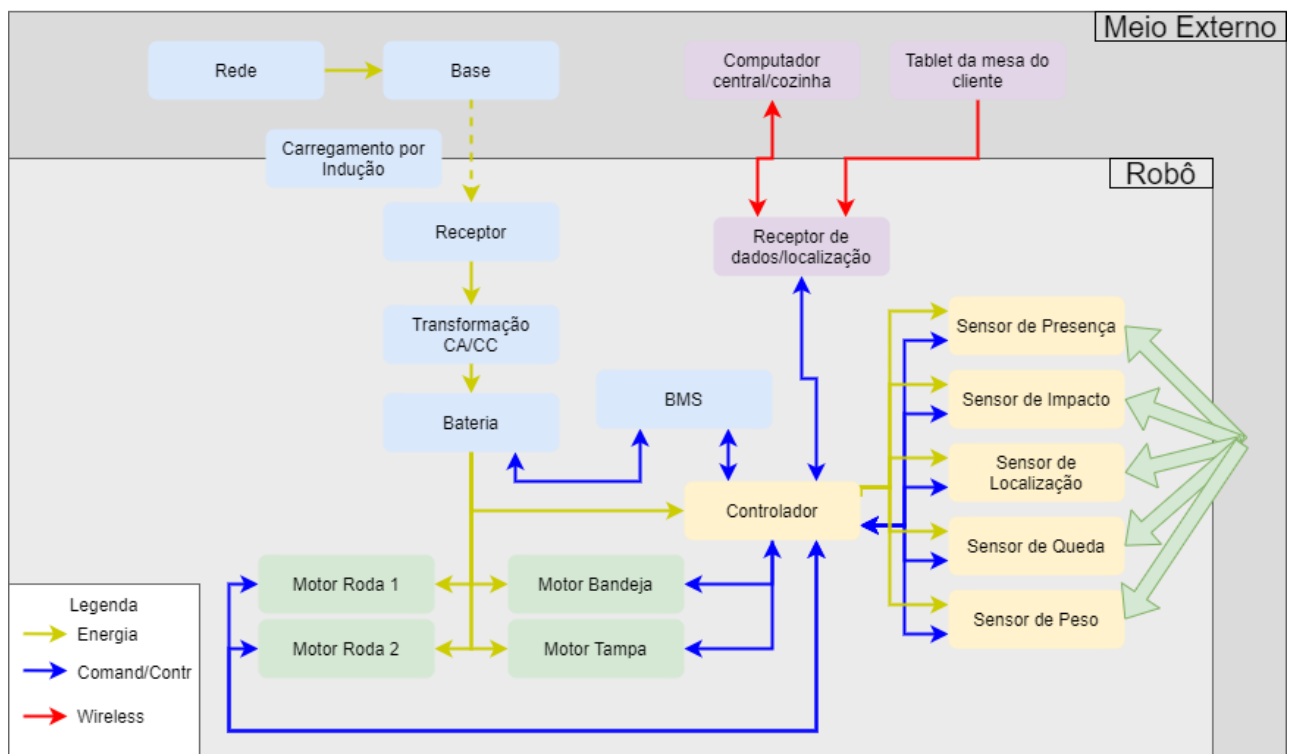
A interação e integração dos sistemas de automação entre eles e o meio externo é constituído de maneira a obedecer à figura 15, da qual apresenta as interações realizadas.

São representadas na área de energia, o caminho percorrido e as integrações com outros sistemas, como o controlador e sensores, além dos motores. Estes são controlados

por meio do caminho de comando e controle, do qual reúne os dados para o envio para o receptor, e toma as decisões baseadas nas leituras realizadas pelos sensores. Além dos sensores, temos o BMS, do qual o controlador recebe as informações e as envia também para o receptor.

Em termos de funcionamento, o movimento do robô é feito pela recepção dos dados no controlador, do qual computa a sua direção. Baseado neste fator, são enviadas para as rodas 1 e 2 iniciarem e realizarem os movimentos. Ao chegar no seu destino, são acionados os motores da tampa, e posteriormente o dos atuadores. Realizada a entrega o robô retorna para a base de carregamento, na qual espera para o próximo serviço, e realiza a sua recarga por indução.

Figura 15 – Integração de arquiteturas.



Fonte: Autores.

6.4.4 Tomada de decisão

6.4.4.1 Sensoriamento e controle

A movimentação do robô até a mesa poderá ser realizada através de triangulação via Wi-fi (LPS (HASSAN et al., 2018) ou também equivalente RTLS - Real Time Locating System) ou através da linha a ser seguida por tal (Robô Seguidor de Linha (SIMÕES, 2017)). Com isso, para a tomada de decisão a respeito de qual sistema deve ser implementado para a movimentação do robô seria utilizado neste projeto, foi utilizada a matriz de decisão em que são atribuídos a cada variável pesos, e eles são multiplicados pela nota dada a cada opção.

Os pesos atribuídos a cada variável foram escolhidos em relação à sua relevância dentro do projeto e podem variar de -3 a 3. Se tiver influência negativa, o peso recebe um valor negativo, no caso da nota distribuída a cada opção de construção do robô, foi considerado um valor de 1 até 5, sendo 1 a nota mais baixa que poderia receber e 5 a nota mais alta. Para a decisão final de qual implementação seria utilizada, a opção que tivesse no somatório final o valor mais alto seria o escolhido.

Para o monitoramento do robô durante a movimentação serão necessários sensores, aos quais foi atribuído o peso 3 devido a sua importância. Quanto à precisão de localização da mesa em relação ao robô, sua importância tem peso 3. A dificuldade de implementação recebeu o peso negativo de -2 pois com o curto prazo para a construção do robô, uma implementação trabalhosa poderia atrapalhar a execução do projeto.

Ao preço também foi atribuído o peso negativo de -2, pois um custo elevado agregado ao robô vai tornar a sua confecção não viável. A autonomia de movimentação recebeu peso 3 devido ao quanto essa variável agrega ao projeto e, por fim, a dificuldade de implementação do sistema no restaurante recebeu o peso -2 por ser algo que prejudica a viabilidade do projeto. A seguir, pode-se ver a tabela com as variáveis, seus pesos e as notas atribuídas a cada sistema da decisão.

Tabela 16 – Matriz de decisão para o sistema de localização do robô.

Variáveis	Peso	Seguidor de Linha	RTLS(Real Time Locating System)
Sensores (Necessidade de utilização / Conhecimento acerca deles)	3	5	5
Precisão de localização (Milímetros)	3	4	4
Dificuldade de implementação (Bibliografia existente)	-2	2	4
Preço (Reais)	-2	3	5
Autonomia do sistema quanto a movimentação (liberdade de movimentação / possibilidade de esquivar de obstáculos)	3	2	5
Dificuldade para implementação no restaurante (Instalação do sistema no restaurante)	-2	4	2
Total		15	20

Como pode ser visto na matriz de decisão da tabela 16, a diferença entre o robô seguidor de linha é de 5 pontos de vantagem para o RTLS, por isso ele foi escolhido para ser implementado no robô garçom.

Em relação à decisão do controlador a ser usado, foi a quantidade de portas de entrada/saída do dele pode ser considerada como um fator a se observar, visto que serão utilizados diversos sensores e atuadores e é necessário que o controlador consiga realizar a devida comunicação com cada um deles. Para esta variável foi atribuído o peso 3, por sua alta relevância no projeto.

A memória do controlador deve ser capaz de armazenar todo o firmware do robô, portanto, quanto maior a memória, melhor para o projeto. Devido a isto recebeu o peso 3. A velocidade do controlador, ou seja, seu clock, definirá o quão rápido o robô responderá aos sinais recebidos pelos sensores ou pela comunicação Wi-Fi, portanto recebe o peso 2.

A dificuldade de implementação recebeu um peso negativo -2 pois, como foi dito anteriormente, uma implementação trabalhosa poderia atrapalhar a execução do projeto. O preço do controlador recebeu o peso negativo de -2 e à quantidade de interfaces do controlador foi atribuído o peso 2.

Na tabela 17 está o comparativo entre os controladores escolhidos para o projeto: Raspberry Pi Zero W¹ e Esp32 Wroom 32-E².

Tabela 17 – Parâmetros técnicos para a escolha do controlador.

	Raspberry Pi Zero W	Esp32 Wroom 32-E
CPU	Single core	Dual core
Memória	512Mb	16Mb(flash), 520Kb(SRAM)
Pinos	40	38
Clock	1Ghz	240Mhz
Bluetooth	Bluetooth Classic 4.1 e Bluetooth LE	v4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE)
Wifi	802.11n de 2,4 GHz	802.11n de 2.4 GHz
Interfaces	UART,SPI, I2C,GPIO,ADC,SD card	SD card, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, IR, pulse counter, GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC
Preço(Reais)	R\$ 160,00	R\$ 65,00

Com isso, pôde-se criar a tabela referente a matriz de decisão do controlador, que pode ser vista em 18.

Como resultado, a diferença entre o Raspberry Pi Zero W e o Esp32 Wroom 32-E é de 6 pontos de vantagem para o Esp32, por isso ele foi escolhido para ser o controlador do robô garçom.

¹ Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-zero/>>

² Disponível em: <<https://www.espressif.com/en/products/modules/esp32>>

Tabela 18 – Matriz de decisão para o controlador do robô.

	Peso	Raspberry Pi Zero W	Esp32 Wroom 32-E
Portas (Comporta todos os sensores / atuadores do projeto)	3	5	5
Memória (Mb)	3	5	2
Velocidade (Mhz)	2	5	2
Dificuldade de implementação (Bibliografia existente)	-2	3	2
Preço (Reais)	-2	3	1
Interfaces (Quantidade)	2	2	4
Total		32	38

6.4.4.2 Alimentação

Para as decisões de alimentação do produto, houve a necessidade do método matriz de decisão para a escolha do tipo de carregamento, bateria e BMS. Por falta de informações nesta fase inicial do projeto, não foram avaliadas as baterias e BMS, de maneira que o dimensionamento dos motores e do peso do robô, além da definição de todos os componentes é necessário para a escolha. Desta forma, foi realizada a matriz de escolha de carregamento, apresentada na Tabela 19.

Foram analisados três formas de carregamento: plug-in, indutivo ou contato. Dos analisados o que obteve o menor resultado foi o carregamento por indução, no entanto, devido ao requisito geral do projeto definir que o carregamento deve ser realizado sem o contato humano, este foi o escolhido.

O carregamento por contato foi excluído devido a necessidade de se colocar câmeras no corpo do robô para a identificação e posicionamento correto do mesmo, e dado a movimentação e posicionamento do robô ser realizado por triangulação, este posicionamento seria de grande dificuldade.

Apesar da baixa nota do carregamento por indução, ele foi escolhido devido a autonomia do robô, que poderá operar sozinho e com margens de erro ao se encaixar na base, ao contrário do carregamento por contato que necessita de um grande refinamento para o encaixe preciso na base. Já o contato por plug foi descartado como carregamento principal devido a necessidade de uma pessoa ficar responsável pelo carregamento do robô.

Embora o carregamento por plug-in tenha sido excluído, estuda-se neste momento a possibilidade de o adicionar como uma segunda alternativa, em caso de descarregamento total.

Tabela 19 – Matriz de decisão sobre sistema de carregamento

Carregamento	Velocidade	Eficiência	Autonomia no funcionamento (x2)	Ocupação de espaço	Notas
Plug	3	3	2	3	54
Contato	2	2	4	2	32
Indução	1	1	6	1	6

6.4.5 Estimativa de Consumo Energético

Ao considerar o funcionamento do robô durante os horários de serviços, foi pré-estabelecida uma estimativa de consumo, de maneira a considerar os componentes principais já descritos. Para esta estimativa estipulou-se três horários de utilização diferentes: quatro horas por dia; oito horas por dia; e doze horas por dia. Em continuidade, extrapolou-se os consumos para a utilização destes horários para o mês.

A Tabela 42 no Apêndice B apresenta uma estimativa, dados os cenários apresentados. É importante ressaltar que estes dados são **estimados**, pois deve-se considerar que o projeto carece de algumas informações mais detalhadas de algumas etapas, que só serão esclarecidas nos próximos pontos de controle.

6.5 Descrição de *software*

Visando automatizar o sistema de atendimento ao cliente, é proposto um *software* para gerenciamento de pedidos do restaurante em que o **Robô Garçom** irá operar.

O sistema funcionará da seguinte forma: o software enviará os pedidos feitos pelos clientes para a cozinha, gerando um ID único para cada. Assim que o pedido é preparado, a cozinha, através de um tablet exclusivo para esse serviço, escolhe qual robô será o responsável para realizar a entrega e digita o ID do pedido. Posteriormente, o robô, que receberá o ID, será abastecido e estará pronto para entregar na mesa. Os IDs contêm as informações daquilo que é constituído o pedido e em qual mesa ele deve ser entregue, sendo esse último o de máxima importância para o robô, pois será utilizado como identificador para localizar a mesa a qual pertence o pedido.

Para definir o escopo do *software*, os integrantes da equipe de software levantaram os objetivos de negócio e de produto cruciais para o sistema de software. Também foi desenvolvido um **Rich Picture** para melhor visualização da equipe sobre o que seria desenvolvido. Dessa forma, foi possível delimitar o escopo do aplicativo.

O software proposto para o projeto será uma aplicação estruturada no modelo arquitetural MVC (Model-View-Controller), e permitirá que os clientes, por meio de um tablet disponível em cada mesa, visualizem o cardápio, façam seus pedidos e realizem o pagamento,

Tabela 20 – Objetivos de Negócio

ID Objetivo	Descrição
ON01	Prover segurança para pagamento
ON03	Guiar robô até a mesa
ON08	Prover segurança para pagamento
ON10	Atender normas de segurança alimentar

Tabela 21 – Objetivos de Produto

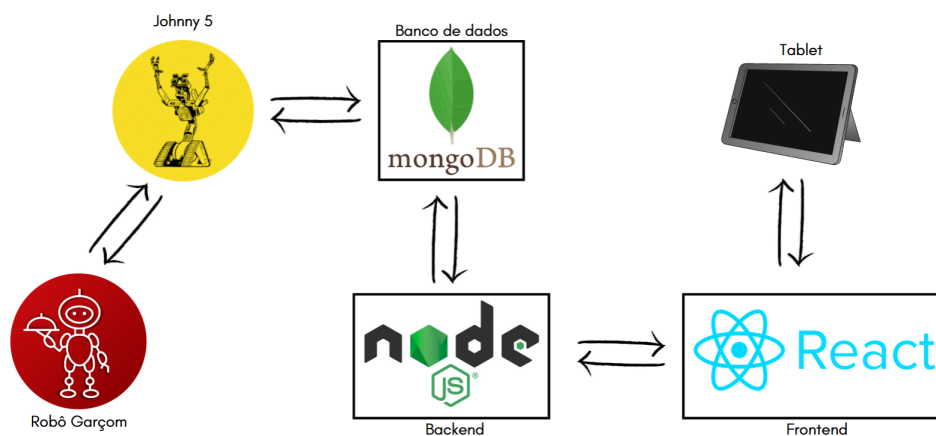
ID Objetivo	Descrição
ON01	Disponibilizar o menu do restaurante para que o cliente faça seu pedido.
ON06	Dar tempo ao cliente decidir sobre o pedido sem gerar um desconforto (ansiedade).
ON08	Diminuir os custos com mão-de-obra física.
ON09	Reduzir a propagação de erros.
ON11	Possibilitar a realização de pedidos diretamente da mesa.

através das plataformas Mercado Pago® ou PIX.

A aplicação será desenvolvida em JavaScript, utilizando React para o Front-end e Node para o Back-end. Uma das vantagens de se utilizar a linguagem de programação JavaScript é a existência de uma biblioteca voltada ao controle de robôs, denominada Johnny Five, para integração direta com os controladores utilizados no equipamento, que é escrita em JavaScript, o que facilita a produção do software.

O banco de dados utilizado para a aplicação será o MongoDB. O diagrama de blocos a seguir representa uma visão inicial da arquitetura do sistema, integrando o **Robô Garçom** a todo o sistema de automação do restaurante.

Figura 16 – Diagrama de blocos.



Fonte: Autores.

6.5.1 Proposta de inovação

Com o intuito de apresentar um projeto inovador ao mercado consumidor, o **Robô Garçom** será equipado com um algoritmo de determinação de trajeto para otimizar cada entrega de pedido, gerando um aumento de autonomia e reduzindo o tempo de transporte do pedido da cozinha até a mesa do cliente, evitando um desperdício de energia e que o cliente espere por um período de tempo a mais que o previsto.

Utilizando a biblioteca Johnny-Five, dedicada à programação de robôs e automação de componentes eletrônicos, o **Robô Garçom** terá seus componentes integrados entre si para gerar uma virtualização do ambiente do restaurante, criando assim a possibilidade do Robô se locomover sem a intervenção de terceiros.

Como dito anteriormente, os algoritmos para determinar os melhores trajetos são chamados de algoritmos de melhor caminho ou caminho mínimo. Os algoritmos a seguir foram escolhidos para a realização de estudos de viabilidade:

- Caixeiro Viajante;
- Menor Caminho;
- Passeio Aleatório;
- Algoritmo de Dijkstra;
- Algoritmo de Bellman-Ford;
- Algoritmo A* (A-estrela);
- Algoritmo de Floyd-Warshall;
- Algoritmo de Johnson;

O critério para a escolha do algoritmo de melhor escolha se dará pela viabilidade de aplicação ao projeto, levando em consideração a integração com a área de automação.

6.5.2 Metodologia

Quanto à metodologia, a equipe de software optou por unir aspectos das metodologias ágeis Scrum, KANBAN e SMART, com o objetivo de utilizar uma metodologia que melhor se adaptasse ao nosso contexto.

A metodologia Scrum está sendo empregada através do Product Backlog, que reúne todos os requisitos do sistema, As Sprints, que são os ciclos de tarefas que duram em média de 5 a 7 dias, e a Sprint Planning, onde a equipe se reúne para discutir sobre a última Sprint e planejar a próxima.

O KANBAN é utilizado na organização do quadro de Sprints do núcleo de software, que é dividido nas colunas de: *To do*, *Doing* e *Done*. Já a metodologia SMART é utilizada na criação das tarefas, em que é importante frisar o objetivo e o que deve ser feito na atividade, além do prazo em que deve ser entregue.

6.5.3 Repositório

Com o objetivo de organizar de maneira mais eficiente e clara as informações relacionadas ao núcleo de software, foi criada uma organização no [GitHub](#) para caso fosse necessário a criação de vários repositórios para os núcleos do grupo.

Dentro da organização, foi criado um repositório para a equipe de *Software*, com o objetivo de armazenar e fazer o versionamento dos documentos criados pela equipe para o projeto, além de hospedar a [WIKI](#) com toda a documentação relacionado ao *Software* do projeto.

6.5.4 Elicitação e priorização de requisitos

Os requisitos de software citados na [Seção 5.2](#) foram elicitados através de duas técnicas. A primeira técnica de elicitação foi o *brainstorming*, onde a equipe se reuniu para discutir aspectos relevantes para o sistema de software. Posteriormente, cada um se utilizou da técnica de introspecção para fazer uma lista de requisitos, que em seguida foram unidos em um só documento e passaram por uma priorização.

Uma das abordagens utilizadas para a priorização de requisitos foi a aplicação do NFR *Framework*. O NFR *Framework* é uma abordagem orientada a processos, que procura tornar explícitas as metas a serem atingidas para que se obtenha sucesso na implementação de um requisito não funcional. É representado pelo SIG (Softgoal interdependency graph) que descreve como os *softgoals* são decompostos.

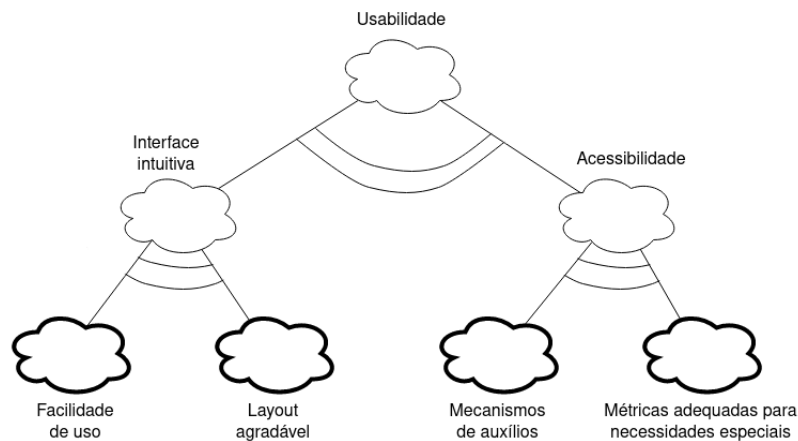
Um exemplo prático é o NFR de usabilidade, nele é representado as necessidades que o sistema deve cumprir para chegar ao nível de satisfação do público alvo, que neste caso são os clientes do restaurante.

Também foram utilizadas outras metodologias de priorização: *First Things First*, MoS-CoW e especificação suplementar. Todos esses documentos podem ser acessados através da [WIKI](#) do projeto.

6.5.5 Visão de caso de uso

A exploração dos casos de uso da aplicação visa descrever em detalhes como será o uso de cada atividade no sistema. Os casos de uso identificados para a Aplicação do **Robô Garçom** são:

Figura 17 – NFR referente a usabilidade.



Fonte: Autores.

Tabela 22 – Casos de Uso

ID UC	Descrição
UC01	Manter Usuário do Restaurante
UC02	Manter Cardápio do Restaurante
UC03	Visualizar o Cardápio
UC04	Visualizar Item do Cardápio
UC05	Manejar Itens no Carrinho
UC06	Adicionar observações aos Itens do Pedido
UC07	Incrementar Itens do Pedido
UC08	Visualizar Itens do Pedido
UC09	Realizar pedido
UC10	Cancelar Pedido
UC11	Processar Pagamento
UC12	Visualizar pedidos pagos
UC13	Visualizar tempo restante de espera

O diagrama geral de casos de uso a seguir apresenta a lógica de funcionamento do sistema.

Os casos de uso que envolvem as principais funcionalidades do sistema são:

- **UC03 Visualizar o Cardápio**

- **Ator:** Usuário Comum
- **Descrição:** Permite que o Usuário comum visualize o cardápio do restaurante em que se encontra.
- **Pré-condições:** O usuário deve ter um aparelho com acesso ao aplicativo.
- **Pós-condições:** O usuário deve conseguir ver na tela de seu aparelho o cardápio do restaurante em que se encontra.

Figura 18 – Diagrama de casos de uso do sistema.



Fonte: Autores.

– Fluxo normal:

1. O usuário entra no sistema e busca o cardápio do restaurante em que se encontra;
2. O usuário visualiza o cardápio do restaurante.

• UC09 Realizar Pedido**– Ator:** Usuário comum**– Descrição:** Permite que o usuário envie o seu pedido para ser preparado pelo restaurante.**– Pré-condições:** O usuário precisa ter itens adicionados ao seu carrinho.

- **Pós-condições:** O usuário é encaminhado para a tela de pagamento.

- **Fluxo normal:**

1. O usuário adiciona um ou mais itens ao seu carrinho;
2. O usuário vê os itens que adicionou ao carrinho;
3. O usuário confirma os itens que estão no carrinho;
4. O usuário é encaminhado para a tela de pagamento.

- **UC11 Processar Pagamento**

- **Ator:** Usuário Comum

- **Descrição:** Permite que o usuário escolha o método de pagamento e realize o pagamento.

- **Pré-condições:** O Usuário precisa ter feito um pedido.

- **Pós-condições:** O pedido é pago e enviado para o preparo pelo restaurante.

- **Fluxo normal:**

1. O usuário faz um pedido e é encaminhado para a tela de pagamento;
2. O usuário realiza o pagamento do pedido;
3. O pedido é enviado para o preparo pelo restaurante.

6.5.6 Arquitetura de Informação

Segundo definição do *Information Architecture Institute* (Instituto de Arquitetura da Informação), a Arquitetura da Informação (AI) é "a prática de decidir como organizar as partes de alguma coisa de modo a torná-la compreensível". Em outras palavras, a AI ajuda a equipe de software a determinar como se dará a organização do sistema, de maneira que este seja compreensível e que torne eficaz a interação entre o usuário e a interface com a qual ele está interagindo.

A prototipagem foi o método escolhido para construir a arquitetura da informação da aplicação, sendo executado em duas fases: protótipo de baixa fidelidade e de alta fidelidade.

6.5.6.1 Protótipo de baixa fidelidade

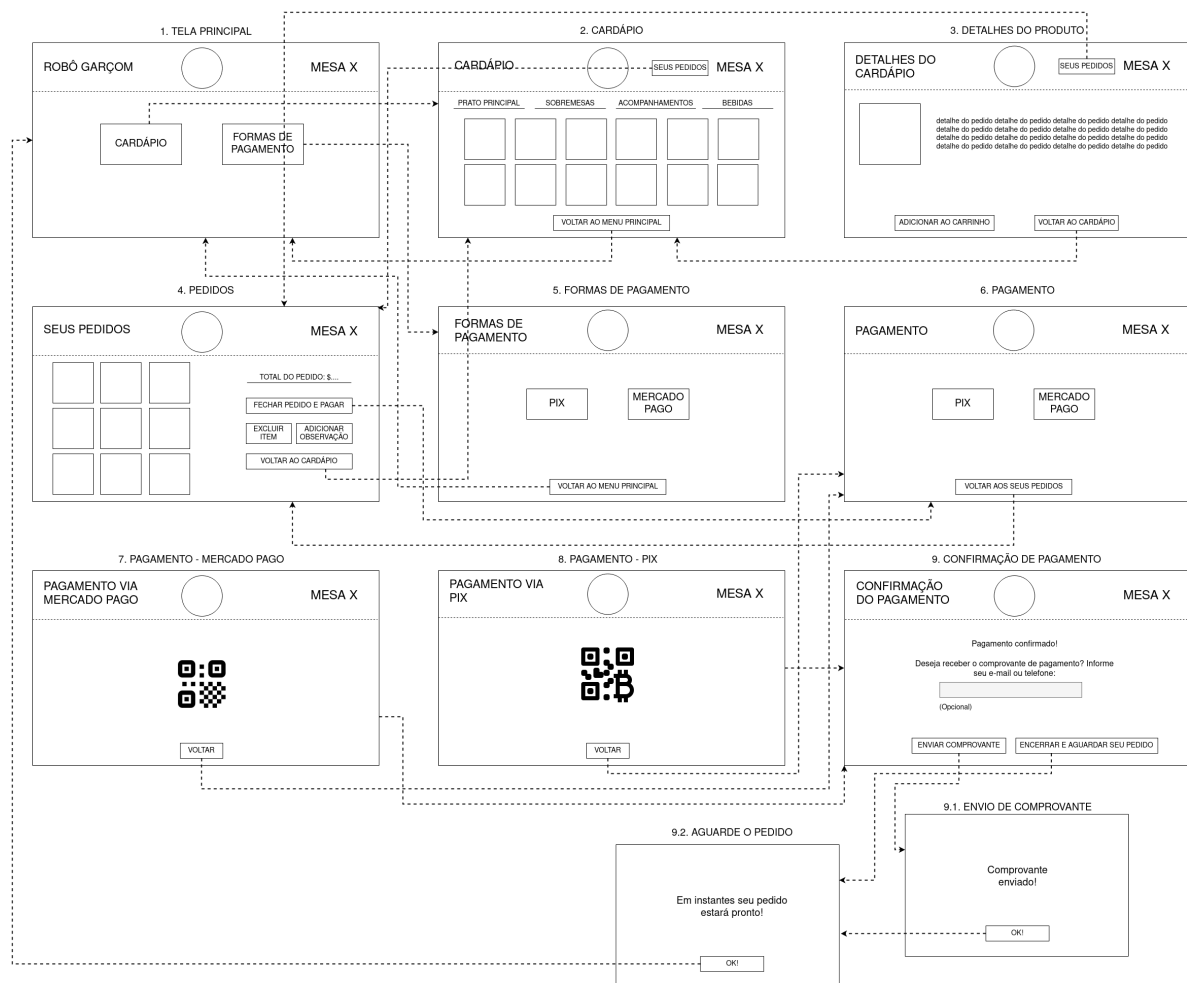
O objetivo da criação do protótipo de baixa fidelidade é a apresentação das telas e elementos de uma forma não tão próxima com o produto final. Essa prática permite a discussão sobre detalhes mais superficiais no momento das tomadas de decisão a respeito do design do software e a identificação de possíveis problemas de usabilidade e requisitos.

O design das telas do sistema foi discutido em reunião com a equipe de software, em que todos deram seu ponto de vista acerca dos pontos iniciais da interface do produto

em termos visuais e estéticos, e os aspectos básicos da experiência do usuário. Durante a reunião, alguns desenhos foram feitos com base nas sugestões dos membros, e podem ser vistos na [WIKI](#) do projeto.

Após a equipe de software entrar em consenso quanto à aparência das telas, foi desenvolvida uma segunda versão do protótipo de baixa-fidelidade (19), na plataforma *draw.io*, adicionando algumas telas para complementar a navegabilidade do aplicativo.

Figura 19 – Protótipo de baixa fidelidade.



Fonte: Autores.

Além das telas, também foram desenhados o fluxo das funcionalidades do aplicativo.

6.5.6.2 Protótipo de alta fidelidade

Criar um protótipo de alta fidelidade tem como finalidade apresentar as telas da forma mais próxima possível com o produto final. Esse processo permite o debate sobre detalhes aprofundados no momento das tomadas de decisão a respeito do design do software e a identificação de possíveis problemas de usabilidade, com base nas interações dos potenciais usuários do sistema.

O protótipo de alta fidelidade foi desenvolvido na plataforma *Figma*, por questões de facilidade na utilização da ferramenta e pela diversidade de funcionalidades presentes no mesmo. O protótipo tem como objetivo abranger, além da interface do produto em termos visuais e estéticos, os aspectos da experiência do usuário em termos de interações, fluxo e comportamento.

Para acessar o protótipo de alta fidelidade (20), na plataforma *draw.io* basta clicar na imagem a seguir.

Figura 20 – Protótipo de Alta fidelidade.



Fonte: Autores.

6.6 Análise SWOT

Matriz SWOT ou matriz FOFA é um método de planejamento estratégico que engloba a análise de cenários para tomada de decisões, observando 4 fatores. São eles: forças, oportunidades, fraquezas e ameaças.

- **Forças:** São as vantagens que o projeto possui em relação aos concorrentes. Seus diferenciais competitivos, as aptidões mais fortes do seu negócio.
- **Fraquezas:** São pontos que podem prejudicar e/ou interferir negativamente no andamento do projeto.
- **Oportunidades:** Forças externas que impactam positivamente o projeto.
- **Ameaças:** Forças externas que influenciam negativamente o projeto.

Figura 21 – Análise SWOT



7 Orçamento do projeto

Ao considerar o orçamento inicial do projeto, as áreas de desenvolvimento realizaram uma estimativa inicial sobre os custos do projeto. É importante ressaltar que o levantamento inicial realizado pelas áreas de automação e estruturas, foram focadas no produto, de maneira a não implementar os valores concretos de mão-de-obra e serviços. Por outro ângulo, a área de software realizou um levantamento focado mais na mão-de-obra e serviços, porém sem adicionar neste momento os custos referentes aos materiais necessários.

7.1 Custos para automação

Ao considerar a estimativa de valoração inicial da área de automação, os componentes definidos estão representados na Tabela 23. É importante levar em consideração que os componentes selecionados são todos vendidos no Brasil, no entanto, não foram coletados os valores quanto à transporte e variações de valores.

Tabela 23 – Tabela de custos para automação.

Subsistema	Componente	Modelo	Referência
Sensor de obstáculo A	Sensor Ultrassônico	HC-SR04	huinfinito.com.br/sensores/469-modulo-sensor-ultrassonico-hc-sr04.html
Sensor de obstáculo B	Sensor reflexivo infravermelho	-	produto.mercadolivre.com.br/mlb-696303409-sensor-obstaculo-infravermelho-para-arduino-smart-car-robo-_jm
Sensor de peso	Célula de carga 50Kg	YZC-133	produto.mercadolivre.com.br/mlb-1916492837-celula-de-carga-50-kg-preciso-pesagem-sensor-arduino-_jm
Conversor sensor de peso	Módulo Conversor 24bit Hx711 p/ Célula De Carga	HX711	produto.mercadolivre.com.br/mlb-1866940929-modulo-hx711-sensor-hx-711-carga-peso-balanca-arduino-_jm
Sensor de queda / impacto	Acelerômetro GY-61	GY-61 ADXL335	produto.mercadolivre.com.br/mlb-1524038424-modulo-acelermetro-adxl335-gy-61-3-eixos-_jm

Câmera de vídeo	Camera p/ Raspberry Pi	SNS3D	produto.mercadolivre.com.br/MLB-1729684335-camera-raspberry-5mp-pi1-pi2-pi3-rev-13-_JM
Controlador A	Esp32	ESP8266	produto.mercadolivre.com.br/MLB-1415694578-esp32-wifi-bluetooth-esp32s-esp-wroom-32-_JM
Controlador B	Raspberry Pi Zero W	Pi Zero W	robocore.net/placa-raspberry-pi/raspberry-pi-zero-w
Sistema de Bateria	BMS	CL-12-100	victronenergy.pt/media/pricelist/Web_PricelistVictron-EURO_2021-Q3.pdf
Sistema de Bateria	Bateria de Ion Lithium	Skyrich - LIX14	mgmoto.com.br/MLB-1854969394-bateria-litio-lix14-12ah-14ah-xt660hornetshadow-skyrich-_JM
Sistema de Bateria	Conversor CA/CC	Fashion-beauty	produto.mercadolivre.com.br/MLB-1876895158-conversor-ac-para-dc-12v-8a-100w-led-placa-da-fonte-de-_JM?matt_tool=18956390&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic
Sistema de Recarga	Cabo elétrico com plug macho (1.5 mm/1 m)	SilTRONICS	santil.com.br/produto/rabicho-pp-3-vias-075mm-x-15m-preto-macho-siltronics/471078/
Sistema de Movimentação	Cabo comando PP 3 vias (1.5 mm/1 m)	Samatec	samatec.com.br/cabo-comando-3-x-15m-metro/p?idsku=2003172&gclid=CjwKCAjw64eJBhAGEiWABr9o2EQ6yDBV6elNAOZNCIAjtz-gIM3IpInN24EsFr8ld8BU-RZSwCyUghoCQToQAvD_BwE
Sistema de Movimentação	Motor Rodas	TEK8	produto.mercadolivre.com.br/MLB-922172102-motor-12v-dc-90-rpm-com-caixa-de-reduco-alto-torque-_JM?matt_tool=18956390&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic
Sistema de Movimentação	Motor (Tampa/Atuadores)	WM040-05	produto.mercadolivre.com.br/MLB-1801953833-micro-motor-dc-5v-4000rpm-wotiom-_JM?matt_tool=18956390&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic

7.1.1 Sensoriamento e controle

Para a definição de custos relacionados aos sistemas eletrônicos do robô, foram pesquisados os valores para a compra dos componentes, dos módulos e dos controladores do Robô em sites nacionais. Tais componentes serão responsáveis por toda a parte de sensoriamento, comunicação e acionamento de atuadores que o robô precisar realizar. Nas Tabelas 7.1.1 pode-se ver quais dos itens serão utilizados no desenvolvimento do sistema eletrônico do Robô Garçon.

Tabela 24 – Preços dos componentes para Sensoriamento e controle.

Eletrônica	Componente	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço
Sensor de obstáculo A	Sensor Ultras-sônico	1	10,50	10,50
Sensor de obstáculo B	Sensor reflexivo infravermelho	4	9,75	39,00
Sensor de peso	Célula de carga 50Kg	1	14,90	14,90
Conversor sensor de peso	Módulo Conversor 24bit Hx711 p/ Célula De Carga	1	11,50	11,50
Sensor de queda / impacto	Acelerômetro GY-61	1	37,56	37,56
Controlador	Esp32	1	55,00	55,00
Circuitos de interface	Componentes e PCB dos circuitos a serem desenvolvidos pela equipe	3*	100*	300
Circuitos de acionamento	Componentes e PCB dos circuitos a serem desenvolvidos pela equipe	4*	200*	800
Mão-de-obra da equipe	Um dia trabalhado	6	266,67(Engenheiro Eletrônico, 2021)	1600
			Total (R\$)	2868,46

Legenda*: Valores estimados.

7.1.2 Alimentação

O descritivo da valoração dos sistemas de energia do Robô, está baseado em pesquisas referentes a equipamentos já existentes, para o aproveitamento máximo de tecnologias,

e o foco no desenvolvimento da estrutura e sistemas em si. Para tanto, estão descritos os valores para cada componente na Tabela 7.1.2.

Tabela 25 – Preços dos componentes para Alimentação.

Energia	Componente	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço
Sistema de Bateria	BMS	1	1111,99	1111,99
Sistema de Bateria	Bateria de Ion Lithium	1	599,9	599,9
Sistema de Bateria	Conversor CA/CC	1	83,47	83,47
Sistema de Recarga	Cabo elétrico com plug macho (1.5 mm/1 m)	1	19,9	19,9
Sistema de Movimentação	Cabo comando PP 3 vias (1.5 mm/1 m)	4	4,99	19,96
Sistema de Movimentação	Motor Rodas	2	168	336
Sistema de Movimentação	Motor Tampa/Atuadores	2	22,9	45,8
			Total (R\$)	2417,02

7.2 Custos de Estrutura

A tabela a seguir apresenta uma lista preliminar dos componentes que serão necessários para a concepção da estrutura do robô. Ressalta-se que algumas especificações quanto ao material e quantidades serão melhor definidas para o segundo ponto de controle.

Tabela 26 – Tabela de Componentes Estimadas

Subsistema	Componente	Q	Referência
Chassi	Tubos de aço (60 cm de comp)	6	https://bityli.com/QbRF6
Sistema de Locomoção	Rodas Motorizadas	2	https://bityli.com/ID9nu
Sistema de Locomoção	Rodas Não-Motorizadas	2	https://bityli.com/FRkdu
Carenagem Externa	Placa de alumínio (50 cm x 60 cm x 1 mm)	1	https://bityli.com/TWSGf
Carenagem Externa	Placa de alumínio (50 cm x 1 m x 1 mm)	2	https://bityli.com/TWSGf
Compartimento de Carga	Placa de alumínio (60 cm x 1 m x 1 mm)	6	https://bityli.com/TWSGf
Compartimento de Carga	Placa de alumínio (40 cm x 40 cm x 1 mm)	6	https://bityli.com/TWSGf
Mecanismo de Levantamento	Isolamento Térmico (40 cm x 40 cm)	1	https://bityli.com/gEHfj
Porta Automática	Tampa flexível	1	
Porta Automática	Motor	1	https://bityli.com/SmfM1
Compartimento de Eletrônica	Placa de alumínio (30 cm x 30 cm)	6	https://bityli.com/DoPiP
Compartimento de Eletrônica	Proteção contra líquidos (30 cm x 30 cm)	6	https://bityli.com/bPIcD

7.2.1 Componentes Estáticos

Para a carenagem externa da estrutura, os compartimentos de carga e eletrônica, o custo inicial foi estimado considerando o alumínio como material para a concepção. O material usado como parâmetro para a estimativa de custo do chassi foi o aço e componentes como o isolante térmico do compartimento de carga e a proteção contra líquidos do compartimento de eletrônica foram estimados de acordo com os existentes no mercado. A estimativa de custos foi compilada na [Tabela 27](#), da qual apresenta a quantidade pela letra "Q".

Tabela 27 – Custos Preliminares dos Componentes Estáticos

Subsistema	Componente	Q	Preço Unitário (R \$)	Preço (R \$)
Chassi	Tubos de Aço (60 cm de comp)	6	46,00	276,00
Carenagem Externa	Placa de Alumínio (50 cm x 60 cm x 70 mm)	1	57,12	57,12
Carenagem Externa	Placa de Alumínio (50 cm x 1 m x 70 mm)	2	95,20	190,40
Carenagem Externa	Placa de Alumínio (60 cm x 1 m x 70 mm)	2	114,24	228,48
Compartimento de Carga	Molde do Compartimento de Carga (40 cm x 40 cm x 1 mm)	6	30,00	180,00
Compartimento de Carga	Isolamento Térmico (40 cm x 40 cm)	6	8,44	50,66
Compartimento de Eletrônica	Placa de Alumínio (30 cm x 30 cm)	6	17,00	102,00
Compartimento de Eletrônica	Proteção contra líquidos (30 cm x 30 cm)	6	5,43	32,58
			Total (R \$)	1117,24

7.2.2 Componentes Móveis

O custo dos componentes móveis foi estimado na [Tabela 28](#). Foram encontrados de acordo com produtos existentes no mercado. O custo da tampa flexível e do trilho foram aproximados de acordo com mecanismos semelhantes.

Tabela 28 – Custos Preliminares dos Componentes Móveis

Subsistema	Componente	Q	Preço Unitário (R\$)	Preço (R\$)
Sistema de Locomoção	Rodas Motorizadas	2	89,78	179,56
Sistema de Locomoção	Rodas Não-Motorizadas	2	39,43	78,85
Mecanismo de Levantamento	Trilho	2	15,00	30,00
Porta Automática	Tampa flexível	1	136,71	136,71
			Total(R\$)	425,12

7.2.3 Estimativa de Custo

Foram considerados acréscimos percentuais em cima dos valores estimados a fim de obter diferentes suposições para o orçamento do projeto. Para o cenário otimista o acréscimo percentual foi de 50% do valor prévio, já para os cenários realista e pessimista foram adicionados 100% e 150 %, respectivamente.

Tabela 29 – Estimativa Total dos Custos

Núcleo	Prévia	Realista	Otimista	Pessimista
Componentes estáticos	425,12	637,67	850,23	1062,79
Componentes móveis	1117,24	1675,87	2234,49	2793,11
TOTAL (R \$)	1542,36	2313,54	3084,72	3855,90

7.3 Custos de Software

O orçamento dos custos de Software é calculado a partir do produto entre a quantidade de horas gastas para desenvolver cada funcionalidade do sistema - que são embasadas nos requisitos funcionais e não-funcionais levantados para o projeto -, e o custo de mão-de-obra dos desenvolvedores, que são divididos em: júnior, pleno e sênior.

Também é incluído na estimativa de custos o valor da integração entre software e a parte eletrônica do projeto, que consiste na programação de todos os componentes e a análise de dados obtidos através dos sensores.

O custo de mão-de-obra dos desenvolvedores foi baseado em um levantamento de salários de programadores, que está disponível na plataforma [talent.com](https://www.talent.com). Segundo o levantamento, o custo/hora de cada nível de programador é:

- Junior: R\$ 15,33
- Pleno: R\$ 25,78
- Senior: R\$ 37,69

A partir de uma análise de dificuldade no desenvolvimento de funcionalidades que irão satisfazer cada um dos requisitos, é definido a quantidade de horas que cada requisito irá demandar, que está representado na tabela 7.3.

Tabela 30 – Custos de horas.

ID	Requisitos	Horas
1	O usuário poderá acessar o aplicativo sem ter login.	10
2	O usuário poderá visualizar o cardápio do restaurante.	15
3	O usuário poderá visualizar detalhes sobre um item do menu.	14
4	O usuário poderá adicionar um item do menu no carrinho do seu pedido.	16
5	O sistema deverá ser capaz de mostrar a lista de itens que o usuário adicionou ao seu pedido.	18
6	O usuário poderá adicionar observações ao pedido.	12
7	O usuário poderá adicionar ingredientes extras a um item do seu pedido.	13
8	O usuário poderá excluir um item no carrinho do seu pedido.	10
9	O sistema deverá mostrar o valor total do pedido.	20
10	O aplicativo deverá disponibilizar um espaço para o usuário digitar códigos de promoção.	16
11	O sistema deverá mostrar o tempo previsto de espera para o pedido.	16
12	O usuário poderá cancelar o pedido antes do pagamento.	10
13	O aplicativo deverá mostrar as formas de pagamento disponíveis.	10
14	O usuário poderá escolher a forma de pagamento do pedido.	18
15	O sistema deverá processar o pagamento feito pelo usuário.	30
16	O aplicativo deve permitir fechar pedidos seguidos.	12
17	O aplicativo deve enviar o comprovante de pagamento para o usuário.	20
18	Integração de software e eletrônica.	30

A tabela 31 descreve o orçamento detalhado para o software, onde é descrito a quantidade de programadores de cada nível são necessários para desenvolver cada funcionalidade, e o valor da demanda por nível.

Tabela 31 – Custos de software.

ID	Horas	QTD Junior	QTD Pleno	QTD Senior	Valor Junior	Valor Pleno	Valor Senior	Total
1	10	1	2	0	R\$ 153,30	R\$ 515,60	R\$ 0,00	R\$ 668,90
2	15	2	1	2	R\$ 459,90	R\$ 386,70	R\$ 1.130,70	R\$ 1.977,30
3	14	1	0	1	R\$ 214,62	R\$ 0,00	R\$ 527,66	R\$ 742,28
4	16	0	2	0	R\$ 0,00	R\$ 824,96	R\$ 0,00	R\$ 824,96
5	18	0	1	1	R\$ 0,00	R\$ 464,04	R\$ 678,42	R\$ 1.142,46
6	12	1	1	1	R\$ 183,96	R\$ 309,36	R\$ 452,28	R\$ 945,60
7	13	0	2	1	R\$ 0,00	R\$ 670,28	R\$ 489,97	R\$ 1.160,25
8	10	2	1	0	R\$ 306,60	R\$ 257,80	R\$ 0,00	R\$ 564,40
9	20	2	0	0	R\$ 613,20	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 613,20
10	16	0	1	3	R\$ 0,00	R\$ 412,48	R\$ 1.809,12	R\$ 2.221,60
11	16	0	1	3	R\$ 0,00	R\$ 412,48	R\$ 1.809,12	R\$ 2.221,60
12	10	1	1	0	R\$ 153,30	R\$ 257,80	R\$ 0,00	R\$ 411,10
13	10	2	1	0	R\$ 306,60	R\$ 257,80	R\$ 0,00	R\$ 564,40
14	18	2	2	3	R\$ 551,88	R\$ 928,08	R\$ 2.035,26	R\$ 3.515,22
15	30	2	2	3	R\$ 919,80	R\$ 1.546,80	R\$ 3.392,10	R\$ 5.858,70
16	12	1	1	1	R\$ 183,96	R\$ 309,36	R\$ 452,28	R\$ 945,60
17	20	0	1	3	R\$ 0,00	R\$ 515,60	R\$ 2.261,40	R\$ 2.777,00
18	30	0	1	3	R\$ 0,00	R\$ 773,40	R\$ 3.392,10	R\$ 4.165,50
Total	290	.	.	.	R\$ 4.047,12	R\$ 8.069,14	R\$ 15.038,31	R\$ 31.320,07

O total de horas estimadas para o desenvolvimento do software é de 290. Considerando um mês com 168 horas de trabalho (21 dias úteis e 8 horas de trabalho ao dia), o prazo para o desenvolvimento da aplicação é de aproximadamente 1 mês e 16 dias.

7.4 Orçamento geral

A estimativa de custo geral do projeto está descrito na [Tabela 7.4](#).

Tabela 32 – Orçamento geral.

Geral	Previsto (R\$)
Estrutura	1.542,36
Sensoriamento e controle	2.868,42
Alimentação	2.417,02
Custo de software	31.320,07
Total:	38.147,87

8 Gerenciamento de riscos

8.1 Levantamento de riscos

O gerenciamento dos riscos do projeto tem por objetivo diminuir a probabilidade e/ou o impacto de riscos negativos, a fim de otimizar as chances de sucesso do projeto. (Guia PMBOK®)

Baseando-se na metodologia de gerenciamento dos riscos de projeto apresentada no livro Project Management Body of Knowledge (PMBOK), os riscos levantados pelo grupo serão classificados quanto à prioridade, que é definida a partir do produto entre os pesos de impacto do risco ao projeto e probabilidade de ocorrência.

$$\textit{Prioridade} = \textit{Impacto} \times \textit{Probabilidade}$$

O impacto do risco ao projeto é categorizado em cinco níveis:

- Muito baixo: De pouca relevância para o projeto - Peso 1
- Baixo: Expressa pouco impacto sobre o projeto - Peso 2
- Médio: Impacto considerável - Peso 3
- Alto: Grande impacto no projeto - Peso 4
- Muito alto: Impede o prosseguimento do projeto - Peso 5

Da mesma forma, a categorização da probabilidade do risco se dá em cinco níveis de porcentagem:

- Muito baixa: intervalo de 0% à 20% - Peso 1
- Baixa: intervalo de 21% à 40% - Peso 2
- Média: intervalo de 41% à 60% - Peso 3
- Alta: intervalo de 61% à 80% - Peso 4
- Muito alta: intervalo de 81% à 100% - Peso 5

Quanto à Estrutura Analítica de Riscos (EAR), será utilizado um modelo personalizado que se baseia nos objetivos do projeto. A Figura 22 demonstra a EAR planejada para o projeto **Robô Garçom**.

Figura 22 – Estrutura Analítica de Riscos (EAR). Fonte: Autores.

EAR NÍVEL 0	EAR NÍVEL 1	EAR NÍVEL 2
0. TODAS AS FONTES DE RISCO DO PROJETO	1. RISCO TÉCNICO	1.1 Definição do escopo
		1.2 Definição dos requisitos
		1.3 Estimativas, premissas, e restrições
		1.4 Processos técnicos
		1.5 Tecnologia
	2. RISCO DE GERENCIAMENTO	2.1 Gerenciamento de projetos
		2.2 Gerenciamento de operações
		2.3 Organização
		2.4 Recursos
		2.5 Comunicação
	3. RISCO COMERCIAL	3.1 Termos e condições do contrato
		3.2 Fornecedores e prestadores de serviço
		3.3 Estabilidade do cliente
		3.4 Parcerias e joint ventures
	4. RISCO EXTERNO	4.1 Legislação
		4.2 Local/instalações
		4.3 Meio ambiente/clima
		4.4 Concorrência
		4.5 Regulamentação

Por fim, as tabelas a seguir apresentam os riscos levantados, classificados a partir da categorização da EAR e da prioridade.

Tabela 33 – Riscos técnicos

ID	Descrição do risco	Consequência	I	P	I×P
RT01	Trabalho fora do escopo	Gasto de tempo e energia.	3	2	6
RT02	Dificuldade da equipe com as tecnologias utilizadas	Atraso nas entregas, dificuldade de interação entre a equipe e baixa qualidade do produto final.	4	2	8
RT03	Escolha de tecnologias inadequados ao projeto	Não entrega do produto ou entrega inferior.	5	2	10
RT04	Foco em atividades pouco relevantes para o projeto	Tempo e energia desperdiçados.	2	2	4
RT05	Falta de perícia na integração software/eletrônica	Não entrega do produto ou entrega inferior.	5	3	15
RT06	Algoritmo de procura não ser adequado à necessidade do Robô Garçom	Solução não otimizada, aumentando a probabilidade de erros ou defeitos.	5	4	20
RT07	Falha na integração dos sensores e atuadores após a montagem	Não funcionamento completo do produto	5	1	5
RT08	Falha na comunicação Hardware/Software	Não funcionamento completo do produto	4	1	4
RT09	Erro no dimensionamento da alimentação do produto	Alimentação não adequada do sistema	3	1	3
RT10	Falha no percurso Cozinha/mesa	Não entregará o alimento o cliente	4	2	8
RT11	Falha na comunicação entre robô e a mesa	O robô não chegará até a mesa	5	2	10
RT12	Falha no deslocamento e desvio de obstáculos	Acidentes ou dano ao produto e/ou alimento	3	2	6
RT13	Falta de carga durante a operação do robô	Robô descarregado durante a operação	3	2	6
RT14	Robô não ser suficientemente estável	Não entrega do produto ou entrega inferior	5	3	15
RT15	Estrutura não ser capaz de sustentar todas as cargas	O robô não será capaz de entregar alguns ou todos os pedidos	5	1	4
RT16	Excesso de vibrações durante operação	Entrega inferior do produto	4	4	16
RT17	Dificuldade de fabricação das peças projetadas	Aumento de custos e atraso nas entregas	3	2	6

Tabela 34 – Riscos de gerenciamento

ID	Descrição do risco	Consequência	I	P	I×P
RG01	Desistência de um membro	Sobrecarga de trabalho para o restante da equipe.	4	2	8
RG02	Falta de comunicação entre membros	Atraso nas entregas e retrabalho.	3	3	9
RG03	Mal gerenciamento da equipe	Desmotivação da equipe e produto final de baixa qualidade.	5	2	10
RG04	Conflitos internos	Desmotivação da equipe e desistência de membros.	4	3	12
RG05	Cronograma inviável	Sobrecarga da equipe e não cumprimento de prazos.	4	2	8
RG06	Sobrecarga de membros	Desmotivação da equipe e entregas de baixa qualidade.	4	3	12
RG07	Atraso nas entregas	Impedimento da continuidade do projeto.	5	3	15
RG08	Produtividade abaixo do esperado	Atraso na entrega e sobrecarga de outros membros.	5	2	10

Tabela 35 – Riscos comerciais

ID	Descrição do risco	Consequência	I	P	I×P
RC01	Fornecedores entregarem insumos de baixa qualidade	Atraso na produção.	5	3	15
RC02	Atraso na entrega de insumos	Impedimento da continuidade do projeto.	5	4	20
RC03	Troca de prestadores de serviço	Atraso na produção.	3	3	9

RC04	Aumento de custo da matéria-prima	Aumento do valor do produto final.	3	3	9
RC05	Quebra de contrato	Multa e perda de um possível cliente para o produto.	5	4	20
RC06	Inadimplência de clientes	Falta de recebimento pelas vendas realizadas.	3	1	3

Tabela 36 – Riscos externos

ID	Descrição do risco	Consequência	I	P	I×P
RE01	Restaurante não ter infraestrutura adequada	Quebra de contrato por inviabilidade de uso do produto.	5	2	10
RE02	Produto concorrente com um custo-benefício maior	Diminuição do número de possíveis clientes.	4	3	12
RE03	Produto não ser aprovado em testes de qualidade	Reestruturação de todo o projeto.	5	2	10
RE04	Produto não atender alguma norma técnica ou legislativa	Reestruturação de todo o projeto.	5	2	10

8.2 Plano de contingências

Nessa seção, são apresentadas medidas preventivas - para evitar que os riscos apresentados anteriormente ocorram efetivamente -, e medidas corretivas, com o objetivo de amenizar o impacto da complicação no projeto.

Tabela 37 – Medidas de contingência

ID	Medidas Preventivas	Medidas Corretivas
RT01	Ter um entendimento maior sobre o projeto como um todo e manter comunicação constante com os membros de outros núcleos	Revisar o escopo e refatorá-lo, se necessário.
RT02	e Fazer um levantamento em equipe sobre as tecnologias conhecidas e criar um quadro de conhecimentos	Fazer uma nova escolha de tecnologias de acordo com o perfil da equipe.
RT03	Fazer um levantamento em equipe sobre as tecnologias que sejam mais adequadas às necessidades do projeto	Fazer uma nova escolha de tecnologias de acordo com a necessidade do produto.
RT04	Priorizar as atividades essenciais para o projeto	Repensar os objetivos do projeto e redefinir as tarefas.
RT05	Constante comunicação entre os núcleos de software e eletrônica, para alinhamento de ideias.	Aumentar o nível de conhecimento acerca das técnicas de integração e melhorar a interação entre os núcleos.
RT06	Fazer um levantamento da melhor tecnologia que satisfaça esse requisito.	Pesquisar novos algoritmos para determinar qual será mais adequado ao projeto.
RT07	Estudo e simulação dos sistemas por partes antes da construção completa	Montagem dos componentes por partes para identificação e correção do problema.
RT08	Estudo de compatibilidade dos softwares embarcados no hardware com a programação utilizada no projeto	Readequação da programação para integrar os componentes utilizados
RT09	Subdimensionamento supondo casos críticos, acrescentando margens de erro	Novo dimensionamento de componentes chaves na alimentação

RT10	Estudo aprimorado dos componentes responsáveis por identificar o trajeto	estudo de novos componentes para guiar o robô e/ou outro método
RT11	Acréscimo de redundâncias na comunicação robô/mesa	Aprimoramento e/ou pesquisa de novos meios de comunicação robô/mesa
RT12	Estudo de métodos de desvio de obstáculos utilizados em produtos semelhantes	Incluir restrições na operação do robô no manual do produto e sugestão das condições ideais de trabalho
RT13	Subdimensionamento da alimentação	Inclusão de fonte de alimentação de emergência, como um plug conector.
RT14	Simulações numéricas para garantir a estabilidade do robô em condições de operação	Reprojetar a estrutura e/ou diminuir as velocidades e acelerações de operação
RT15	Simulações numéricas e projeto com fator de segurança adequado	Reprojetar a estrutura
RT16	Simulações numéricas e projeto de suspensão de acordo com a necessidade	Reprojetar a suspensão
RG01	Motivação constante da equipe	Redistribuição de tarefas
RG02	Reuniões constantes para estimular o entrosamento da equipe.	Procurar o problema que está causando a falta de comunicação.
RG03	Buscar feedbacks constantes sobre o desempenho da equipe de trabalho	Mudança de metodologia de gerenciamento.
RG04	Manter diálogo constante e amigável.	O gerente deve buscar resolver o conflito entre os membros.
RG05	Planejamento com base nas entregas do projeto, tentando sempre manter um período de revisão antes de cada entrega.	Priorização e redistribuição de tarefas.
RG06	Distribuição proporção de tarefas entre os membros.	Redistribuição de tarefas.
RG07	Determinar um prazo de acordo com o nível de dificuldade da tarefa.	Aumentar o prazo de entrega da tarefa ou designar mais responsáveis para concluí-la.
RG08	Conferimento constante da qualidade das tarefas realizadas.	Redefinição de prazos e/ou redistribuição das tarefas

RC01	Escolher fornecedores com boa reputação.	Buscar novos fornecedores.
RC02	Considerar no prazo uma margem para atrasos.	Dar prosseguimento em outras etapas do projeto que não necessitam do insumo em atraso.
RC03	Ter em mãos uma lista com outros prestadores de serviço, em caso de inviabilidade do fornecedor principal.	Contatar novos prestadores de serviço o mais rápido possível.
RC04	Possuir um fundo de garantia no orçamento para eventual aumento de preços e desenvolver um estoque de insumos	Fazer uma nova pesquisa de preços para encontrar o melhor custo-benefício.
RC05	Confirmar se a necessidade de ambas as partes estão sendo atendidas, antes da assinatura do contrato.	Buscar um acordo entre as partes envolvidas.
RC06	Criação de um mecanismo de gestão de crédito dos clientes.	Estabelecimento e aplicação de regras de cobrança.
RE01	Deixar claro no escopo os pré-requisitos para a utilização do Robô Garçom	Sugerir modificações no estabelecimento.
RE02	Garantir que o produto tenha um custo-benefício justo.	Não há medida corretiva.
RE03	Realização de testes contínuos	Refatoração de projeto e aplicação de testes mais rigorosos.
RE04	Realizar ampla pesquisa de normas e legislações que se aplicam ao projeto.	Buscar correções o mais breve possível.

9 Cronograma do projeto

A tabela 9 descreve o início e o fim previsto do projeto, bem como o início e o fim realizado. Em sequência, a Tabela 39 traz as atividades gerais da equipe, como reuniões e preenchimento de seções do relatório.

Tabela 38 – Cronograma geral.

Geral	Previsto	Realizado
Início do projeto	30/07/2021	30/07/2021
Fim do projeto	10/10/2021	–

Tabela 39 – Cronograma de atividades.

ID	Atividade	Início Previsto	Início Realizado	Fim Previsto	Fim Realizado	Atividades Predecessoras	Responsáveis
1	Reunião - Decisão sobre forma de gestão	30/07/2021	30/07/2021	30/07/2021	30/07/2021	–	Geral
2	Criação do projeto no overleaf	28/07/2021	28/07/2021	28/07/2021	28/07/2021	–	Coordenador geral
3	Criação do repositório do projeto	28/07/2021	28/07/2021	28/07/2021	28/07/2021	–	Coordenador geral
4	Reunião líderes - Alinhamento de ideias	13/08/2021	13/08/2021	13/08/2021	13/08/2021	–	Líderes
5	Cronograma do projeto	13/08/2021	14/08/2021	19/08/2021	16/08/2021	–	Líder de software

6	Requisitos do projeto	13/08/2021	15/08/2021	20/08/2021	23/08/2021	7	Líderes
7	Termo de abertura do projeto (TAP)	13/08/2021	15/08/2021	16/08/2021	15/08/2021	4	Coordenador geral
8	Estrutura Analítica de Projeto (EAP) - Características gerais	13/08/2021	14/08/2021	17/08/2021	16/08/2021	4	Líderes
9	RH: Equipe de trabalho	30/07/2021	30/07/2021	30/07/2021	30/07/2021	1	Geral
10	Resumo relatório	16/08/2021	16/08/2021	20/08/2021	16/08/2021	6	Coordenador geral
11	Introdução relatório	16/08/2021	23/08/2021	22/08/2021	30/08/2021	–	Geral
12	Nome Comercial e conceito para o produto	16/08/2021	16/08/2021	20/08/2021	20/08/2021	–	Coordenador geral
13	Elaborar requisitos por núcleo	16/08/2021	17/08/2021	23/08/2021	28/08/2021	–	Líderes
14	Mercado alvo	16/08/2021	16/08/2021	20/08/2021	20/08/2021	–	Coordenador geral
15	Legislação/Normas	16/08/2021	17/08/2021	23/08/2021	25/08/2021	12	Líderes
16	Justificativa	16/08/2021	18/08/2021	23/08/2021	30/08/2021	–	Líder de estrutura
17	Indicadores	16/08/2021	17/08/2021	23/08/2021	28/08/2021	12	Líder de software
18	Concorrência	16/08/2021	18/08/2021	23/08/2021	23/08/2021	–	Líder de automação
19	Descrição de estrutura	16/08/2021	23/08/2021	28/08/2021	30/08/2021	12	Equipe de estrutura

20	Descrição de automação e componentes	16/08/2021	16/08/2021	28/08/2021	29/08/2021	12	Equipe de automação
21	Descrição de Software	16/08/2021	18/08/2021	23/08/2021	29/08/2021	12	Equipe de software
23	Levantamento de custos	16/08/2021	21/08/2021	23/08/2021	27/08/2021	12	Líderes
24	Levantamento de riscos e plano de contingência	16/08/2021	18/08/2021	23/08/2021	29/08/2021	–	Líderes
25	Tabela de atividades por núcleo	16/08/2021	16/08/2021	23/08/2021	30/08/2021	–	Líderes
26	Planilha de auto avaliação PC 1	23/08/2021	23/08/2021	28/08/2021	30/08/2021	–	Geral
27	Apresentação PC1	03/09/2021	03/09/2021	03/09/2021	03/09/2021	–	Líderes
28	Reunião sobre feedback 01	A decidir	A decidir	A decidir	A decidir	26	Geral
29	Refatoração do Documento	A decidir	A decidir	A decidir	A decidir	–	Geral
30	Descrição de Estrutura e CAD	A decidir	A decidir	A decidir	A decidir	–	Equipe de estrutura
31	Descrição de automação e Diagramas	A decidir	A decidir	A decidir	A decidir	–	Equipe de automação
32	Diagramas Arquiteturais de Software	A decidir	A decidir	A decidir	A decidir	–	Equipe de software
33	Análise SWOT	29/08/2021	29/08/2021		29/08/2021	–	Gerente de Qualidade
34	Planilha de auto avaliação PC 2	A decidir	A decidir	A decidir	A decidir	–	Geral
35	Apresentação PC2	A decidir	A decidir	A decidir	A decidir	–	Líderes
36	Reunião sobre feedback 02	A decidir	A decidir	A decidir	A decidir	–	Geral
37	Revisão Final	A decidir	A decidir	A decidir	A decidir	–	Geral

38	Apresentação Final	A decidir	A decidir	A decidir	A decidir	–	Líderes
----	--------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	---	---------

9.1 Atividades de Automação

A área de automação, da qual conta com as subáreas de energia e eletrônica dividiram as suas atividades a partir dos sistemas e sensores. a Figura: 23 apresenta o descritivo das atividades a serem desenvolvidas na área de automação. Definidas as atividades, foi re-

Figura 23 – Cronograma descritivo para atividades específicas da automação.

Descritivo das atividades			
Alimentação		Sensoriamento e controle	
En.1.	Sistema de Carregamento	El.1.	Pesquisas
En.1.1.	Carregamento por indução	El.2.	Determinação de Sensores
En.1.2.	Bobinas	El.2.1.	Sensor de Impacto
En.1.3.	Base	El.2.2.	Sensor de Queda
En.2.	Sistema de Baterias	El.2.3.	Sensor de Obstáculo
En.2.1.	Transformação CA/CC	El.2.4.	Sensor de Peso
En.2.2.	Bateria	El.3.	Circuitos de Interface
En.2.3.	BMS	El.3.1.	Módulo Conversor Hx711
En.3.	Sistema de Movimentação	El.4.	Atuadores
En.3.1.	Motor Atuador	El.4.1.	Circuitos de Driver p/ Motores
En.3.2.	Motor Tampa	El.5.	Programação dos µC
En.3.3.	Motor Rodas	El.6.	Documentação
En.4.	Pesquisas	El.7.	Simulação
En.5.	Documentação		
En.6.	Simulação		
En.7.	Matriz de decisão		

alizado a distribuição delas de acordo com o desenvolvimento do projeto e das interações entre as áreas, de maneira em que todo o projeto tenha um andamento conjunto. Este andamento está apresentado na Figura 24.

Figura 24 – Cronograma da automação.

Tarefas	Data de Início	Duração em dias	Data de Término
En.1.	04/08/2021	30	03/09/2021
En.1.1.	04/08/2021	10	14/08/2021
En.1.2.	14/08/2021	10	24/08/2021
En.1.3.	24/08/2021	10	03/09/2021
En.2.	03/09/2021	50	23/10/2021
En.2.1.	03/09/2021	10	13/09/2021
En.2.2.	13/09/2021	20	03/10/2021
En.2.3.	13/09/2021	40	23/10/2021
En.3.	03/09/2021	20	23/09/2021
En.3.1.	03/09/2021	10	13/09/2021
En.3.2.	03/09/2021	10	13/09/2021
En.3.3.	03/09/2021	20	23/09/2021
En.4.	04/08/2021	86	29/10/2021
En.5.	14/08/2021	76	29/10/2021
En.6.	05/10/2021	24	29/10/2021
En.7.	14/08/2021	30	13/09/2021
EI.1.	04/08/2021	86	29/10/2021
EI.2.	04/08/2021	20	24/08/2021
EI.2.1.	04/08/2021	20	24/08/2021
EI.2.2.	04/08/2021	20	24/08/2021
EI.2.3.	04/08/2021	20	24/08/2021
EI.2.4.	04/08/2021	20	24/08/2021
EI.3.	24/08/2021	30	23/09/2021
EI.3.1.	24/08/2021	30	23/09/2021
EI.4.	24/08/2021	30	23/09/2021
EI.4.1.	24/08/2021	30	23/09/2021
EI.5.	03/09/2021	30	03/10/2021
EI.6.	14/08/2021	76	29/10/2021
EI.7.	05/10/2021	24	29/10/2021

9.2 Atividades de Estruturas

Tabela 40 – Atividades de Estruturas

Atividade	Início	Fim	Responsáveis
Dimensionamento do robô	12/08/2021	26/08/2021	Luiz
Requisitos	06/08/2021	26/08/2021	Todos
Regra de Negócios	06/08/2021	26/08/2021	Isabella
Orçamentário	06/08/2021	26/08/2021	Isabella
Riscos	12/08/2021	26/08/2021	Isaac
Arquitetura da tampa	12/08/2021	26/08/2021	Isabella

Arquitetura do sistema de levantamento automático	12/08/2021	26/08/2021	Isaac
Arquitetura do Sistema de Locomoção	12/08/2021	26/08/2021	Lucas
Análise das Velocidade e Acelerações	12/08/2021	26/08/2021	Ana

9.3 Atividades de Software

Tabela 41 – Atividades de Software

Atividade	Início	Fim	Responsáveis
Visão de produto - Visão geral	06/08/2021	11/08/2021	Todos
Objetivo de negócio - Visão geral	06/08/2021	11/08/2021	Todos
Objetivo do produto - Visão geral	06/08/2021	11/08/2021	Todos
O que é? O que faz? O que não é? O que não faz?	06/08/2021	11/08/2021	Todos
Desenhos - Protótipo baixa fidelidade	06/08/2021	11/08/2021	Todos
Visão de produto	12/08/2021	17/08/2021	Samuel
Objetivos de produto e negócio	12/08/2021	17/08/2021	Letícia
Requisitos funcionais e não funcionais	12/08/2021	17/08/2021	Bruna
Rich Pictures	12/08/2021	17/08/2021	Todos
MoScoW	12/08/2021	17/08/2021	Damarcones
First things First	12/08/2021	17/08/2021	Samuel
NFR	12/08/2021	17/08/2021	Damarcones
Especificação suplementar	12/08/2021	17/08/2021	Letícia
Protótipo de baixa fidelidade	12/08/2021	17/08/2021	Todos
Cronograma de atividades	12/08/2021	17/08/2021	Bruna
Organizar a WIKI	12/08/2021	17/08/2021	Bruna
Protótipo de alta fidelidade	18/08/2021	23/08/2021	Todos
Casos de uso	18/08/2021	23/08/2021	Samuel
Diagramas de casos de uso	18/08/2021	23/08/2021	Samuel
Histórias de usuário	18/08/2021	23/08/2021	Letícia
Épicos	18/08/2021	23/08/2021	Letícia
Plano de gerenciamento de riscos e plano de contingência	18/08/2021	23/08/2021	Bruna
Estimativa de custos	18/08/2021	23/08/2021	Bruna

Metodologia	18/08/2021	23/08/2021	Bruna
Legislação/normas	18/08/2021	23/08/2021	Samuel
Indicadores	18/08/2021	23/08/2021	Letícia
Preencher planilha de atividades	18/08/2021	23/08/2021	Bruna
Requisitos de software	18/08/2021	23/08/2021	Bruna
Requisitos gerais	18/08/2021	23/08/2021	Damarcones
Descrição do aplicativo (introdução da parte de software no relatório)	18/08/2021	23/08/2021	Damarcones
Proposta de inovação	18/08/2021	23/08/2021	Todos
Elicitação de requisitos (Relatório) - NFR, First things first, MoSCoW especificação complementar	18/08/2021	23/08/2021	Damarcones, Letícia, Samuel
Arquitetura da informação (protótipos)	18/08/2021	23/08/2021	Damarcones
Repositório (Relatório)	18/08/2021	23/08/2021	Damarcones
Identidade visual	18/08/2021	23/08/2021	Bruna
Backlog	18/08/2021	23/08/2021	Letícia

Referências

AMY waitress. <<https://www.servicerobots.com/amy-waitress/>>. Online, acessado em 20 de agosto de 2021. Citado 3 vezes nas páginas 18, 19 e 28.

BELLABOT. <https://www.pudurobotics.com/ads/bellabot/br?gclid=CjwKCAjwmeiIBhA6EiwA-uaeFZebHWfA7mQd27BZM_NsdsqItX7VkpM6LJOhyDg_qMLm0BE_qO8OxoCNnQQAxD_BwE>. Online, acessado em 20 de agosto de 2021. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.

CASTOR and trolley wheel. <<https://www.shakedeal.com/mr-wheel-100x38-mwll-wcp-bb-castor-and-trolley-wheel-dp1>>. Online, acessado em 25 de agosto de 2021. Citado na página 43.

CONSUMO, M. e. *Autoatendimento cresce no foodservice brasileiro*. 2018. <<https://mercadoeconsumo.com.br/2018/06/18/autoatendimento-cresce-no-foodservice-brasileiro/>>. Online, acessado em 20 de de 2021. Citado na página 28.

CORTELLETTI, D. *Introdução à programação de microcontroladores Microchip PIC*. [S.l.]: Dossiê Técnico, SENAI-RS, Centro Tecnológico de Mecatrônica, 2006. Citado na página 11.

COSTA, A. d. S. C.; SANTANA, L. C. d.; TRIGO, A. C. Qualidade do atendimento ao cliente: um grande diferencial competitivo para as organizações. *Revista de Iniciação Científica-RIC Cairu*, v. 2, n. 2, p. 155–172, 2015. Citado na página 11.

CSJBOT. <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/csjbot-catering-hotel-serving-food-waiter-human-restaurant-service-delivery-humanoid-intelligent-1.html?spm=a2700.7724857.topad_classic.d_title.5afa101etVxchO>. Online, acessado em 20 de agosto de 2021. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.

EAE business school. *Fastfood consumption*. 2014. <https://brasil.elpais.com/brasil/2016/01/21/economia/1453403379_213071.html>. Online, acessado em 20 de de 2021. Citado na página 28.

Engenheiro Eletrônico. *Engenheiro Eletrônico - O que faz, Salário, Formação*. [S.l.]: Vagas, 2021. <<https://www.vagas.com.br/cargo/engenheiro-eletronico>>. Online, acessado em 22 de agosto de 2021. Citado na página 69.

FIGUEIREDO, M. Navegação autônoma de robôs. Escola de Informática da SBC - Regional Sul., 1999. Citado na página 11.

GARRAFA cônica baixa. <<http://bidolux.com.br/produto/garrafa-conica-baixa-750-ml/>>. Online, acessado em 22 de agosto de 2021. Citado na página 33.

HASSAN, H. S. et al. An overview of local positioning system: Technologies, techniques and applications. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/17459>>. Citado 3 vezes nas páginas 24, 51 e 53.

KEENON. <<https://www.keenonrobot.com/EN/Product/pro2.html>>. Online, acessado em 20 de agosto de 2021. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.

KOTLER PHILIP E ARMSTRONG, G. *Princípios de Marketing*. 9. ed. [S.l.]: PrenticeHall, 2003. v. 2. Citado na página 11.

LORA, F.; HEMERLY, E. M.; LAGES, W. F. Sistema para navegação e guiagem de robôs móveis autônomos. *Controle & Automação*, v. 9, n. 3, p. 107–118, 1998. Citado na página 11.

METAIS, G. A. e. *Propriedades Mecânicas do Alumínio*. <<https://www.gilena.com.br/propriedades-mecanicas-aluminio.php>>. Online, acessado em 29 de agosto de 2021. Citado na página 45.

Michaelis. *Moderno dicionário da língua portuguesa*. 1998. <<https://michaelis.uol.com.br/busca?id=BVqoW>>. Online, acessado em 29 de agosto de 2021. Citado na página 11.

ORIHIME-D. <<https://orylab.com/en/#product>>. Online, acessado em 20 de agosto de 2021. Citado na página 19.

PEREIRA, e. a. A concepção de robótica dos alunos de nível médio a partir da representação de protótipos relacionados ao conceito de titulação. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. [S.l.: s.n.], 2013. Citado na página 11.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *GUIA PMBOK®: Um Guia para o Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos*. 2017. <[Sextaediç~ao,Pennsylvania:PMI](https://www.pmi.org/pt-br/publications/standards)>. Sexta edição, Pennsylvania: 2017. Citado na página 31.

PSCHEIDT, É. R. Robô autônomo–modelo chão de fábrica. *UNICENP/NCET, Engenharia da Computação, Curitiba*, 2007. Citado na página 11.

RESEARCH, A. M. *Sensor Market*. 2021. <<https://www.alliedmarketresearch.com/sensor-market>>. Online, acessado em 20 de de 2021. Citado na página 28.

RODA giratória de borracha. <<https://pt.aliexpress.com/item/4000192092183.html>>. Online, acessado em 25 de agosto de 2021. Citado na página 43.

RODA rígida de plástico. <<https://www.ofertaviva.com.br/produto/uxcell-4-pces-3-polegada-rodizios-rigidos-nao-giratorios-pp-placa-superior-da-roda-de-plastico-mo.html>>. Online, acessado em 25 de agosto de 2021. Citado na página 42.

SERVI. <<https://www.bearrobotics.ai/O>>. Online, acessado em 20 de agosto de 2021. Citado na página 19.

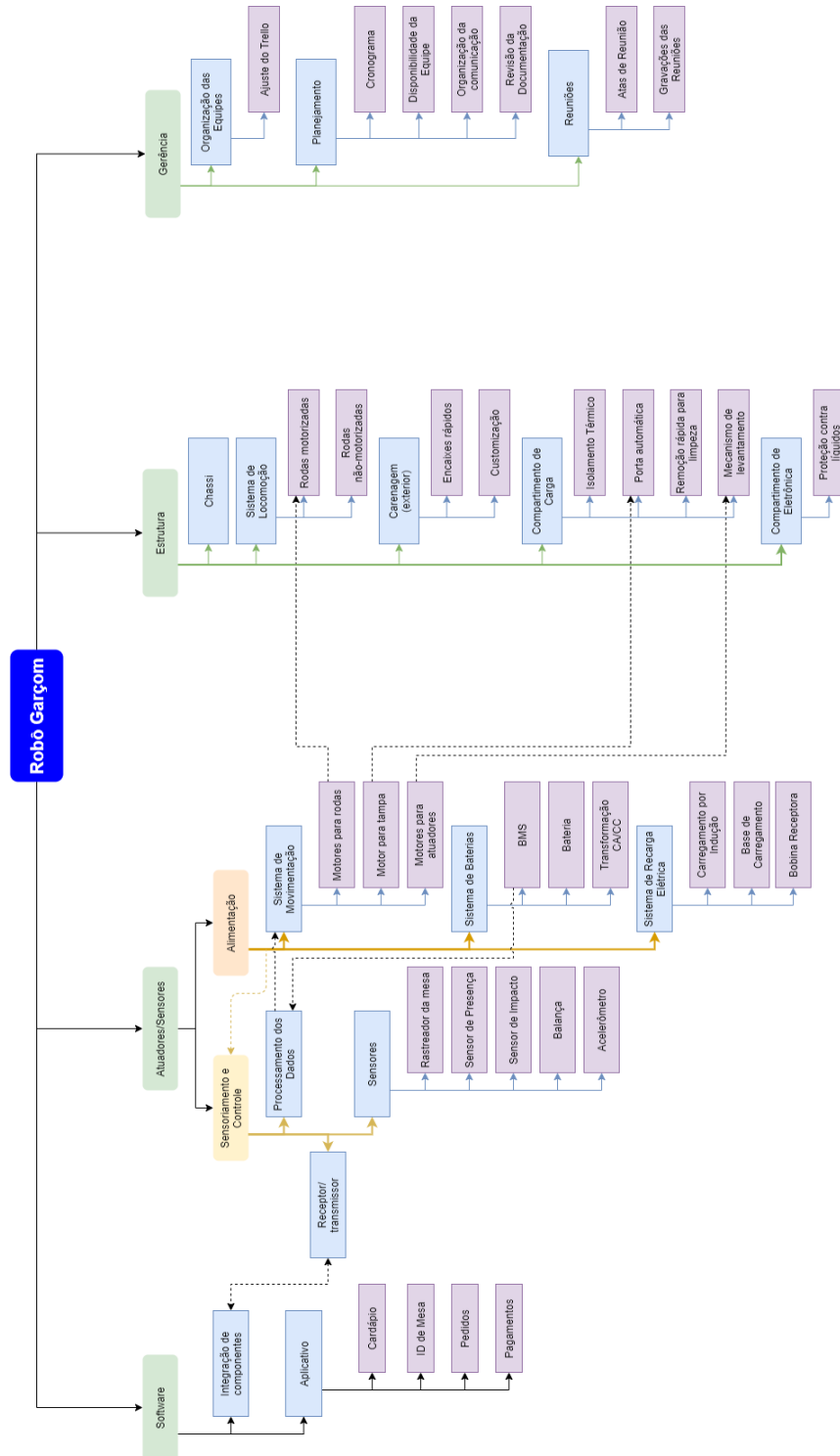
SIMÕES, M. Oficina seguidor de linha - o guia definitivo do mochileiro maker. *UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS*, 2017. Citado na página 53.

STEEL, L. *Propriedades Mecânicas dos Aços*. <<http://lgsteel.com.br/propriedades-mecanicas-do-carbono.htm>>. Online, acessado em 29 de agosto de 2021. Citado na página 45.

WHAT is the Mecanum Wheel and Omni Wheel? <<https://omni-robots.com/what-is-the-mecanum-wheel-omni-wheel/>>. Online, acessado em 25 de agosto de 2021. Citado na página 44.

APÊNDICE A – EAP

Figura 25 – Estrutura analítica do projeto.



APÊNDICE B – Estimativa de Consumo Energético

Tabela 42 – Estimativa de consumo energético.

Sistema	Componente	Consumo (W)	Consumo ($W \times h$)			Consumo ($W \times h \times m\text{ês}$)		
			4h/dia	8h/dia	12h/dia	4h/dia mês	8h/dia mês	12h/dia mês
Sensores	Sensor Ultrasônico	12	24	36	360	720	1080	
	Sensor Reflexivo							
	Sensor Infravermelho							
	Célula de Carga							
	Acelerômetro							
Movimentação	Motor roda 1	48	192	384	576	5760	11520	17280
	Motor roda 2	48	192	384	576	5760	11520	17280
	Motor tampa	5,5	22	44	66	660	1320	1980
	Motor Atuador	5,5	22	44	66	660	1320	1980
Total	10	110	440	880	1320	13200	26400	39600

Tabela 43 – Avaliação de desempenho da equipe.

Nome	Avaliação geral	Motivação	Comprometimento	Conhecimento técnico	Cumpriu prazos	Comunicação	Gestão de conflitos
Ana Paula Lopes	3,8	3,8	3,8	3,6	3,4	3,8	4,0
Bruna Almeida	4,75	5	5	4,87	5	4,6	4,6
Damarcones Porto	4,35	4,57	4,64	4,35	4,57	3,78	3,78
Diogo Correia	4,50	4,33	4,50	4,83	4,67	4,50	4,83
Gabriel Borges	5,00	5,00	5,00	5,00	4,83	4,83	4,83
Hebert Max	4,50	4,67	4,83	4,33	4,33	4,83	4,67
Isaac Moura	4	4,16	4	3,83	4	4,30	4
Isabella Feitosa	4,42	4	4,42	4,28	4,42	4	4,14
João Paulo	5,00	4,83	5,00	4,83	5,00	4,67	4,67
Letícia Karla	3,70	3,63	3,82	3,86	3,86	3,51	3,55
Letícia Ribeiro	3,50	3,33	3,50	3,33	4,60	2,83	3,33
Lucas Pereira	4	4	4	4,16	4	4	4
Luiz Alexandre	4,50	4,42	4,64	4,67	4,67	4,67	4,67
Normando Perazzo	4,66	4,66	4,50	4,66	4,83	4,50	4,66
Samuel Borges	4,6	4,5	4,6	4,6	4,6	4,3	4,6