

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA

Projeto Integrador 02
Ponto de Controle 01
Bibliotech

Brasília, DF
2017



Projeto Integrador 02
Ponto de Controle 01
Bibliotech

Atividade submetida ao curso de graduação em Engenharias() da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção da aprovação em Projeto Integrador 2.

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador:
Alex Reis
Luiz Laranjeira
Sébastien Rondineau
Rhander Viana

Brasília, DF
2017

Sumário

| | | |
|-----------|--------------------------------------|-----------|
| 1 | INTEGRANTES DO PROJETO | 4 |
| 2 | INTRODUÇÃO | 5 |
| 2.1 | Contexto | 5 |
| 2.2 | Problema | 6 |
| 2.3 | Justificativa | 6 |
| 2.4 | Objetivo | 7 |
| 2.5 | Objetivos Específicos | 7 |
| 3 | METODOLOGIA | 8 |
| 4 | GERENCIAMENTO DO PROJETO | 10 |
| 4.1 | Responsabilidades | 10 |
| 4.2 | Estrutura Analítica do Projeto EAP | 11 |
| 4.3 | Cronograma | 11 |
| 5 | SOLUÇÃO PROPOSTA | 12 |
| 5.1 | Requisitos do Sistema | 12 |
| 5.2 | Alimentação | 12 |
| 5.2.1 | Motor | 13 |
| 5.3 | Estrutura | 14 |
| 5.3.1 | Conceito | 14 |
| 5.3.2 | Materiais | 15 |
| 5.3.3 | Descrição do produto | 16 |
| 5.4 | Sistema Eletrônico | 17 |
| 5.4.1 | Dispositivo Raspberry PI | 17 |
| 5.4.2 | Sistema de Controle | 18 |
| 5.4.3 | Sistema de Comunicação | 20 |
| 5.5 | Sistema Embarcado e Aplicação Web | 21 |
| 5.5.1 | Documento de Visão | 21 |
| 5.5.1.1 | Posicionamento | 21 |
| 5.5.1.1.1 | Descrição dos Problemas | 21 |
| 5.5.1.2 | Descrições dos Usuários | 22 |
| 5.5.1.2.1 | Resumo dos Usuários | 22 |
| 5.5.1.2.2 | Principais Necessidades dos Usuários | 22 |
| 5.5.1.3 | Visão Geral do Produto | 22 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 5.5.1.3.1 | Perspectiva do Produto | 22 |
| 5.5.2 | Documento de Arquitetura de Software | 23 |
| 5.5.2.1 | Representação Arquitetural | 23 |
| 5.5.2.2 | Metas e Restrições da Arquitetura | 24 |
| 5.5.2.3 | Visão Lógica | 25 |
| 5.5.3 | Modelo de Caso de Uso | 26 |
| 5.5.3.1 | Diagrama de Caso de Uso | 26 |
| 5.5.3.2 | Descrição de Casos de Uso | 26 |
| 5.5.4 | Protótipos | 27 |
| 6 | PLANO DE GERENCIAMENTO DE CUSTOS | 30 |
| 6.1 | Estimativa de Custos | 30 |
| 6.2 | Arrecadação de Verbas | 30 |
| 7 | GERENCIAMENTO DOS RISCOS | 32 |
| 8 | GERENCIAMENTO DA COMUNICAÇÃO E VERSÕES DE ARTE- FATOS | 34 |
| 8.1 | Ferramentas de Comunicação | 34 |
| 8.2 | Reuniões | 34 |
| 9 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 35 |
| 10 | ANEXOS | 36 |
| 10.1 | Anexo A - Cronograma | 36 |

1 Integrantes do Projeto

| Nome | Email | Email (gmail) | Área | Matrícula |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|--------------|------------|
| Murilo Duarte Gonçalves | muriloduartegoncalves@hotmail.com | muriloduartegoncalves@gmail.com | Software | 12/0130645 |
| Karine Santos Valença | valenca.karine@gmail.com | valenca.karine@gmail.com | Software | 13/0012050 |
| Iago Rodrigues Gonçalves | iago006@hotmail.com | iago006@hotmail.com | Software | 13/0010219 |
| Pedro de Lyra | pedrodelyra@gmail.com | pedrodelyra@gmail.com | Software | 11/0135725 |
| Everton Klysney M.Nunes | klysney@gmail.com | klysney@gmail.com | Eletrônica | 11/0116241 |
| Gustavo Oliveira do Amaral | liveira.gustavo16@gmail.com | liveira.gustavo16@gmail.com | Eletrônica | 12/0119811 |
| Fabio Bassi Borzani | fabinhoborzani@hotmail.com | fbassiborzani@gmail.com | Energia | 11/0148207 |
| Larissa Antonia Pereira | lary.66@hotmail.com | lary.66@hotmail.com | Energia | 11/0126912 |
| Jair Jorge Medeiros | jairmedeiros1@yahoo.com.br | jairmedeiros1@gmail.com | Energia | 11/0013760 |
| Thais Soares Monteiro | thais.smonteiroo@gmail.com | thais.smonteiroo@gmail.com | Energia | 11/0066561 |
| Victor da Cunha Furquim Rangel de Almeida | victordacunha@gmail.com | victordacunha@gmail.com | Automotiva | 10/0126413 |
| Marcelo Assis da Silveira | marcelosilveira.assis@gmail.com | marcelosilveira.assis@gmail.com | Aeroespacial | 12/0037254 |
| Filippe Henriques Leal | filippehleal@gmail.com | filippehleal@gmail.com | Aeroespacial | 13/0008915 |

Figura 1 – Participantes do projeto (fonte: Autor)

2 Introdução

O crescimento tecnológico atinge todas as áreas disponíveis no mundo permitindo uma mudança radical em todos os setores, nas bibliotecas não poderia ser diferente.

Antigamente utilizavam-se documentos manuais como carteirinhas, carimbos e outros dispositivos que demandam um certo tempo para solicitar um empréstimo de um livro e sua devolução. Depois, com a criação de computadores e o desenvolvimento de programas referentes ao armazenamento de dados, foi possível diminuir a quantidade de tempo perdido para o empréstimo e sua devolução, porém, ainda assim não é considerado um sistema eficaz pois demanda uma quantidade de tempo até a solicitação do livro e a procura nas prateleiras. No caso de empréstimo existe o enfrentamento de filas na devolução, sem levar em consideração outros aspectos de caráter burocrático com relação a entrada e saída da biblioteca, e outros fatores.

Para solucionar esse problema, o presente trabalho visa a construção de um dispositivo que tem a finalidade de entregar o livro solicitado do acervo ao usuário. A devolução do livro ao seu lugar específico sem que o usuário necessite entrar na biblioteca somente para alugar ou devolver um livro é uma das vantagens da biblioteca automatizada. Isso promoverá a melhoria da atividade facilitando tanto o trabalho do bibliotecário quanto a vida de um estudante.

A partir disso, será desenvolvido um protótipo denominado *Bibliotech* baseado nos conhecimentos adquiridos durante todo curso referente a todas as engenharias e a partir de um levantamento bibliográfico.

2.1 Contexto

O papel de uma biblioteca é a difusão de informações para os usuários. Para atingir essa finalidade, é necessário promover um sistema onde a relação de informação e usuário seja aperfeiçoada. Contudo, é necessária uma automatização sistemática, prática e acessível para que o usuário não se desgaste na busca ao acervo disponível e na organização do mesmo [melo2014].

A primeira biblioteca foi criada antes de Cristo a partir do armazenamento de uma grande quantidade de tabuletas nas quais se localizavam uma escrita cuneiforme pois era produzida através de objetos denominados “cunhas”. A partir de então, bibliotecas acompanham o desenvolvimento tecnológico no qual pode ser identificado através de atividades automatizadas onde pode facilitar o trabalho dos bibliotecários e auxiliar os estudantes em atividades como: devolução e empréstimo de livro e consulta no banco de

dados [santana2015].

Essa automatização pode substituir o trabalho humano em muitas tarefas comuns no dia a dia [fraga2011]. Não é mais necessário procurar um livro ou um documento que deseja em diversas fichas pois já existe um banco de dados disponível com um grande armazenamento de autores, títulos e periódicos que podem ser acessados livremente, inclusive do seu próprio dispositivo [santana2015].

Hoje se encontra disponível na maioria das bibliotecas somente uma automatização referente ao banco de dados[santana2015], e o usuário ainda enfrenta um desgaste referente à procura de livro em prateleiras, enfrentamento de filas para retirada e devolução do livro e um grande trabalho monótono por parte do bibliotecário em devolver uma grande quantidade de livros às prateleiras. Por isso, já se fala em um sistema automatizado que retire e reponha os exemplares necessários de um local sem a influência de um humano [fraga2011].

Pensa-se em um dispositivo no qual o bibliotecário solicita um exemplar em um catálogo virtual. Em seguida, o livro será localizado e levado até ele por meio de um robô. O bibliotecário terá somente a finalidade de registrar esse empréstimo e entregar para o solicitante. A devolução seguirá o mesmo procedimento, após o livro ser depositado em uma caixa, o bibliotecário permitirá que o robô faça a destinação correspondente ao livro [fraga2011].

O maior benefício será o aprimoramento da biblioteca que promoverá um bem-estar tanto para o usuário quanto para o bibliotecário em relação ao controle do acervo, levantamentos bibliográficos e serviços de empréstimos e devolução do livro [fraga2011].

2.2 Problema

| | |
|---------------|---|
| O problema de | Encontrar e devolver o livro em um local específico onde se encontram diversas prateleiras disponíveis em uma biblioteca. |
| Afeta | O bem estar da biblioteca em relação ao ambiente de estudo e o tempo desperdiçado do bibliotecário e estudante em relação ao empréstimo e devolução do livro. |
| Impacto | Indivíduos dispersos em um ambiente para estudo, burocracia desnecessária para a retirada de um livro, congestionamento de pessoas no ambiente. |
| Solução | A construção de um robô que retire e coloque o livro no seu devido lugar de maneira autônoma. |

Figura 2 – Definição do problema (fonte: Autor)

2.3 Justificativa

O projeto tem a finalidade de desenvolver um produto a partir dos conhecimentos adquiridos durante o período acadêmico dos estudantes de engenharia aeroespacial, automotiva, eletrônica, energia e software. Foi definida a construção de um robô que tem a função de retirar e colocar livros em locais específicos quando solicitado. A importância desse equipamento é diminuir o congestionamento de pessoas no interior da biblioteca, problema que acaba atrapalhando os indivíduos que de fato, querem usar ao ambiente para os estudos. Além do mais, pode poupar o tempo das pessoas que vão à biblioteca somente para a retirada de livros

2.4 Objetivo

O objetivo deste trabalho é construir um robô com a finalidade de localizar um livro desejado, retirar do seu local apropriado e colocá-lo no mesmo local quando este for devolvido à biblioteca.

2.5 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma estrutura adequada.
- Desenvolver um sistema de monitoramento e controle.
- Implantar um sistema de alimentação adequado para garantir o funcionamento do dispositivo.
- Definir e projetar um sistema embarcado.
- Montar o robô através da integração entre estrutura, monitoramento e controle, alimentação e software.

3 Metodologia

O processo referente ao desenvolvimento do projeto Bibliotech terá como auxílio o Project Management Body of Knowledge (PMBOK), no que diz respeito à padronização na identificação e formação dos conceitos dos processos, será utilizado também na definição das áreas de conhecimento, ferramentas e técnicas presentes neste trabalho [**pmbok2004**]

O fluxograma mostrado na figura abaixo apresenta como o projeto será implementado ao longo do semestre:

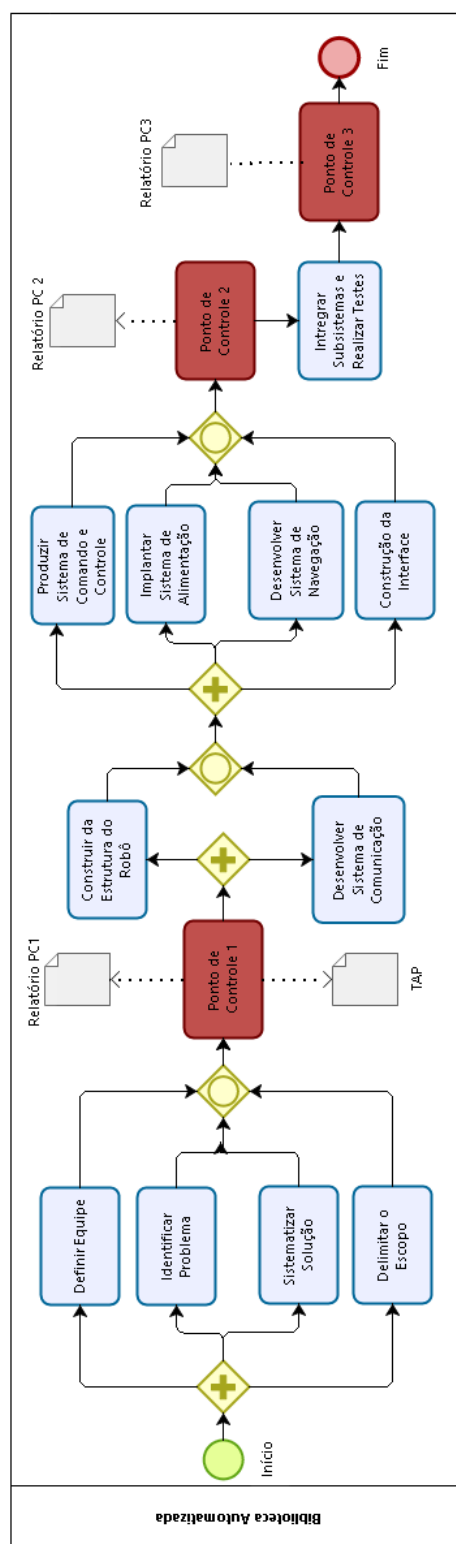


Figura 3 – Problema 02 (fonte: Autor)

Pode-se observar que o projeto será dividido em três pontos de controle que serão avaliados pelos professores da disciplina. No que tange o início do projeto deve-se realizar as seguintes tarefas descritas abaixo:

- Definir a Equipe: Esta etapa consiste na organização dos membros do projeto, tais como identificar os responsáveis por cada subsistema e delimitar os integrantes que irão trabalhar em conjunto para desenvolvê-los. Além da definição da política de comunicação do grupo, da metodologia de gerenciamento e como ocorrerão os encontros.
- Identificar Problema: Serão definidas as adversidades e obstáculos existentes em alguma situação, no caso uma biblioteca, para que se possa desenvolver um produto que apresente uma solução adequada para as contrariedades encontradas. Devem-se identificar também possíveis problemas que podem surgir no decorrer da criação do produto.
- Sistematizar Solução: Após a identificação do problema, serão apresentadas possíveis soluções, no presente projeto a biblioteca automatizada, bem como as resoluções dos problemas relacionados a cada subsistema que constituem este produto. Delimitar Escopo: Esta fase é constituída da definição dos objetivos e requisitos que o projeto deve cumprir.

Ao final dessas atividades para o Ponto de Controle 1 (PC1) deve-se apresentar toda a organização da equipe, metodologia de trabalho, o escopo bem definido, a solução planejada, de forma detalhada, e o plano de riscos do projeto. Após o cumprimento das atividades que compõem o Ponto de Controle 1 (PC1), dar-se-á início aos procedimentos para o Ponto de Controle 2(PC2), a seguir estão apresentadas as descrições das atividades:

- Construir a Estrutura do Robô e da Estante: No decorrer desta etapa está prevista a construção da estante, bem como a fabricação do mecanismo estrutural que será embutido nela. Deve-se, juntamente com a construção do robô, implementar como será feito o sistema de locomoção deste. Dado isso se pode dar início aos testes de resposta do robô aos comandos enviados pela raspberry.
- Desenvolver Sistema de Comunicação: Implantação de um micro controlador para garantir que os parâmetros de tensão e corrente que serão fornecidos aos componentes do sistema estejam corretos.
- Produzir Sistema de Comando e Controle: Nesta etapa será a integração da rede de comunicação entre a raspberry e o arduino, viabilizando o envio e recebimento de informações de ambos os componentes.
- Implantar Sistema de Alimentação: A alimentação do equipamento será feita pela própria rede do local, logo esta etapa consiste na construção de um sistema de proteção, caso haja interrupção de fornecimento de energia, assim como o sistema de conversão.

- Construção da Interface: Fase de implementação do sistema de comunicação entre o usuário e o computador que enviará os comandos para o robô.

No Ponto de Controle 2 deve-se apresentar os subsistemas funcionando separadamente possibilitando o início das tarefas que constituem o Ponto de Controle 3, onde começarão os testes de integração dos subsistemas objetivando a entrega do produto final.

4 Gerenciamento do Projeto

O gerenciamento deste projeto é realizado tendo como modelo de referência o PMBOK, que é um guia com um conjunto de práticas de gestão de projetos organizados pelo instituto PMI [pmbok2004].

Dentre os 9 planos previstos no PMBOK, para o processo em questão foram adotados os de Comunicação, Riscos e Custo, devido ao entendimento da equipe de que estes agregam maior valor a gerência do projeto, e que serão detalhados nos capítulos seguintes.

Além dos planos do PMBOK, o trabalho também foi estruturado de acordo com as responsabilidades das subáreas, foi desenvolvido uma EAP (Estrutura Analítica do Projeto) para gestão do escopo, e foi elaborado um cronograma do mesmo, que são detalhados nos sub-tópicos a seguir.

4.1 Responsabilidades

Visando o melhor gerenciamento do projeto, a equipe do projeto foi dividida em 4 subáreas. As subáreas definidas foram:

Tabela 1 – Subáreas do projeto

| Subárea | Função | Membros |
|------------|--|---|
| Eletrônica | Desenvolver o Sistema de controle e comunicação juntamente com os integrantes da engenharia de software | Everton Klysnney M. Nunes Gustavo Oliveira do Amaral |
| Energia | Alimentar o Sistema, realizar o dimensionamento dos motores, desenvolver um sistema de proteção e fabricar um carregador | Fabio Bassi Bornazzi Jair Jorge Medeiros Larissa Antonia Pereira Thaís Soares Monteiro |
| Estruturas | Construir a estrutura do robô, bem como a estrutura da estante | Filippe Henriques Leal Marcelo Assis da Silveira Victor da Cunha F. R. de Almeida |
| Software | Definir e implantar o sistema de interface com o usuário e os sistemas embarcados | Iago Rodrigues Gonçalves Karine Santos Valença Murilo Duarte Gonçalves Pedro de Lyra |

No projeto foram definidos líderes com o intuito de se ter membros responsáveis por acompanhar, cobrar os prazos do projeto, comunicar aos professores eventualidades, modificações no produto e dúvidas que surgirem durante os processos, além de facilitar o

andamento do projeto, intermediando as comunicações entre as subáreas. A tabela abaixo apresenta os líderes do projeto:

Tabela 2 – Subáreas do projeto

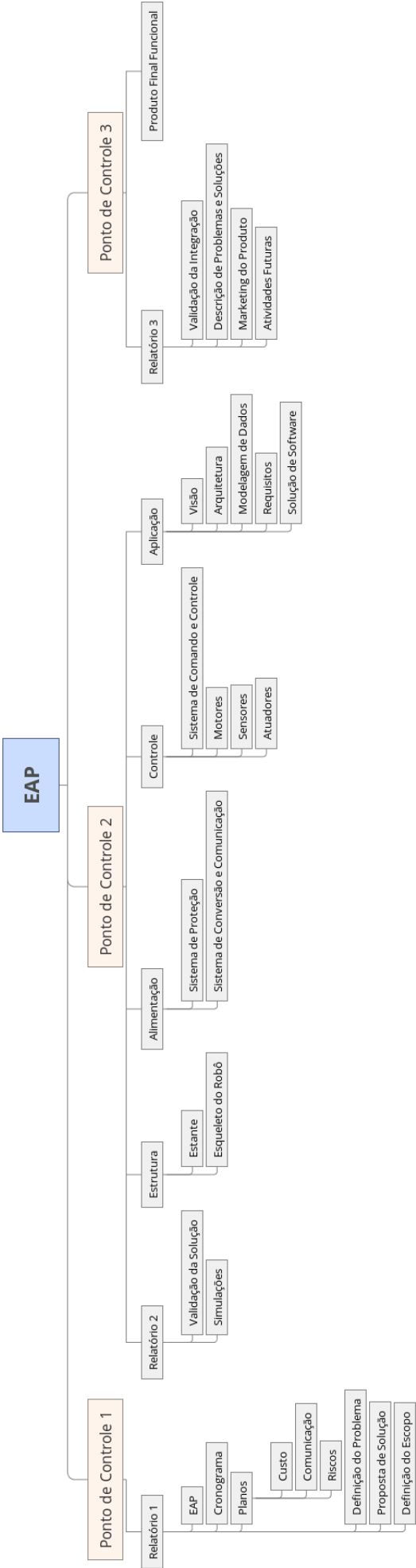
| Área | Nome |
|-----------------------|---------------------|
| Gerente Geral | Filippe H. Leal |
| Gerente de Eletrônica | Everton K. M. Nunes |
| Gerente de Energia | Fábio B. Bornazzi |
| Gerente de Estruturas | Victor Almeida |
| Gerente de Software | Karine S. Valença |

4.2 Estrutura Analítica do Projeto EAP

A EAP, ou Estrutura Analítica do Projeto, é um artefato gráfico que representa a estrutura do projeto por meio de uma visão de entregáveis do produto, isto é, os subprodutos entregáveis necessários para a construção do projeto como um todo.

Esta estrutura é importante, pois ela pode ser dividida em fases com cada entregável em sua respectiva fase, o que auxilia na construção correta do Cronograma do projeto, visto que nele deverá conter as atividades necessárias para a construção dos entregáveis da EAP.

Abaixo está ilustrado a EAP da Biotech:



4.3 Cronograma

O Cronograma é o artefato responsável por registrar quais atividades deverão ser executadas em qual período de tempo. Através dele é possível perceber identificar atrasos no projeto.

Além disso no Cronograma também é designado o responsável pela atividade, que pode ser uma pessoa ou um grupo, caso haja a necessidade da visão colaborativa de outros membros.

O cronograma esta disponível no Anexo A.

5 Solução Proposta

A proposta deste projeto envolve a integração dos cinco cursos de engenharia que são lecionados no campus UnB - Gama, com o intuito de resolver os problemas apresentados acima. A proposta inicial de solução se baseia no desenvolvimento de uma biblioteca automatizada, com capacidade de receber um comando do usuário de requerimento do livro, recolher o livro da estante e entregá-lo em cima de uma plataforma, onde o usuário irá poder pegá-lo. Além disso o robô será capaz de fazer o processo contrário, recolher o livro da plataforma e guardá-lo na estante, atualizando o sistema em tempo real.

Este capítulo tem como objetivo apresentar o detalhamento das soluções propostas dos sub-sistemas da *Bibliotech*.

5.1 Requisitos do Sistema

A construção do sistema *Bibliotech* visa atender os seguintes requisitos:

| Requisitos Gerais | Requisitos Específicos |
|--------------------------------|--|
| Pegar o Livro na Prateleira | Movimentação nos Três Eixos |
| | Consultar a Posição do Livro |
| | Receber Requisição do Usuário |
| | Pegar o Livro |
| | Entregar o Livro na Mesa. |
| | Receber a Confirmação Que o Livro Foi Entregue. |
| Devolver o Livro na Prateleira | Pegar o Case Vazio Mais Próximo. |
| | Entregar o Case na Mesa. |
| | Receber a Informação do Usuário e Fazer a Busca do Livro |
| | Guardar a Case. |
| | Atualizar Registro. |

Figura 5 – Requisitos do Produto

5.2 Alimentação

O fato do projeto em questão não ser autônomo implica diretamente na escolha da fonte energética do sistema. Tendo isso em mente, o abastecimento será através da rede de energia elétrica local. Porém, visto que a rede sofre interferências externas resultando em falhas, uma proposta de aconselhável para contornar tal problema é a construção de um sistema de proteção. Desta forma, o sistema de alimentação será então composto por um quadro de energia, este contendo todos os equipamentos necessários para a proteção dos componentes, um transformador abaixador, tendo em vista que os componentes eletrônicos trabalham com faixa máxima de tensão de 12V e um conversor CA/CC, conforme o fluxograma da figura abaixo:

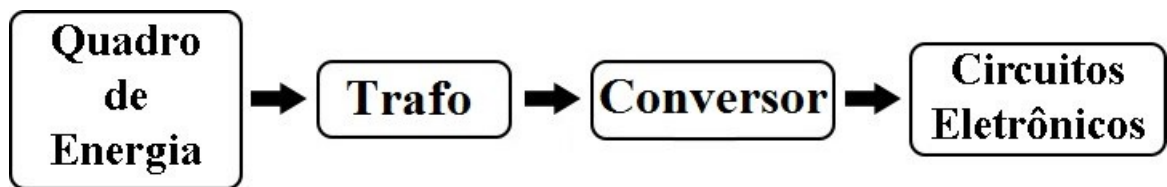


Figura 6 – fluxograma esquemático da alimentação

Os componentes a serem instalados no quadro de proteção são Botão NA, botão NF, Cabo 4mm, Conectores e Fusível.

5.2.1 Motor

A movimentação do robô nos eixos X e Z (considerando Y como profundidade) dependerá de motores, a qual o dimensionamento pode ser encontrado abaixo.

No eixo Z será utilizado um fuso, e a escolha do motor pode ser realizada com base na tabela abaixo:

| dimensões normalmente não variáveis | | | | | | | valores decrescentes proporcionais | | | valores crescentes proporcionais | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|---|---|--|-----------------------|--|--|--|---|--------|
| rosca trapezoidal | comprimento padrão da porca | número de filetes presos à porca | superfície de contato de um filete | superfície de contato em todo o perfil da porca | superfície de contato linear de um filete em toda a porca | η eficiência (f=0,10) com boa lubrificação | calculado sobre a superfície de contato linear de um filete MÁXIMA para o número de rotações/min com base em 25m/min | VELOCIDADE DE CONTATO | max carga a ser levantada a uma velocidade máxima ("L" parafuso max 100 vezes d) | pressão média distribuída nos filetes da rosca | pressão sobre a primeira rosca (1/3 de toda a carga) | torque necessário para o levantamento (fator de serviço FS 2,5) | |
| TR x Ø x PITCH | mm | n. | mm² | mm² | mm | - | RPM | mm (linear) por min. | metros por minuto | Kg | Kg/mm² | Kg/mm² | Nm |
| TR 10x2 | 20 | 10 | 28,3 | 283 | 28,3 | 0,40 | 983 | 1.766 | 25 | 30 | 0,11 | 0,36 | 0,60 |
| TR 10x3 | 20 | 6,7 | 40 | 268 | 26,7 | 0,51 | 936 | 2.808 | 25 | 40 | 0,15 | 0,34 | 0,95 |
| TR 12x3 | 22 | 7,3 | 49,5 | 361 | 33 | 0,46 | 757 | 2.271 | 25 | 51 | 0,15 | 0,35 | 1,33 |
| TR 14x3 | 25 | 8,3 | 58,9 | 489 | 39,2 | 0,42 | 637 | 1.911 | 25 | 63 | 0,13 | 0,36 | 1,80 |
| TR 14x4 | 25 | 6,3 | 75,4 | 475 | 37,7 | 0,50 | 663 | 2.652 | 25 | 76 | 0,16 | 0,34 | 2,43 |
| TR 16x4 | 30 | 7,5 | 88 | 660 | 44 | 0,46 | 568 | 2.272 | 25 | 91 | 0,14 | 0,35 | 3,15 |
| TR 18x4 | 35 | 8,7 | 100,4 | 873 | 50,2 | 0,43 | 498 | 1.992 | 25 | 107 | 0,13 | 0,36 | 3,98 |
| TR 20x4 | 40 | 10 | 113 | 1.130 | 56,5 | 0,40 | 442 | 1.768 | 25 | 122 | 0,11 | 0,36 | 4,83 |
| TR 22x5 | 40 | 8 | 153 | 1.224 | 61,2 | 0,44 | 408 | 2.040 | 25 | 162 | 0,14 | 0,36 | 7,40 |
| TR 24x5 | 45 | 9 | 168 | 1.512 | 67,5 | 0,41 | 370 | 1.850 | 25 | 181 | 0,12 | 0,36 | 8,73 |
| TR 25x5 | 45 | 9 | 177 | 1.593 | 70,7 | 0,40 | 353 | 1.765 | 25 | 190 | 0,12 | 0,36 | 9,40 |
| TR 26x5 | 45 | 9 | 185 | 1.665 | 73,8 | 0,39 | 338 | 1.690 | 25 | 200 | 0,13 | 0,37 | 10,15 |
| TR 28x5 | 50 | 10 | 200 | 2.000 | 80 | 0,37 | 312 | 1.560 | 25 | 219 | 0,11 | 0,37 | 11,68 |
| TR 30x6 | 50 | 8,3 | 255 | 2.116 | 84,8 | 0,40 | 295 | 1.770 | 25 | 274 | 0,13 | 0,36 | 16,25 |
| TR 32x6 | 50 | 8,3 | 273 | 2.266 | 91 | 0,39 | 275 | 1.650 | 25 | 297 | 0,14 | 0,37 | 18,38 |
| TR 35x6 | 60 | 10 | 300 | 3.000 | 100 | 0,36 | 250 | 1.500 | 25 | 331 | 0,12 | 0,37 | 21,78 |
| TR 36x6 | 60 | 10 | 312 | 3.120 | 104 | 0,36 | 240 | 1.440 | 25 | 343 | 0,11 | 0,37 | 23,00 |
| TR 40x7 | 65 | 9,3 | 403 | 3.748 | 115 | 0,37 | 217 | 1.519 | 25 | 440 | 0,12 | 0,37 | 33,28 |
| TR 45x8 | 80 | 10 | 516 | 5.160 | 129 | 0,37 | 194 | 1.552 | 25 | 564 | 0,11 | 0,37 | 48,20 |
| TR 46x8 | 80 | 10 | 528 | 5.280 | 132 | 0,37 | 190 | 1.520 | 25 | 579 | 0,11 | 0,37 | 50,25 |
| TR 50x8 | 80 | 10 | 580 | 5.800 | 145 | 0,35 | 172 | 1.376 | 25 | 640 | 0,12 | 0,37 | 58,83 |
| TR 55x9 | 95 | 10,6 | 714 | 7.568 | 159 | 0,35 | 157 | 1.413 | 25 | 788 | 0,11 | 0,37 | 80,20 |
| TR 60x9 | 95 | 10,6 | 784 | 8.310 | 175 | 0,33 | 143 | 1.287 | 25 | 874 | 0,11 | 0,37 | 94,60 |
| TR 65x10 | 95 | 9,5 | 940 | 8.930 | 188 | 0,34 | 133 | 1.330 | 25 | 1.048 | 0,12 | 0,37 | 123,78 |
| TR 70x10 | 120 | 12 | 1.020 | 12.240 | 204 | 0,32 | 123 | 1.230 | 25 | 1.143 | 0,10 | 0,37 | 142,38 |
| TR 75x10 | 120 | 12 | 1.100 | 13.200 | 220 | 0,30 | 114 | 1.140 | 25 | 1.218 | 0,10 | 0,37 | 159,60 |
| TR 80x10 | 120 | 12 | 1.175 | 14.100 | 235 | 0,29 | 106 | 1.060 | 25 | 1.333 | 0,10 | 0,38 | 183,28 |
| TR 90x12 | 150 | 12,5 | 1.584 | 19.800 | 264 | 0,30 | 95 | 1.140 | 25 | 1.782 | 0,10 | 0,38 | 273,12 |
| TR 100x12 | 150 | 12,5 | 22.125 | 22.125 | 295 | 0,28 | 85 | 1.020 | 25 | 2.011 | 0,10 | 0,38 | 335,82 |

Figura 7 – Tabela dos dados do fuso fornecido pela estrutura

Já no eixo X, o dimensionamento do motor é feito com base nos seguintes cálculos:

$$F_{hr} = m * (g * \mu + a)$$

Figura 8 – Equação da força horizontal da engrenagem

$$F_{hr} = 15 * (9,8 * 0,12 + 1)$$

Figura 9 – Resolução - Equação da força horizontal da engrenagem

O coeficiente de atrito estático foi determinado como sendo 0,12, devido ao contato aço – aço. A aceleração da gravidade máxima fixada para o sistema será de $9,8 \text{ m/s}^2$. A massa total da estrutura da biblioteca será aproximadamente 15Kg

$$\tau = 32,64 \text{ N} * r_b$$

Figura 10 – Equação do Torque

O raio da base de movimento equivale a 0,1m. Portanto:

$$\tau = 3,264 \text{ N.m}$$

Figura 11 – Equação do Torque no eixo do motor

A velocidade estipulada pelo escopo da carga é de 0,05 m/s. Sendo assim, têm-se que a rotação do motor dimensionado será de:

$$RPS = \frac{v_{carga}}{\omega}$$

Figura 12 – Cálculo da rotação do eixo motor

Por fim, RPS=0,08

$$P_{mec} = \tau * RPS$$

Figura 13 – Potencia mecânica total

Finalizando, a potência mecânica do sistema é 0.26W

A escolha de um motor com torque aproximado à 32,64Kgf.cm por valores superiores é aconselhável, desta forma, o motor NEMA 23 com caixa de redução foi escolhido.



Figura 14 – Motor Nema 23

| | |
|----------------|-------------|
| Torque | 50 kgf.cm |
| Holding Torque | 10 kgf.cm |
| Corrente | 3 A/fase |
| Tensão | 2.4 V/fase |
| Resistência | 70 ohm/fase |
| Indutância | 2 mh/fase |

Figura 15 – Especificações técnicas do motor(unipolar)

5.3 Estrutura

5.3.1 Conceito

O robô será usado em bibliotecas para manipular os livros, assim precisa ser rápido, preciso e durável o suficiente para gerar real benefício. Para isso, será necessário uma estrutura que suporte as forças geradas pelo peso da payload e pela movimentação, sem danos ao robô ou aos livros.

Devido à aplicação e à forma de armazenamento dos livros, serão necessários três movimentos de translação: um paralelo ao comprimento da estante (Que chamaremos de eixo “x”), um normal ao plano da estante (eixo “y”) e um paralelo à altura da estante (eixo “z”). Para movimentos de translação movidos por motores giratórios, tivemos as seguintes opções:

- Correntes, Correias e Cabos

Correntes são muito úteis para a transmissão de várias distâncias, além de muito baratas. Mas por não ser rígida, acaba por não apoiar a movimentação do robô, deixando-o instável. Por conta dessa instabilidade complexa de se tratar, essa opção foi descartada para o uso no projeto.

- Cremalheiras

As cremalheiras são muito usadas em maquinário pesado. São rápidas, com precisão mediana e versáteis: podem ser usadas para movimentos horizontais e verticais. Contudo, movimentos verticais demandam uma estrutura bem mais robusta que aumentaria muito o peso do robô. Sendo assim, essa opção será usada no deslocamento em X, pois nas bibliotecas esse será o maior deslocamento, demandando assim, maior velocidade.

- Fusos

Fusos são muito utilizados desde CNC's a Portões eletrônicos de garagem. São altamente precisos e resistentes, além de possuírem montagem e manutenção simples. Contudo, seu movimento é dependente do passo, o que pode colocar em cheque sua precisão ou o tempo de operação. Como a precisão vertical é a mais permissiva de erros em nosso projeto, optamos por essa solução para o deslocamento em Z, uma vez que o fuso pode ser empregado com um passo grande o suficiente para manter uma velocidade aceitável.

- Atuadores Lineares

Atuadores lineares podem ser usados apenas para pequenas distâncias, contudo são extremamente simples e compactos para pequenos movimentos que não requerem precisão. Assim, estes compõem a escolha para movimentos no eixo Y, que simplesmente servirão para trazer o ímã próximo o suficiente do livro para pegá-lo e então de volta para o apoio para o transporte da payload. Devido à pequena amplitude dos movimentos em Y, um atuador linear se torna uma boa opção para esse movimento.

5.3.2 Materiais

Como é um robô de dimensões relativamente grandes - aproximadamente do tamanho de uma pessoa, mas com leves solicitações, é interessante que seja feito com materiais leves e de baixo custo para que o tamanho da estrutura não traga muito mais esforços adicionais nem encarecer o projeto e construção do protótipo. Como cada parte sofre esforços e tem funções distintas, as escolhas de materiais para cada parte será:

- Cases

Os compartimentos onde os livros ficam guardados podem ser construídos em madeira, polímero ou metal. No caso de material não-magnético será necessário a aplicação de uma placa de ferro ou aço para que o eletroímã do atuador possa pegar o case com o livro. Visto que não há solicitações estruturais maiores que 2 kgf nos cases, decidimos pelo uso de madeira devido ao baixo peso, custo e facilidade de construção.

- Pórtico

O pórtico será feito com barras de alumínio 6063 estrutural de perfil 20x20 devido ao custo de aquisição e facilidade de montagem. O pórtico pode ser montado utilizando parafusos ou soldas, optamos por parafusos devido à praticidade e simplicidade desse método.

- Fuso

Fusos podem ser feitos de Alumínio ou aço. Fusos de Alumínio são recomendados para baixas cargas e velocidades. O fuso será feito de aço porque é o material mais comum dos modelos disponíveis no mercado. A fabricação de um fuso é um processo de difícil execução, portanto a melhor opção é comprar um fuso.

- Cremalheira e Engrenagem

Existem duas opções no mercado, cremalheira de aço ou cremalheira de nylon com núcleo de aço. As cremalheiras de nylon são mais indicadas para máquinas leves com velocidades baixas assim como possuem um custo de aquisição menor se comparado às cremalheiras de aço. Por se tratar de uma aplicação leve, usaremos a cremalheira de nylon módulo1.

5.3.3 Descrição do produto

O robô consistirá de um atuador linear, apoiado em uma superfície plana de madeira, que se movimentará na direção vertical por meio de um fuso, e na direção horizontal por meio de uma cremalheira. A estante será subdividida de maneira padronizada, por meio de chapas de madeira, para acomodar cases dentro dos quais estarão os livros. Os cases não só abrigarão os livros como padronizarão o “tamanho” dos livros e suas orientações verticais, para melhor manuseio.

A movimentação dos livros se dará por um poderoso eletroímã na ponta do atuador linear, que uma vez posicionado, será capaz de aderir-se ao case desejado, puxando-o para a superfície de madeira após o comando retrativo do atuador. Após a retirada do livro para a superfície, o robô se movimentará até uma mesa, posicionada ao lado da estante para a entrega do livro, onde o atuador empurrará o case e desativará seu eletroímã, deixando o livro no local da entrega. Um pórtico de alumínio estrutural garantirá as restrições necessárias para o engastamento do robô ao chão e restrição quanto aos possíveis momentos em torno dos eixos X e Z. A cremalheira será engastada ao chão, enquanto o pórtico também será apoiado em um trilho no topo da estante. Uma solução de baixo custo é o uso de um vergalhão de aço para o trilho.

Abaixo, encontram-se os cads realizados pela equipe de estruturas:

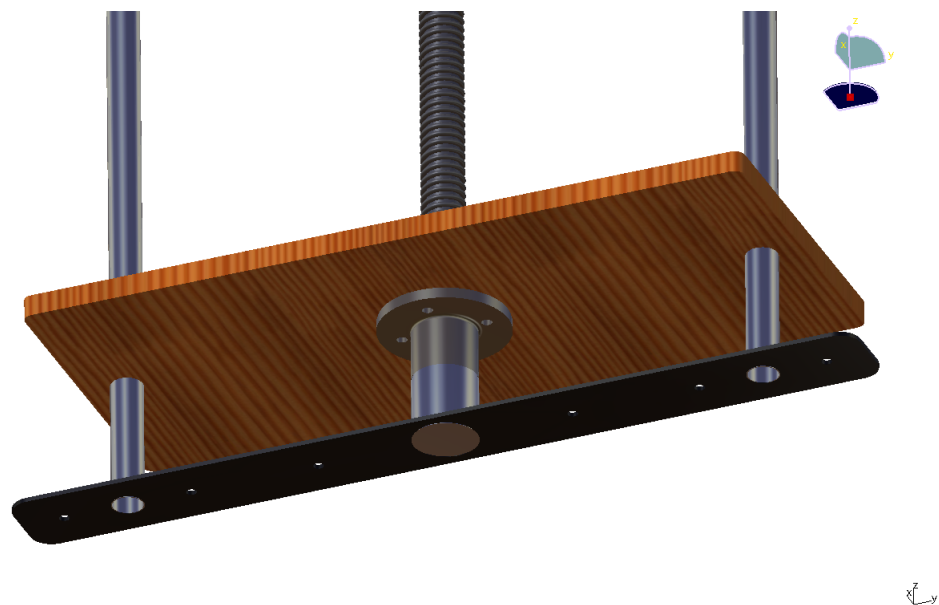


Figura 16 – Renderização do atuador vertical na posição recolhido

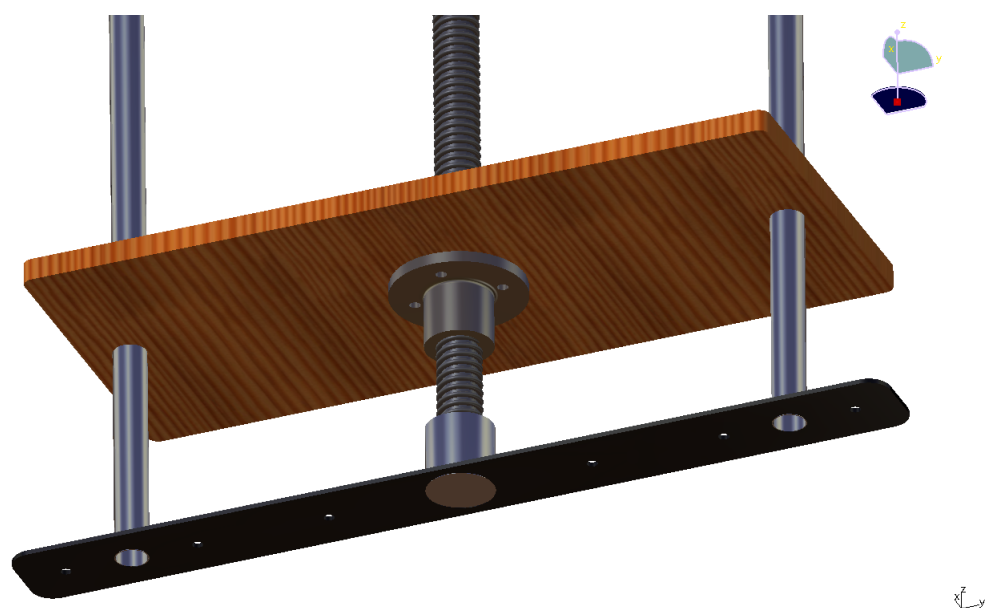


Figura 17 – Renderização do atuador vertical levemente estendido 40 mm

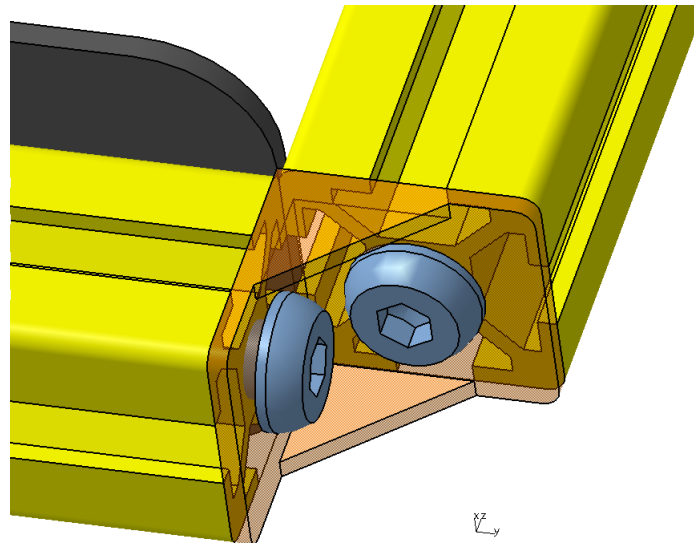


Figura 18 – Ilustração da conexão utilizada na montagem do pórtico.

5.4 Sistema Eletrônico

A parte eletrônica do projeto é dividida em duas categorias: sistema de controle e sistema de comunicação. O sistema de controle é responsável pela movimentação do atuador linear e acionamento do eletroímã. Já a parte de sistema de comunicação, ficará responsável por toda comunicação entre o banco de dados (servidor) e o atuador.

5.4.1 Dispositivo Raspberry PI

É o principal dispositivo para o funcionamento do sistema de controle e de comunicação, é um computador de baixo custo do tamanho de um cartão de crédito onde tem um poder de processamento bem eficiente para cumprir tudo que o projeto necessita. Este computador, em termos gerais, fará a comunicação entre o pedido do livro, feito pelo usuário, e o funcionamento do atuador para apanhar o livro requisitado na estante. O modelo usado neste trabalho será a Raspberry PI 3. Abaixo é apresentada algumas especificações.



Figura 19 – Equipamento Rapberry PI 3

- Raspberry Pi 3 Model B.

- Processador Broadcom BCM2837 64bit ARMv8 Cortex-A53 Quad-Core.
- Clock 1.2 GHz.
- Memória RAM: 1GB.
- Adaptador Wifi 802.11n integrado.
- Bluetooth 4.1 BLE integrado.
- Conector de vídeo HDMI.
- 4 portas USB 2.0.
- Conector Ethernet.
- Interface para câmera (CSI).
- Interface para display (DSI).
- Slot para cartão microSD.
- Conector de áudio e vídeo.
- GPIO de 40 pinos.
- Dimensões: 85 x 56 x 17mm.

5.4.2 Sistema de Controle

- Solução 1: Atuador

Será utilizado um atuador linear (empurra e puxa), fabricado pelos integrantes do grupo (da parte eletrônica), para capturar o livro na estante e levá-lo até o usuário. Na ponta do atuador estará conectado o eletroímã, onde de fato realizará a captura do livro através de sua força eletromagnética. O controle do atuador ficará responsável pela raspberry que terá a incumbência de ativa-lo quando chegar no local pretendido.

- Solução 2: Braço Robótico

O braço é a parte da estrutura responsável por agarrar o livro desejado. Como esse sistema irá se movimentar em dois eixos, a padronização dos livros será uma ótima saída. A colocação de cases normalizaria tornando-se mais fácil segurar o livro. O microcontrolador receberia o sinal e apanharia o livro pretendido pelo usuário. Esta estrutura consiste em duas garras que recolheria a case e levaria ao utilizador. Uma enorme parcela da estrutura do braço e do sistema embarcado será executado pela equipe de eletrônica.

- Movimentação do Braço Robótico

O funcionamento do braço será composto basicamente por três partes: microcontrolador, servo motor e modulação PWM. O microcontrolador atmega 2650 (comumente chamado de arduino MEGA) estará acoplado junto a base do braço robótico, ele irá controlar o movimento mecânico e a captura do livro. O servo motor é o que realizará a movimentação do braço, girando até 180° dependendo do eixo (x,y,z) em que foi colocado. A modulação PWM ditará a posição da movimentação do braço, ou seja, controlará a abertura do braço para posição desejada (ângulo).

Para a captura do livro foi escolhido o eletroímã, assim o microcontrolador terá que cuidar da parte de acionamento do mesmo, onde só será feito depois de comprovado que o livro pretendido de fato está no local estipulado.

- Servo Motor

São destinados e projetados para uso em aplicações de controle de movimento que exigem posicionamento de alta precisão, reversão rápida e desempenho excepcional. Para manter o controle constante entre o arduino e o servo, é necessário usar um servo motor tipo CC, ele será de baixa potência pois a tensão de alimentação é pequena. Seus componentes são:

- Motor: Acionamento das engrenagens e eixo principal do servo motor.
- Engrenagens: Redução de rotação do motor e aumento do torque.
- Encaixe de saída: conexão de saída do motor.
- Potenciômetro: Monitora a posição do motor.
- Circuito de controle: Monitora a saída do potenciômetro e a ativação do motor interno para manter a posição determinada na entrada.

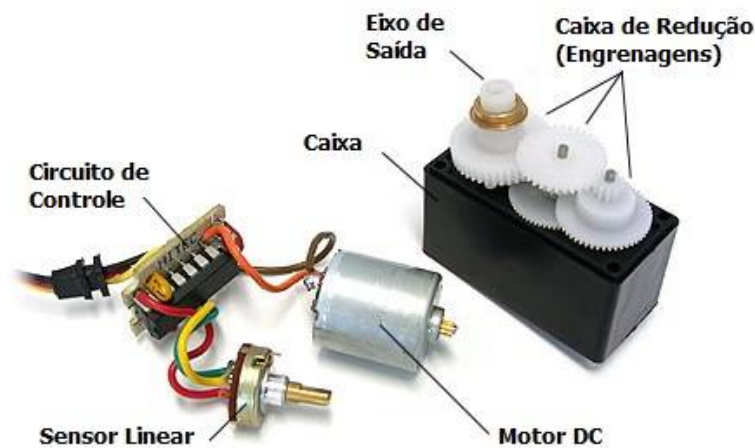


Figura 20 – Equipamento Servo Motor

- Modulação PWM

O controle do servo motor é obtido por um sinal de tensão de referência CC, esse sinal é produzido por um gerador de largura de pulso de controle (PWM- Pulse Width Modulation) e servirá para obter a posição angular desejada do motor. Assim com base na figura 1.2 podemos ter a ideia de como funciona. Uma informação é codificada em modulação PWM através da largura do pulso em nível alto em relação ao período total de oscilação, ou seja, através do seu fator de forma (duty cycle).

No PWM tem que ser levado em consideração dois parâmetros, frequência e largura dos pulsos. A frequência é fixa e será gerada pelas saídas digitais do controlador, já a largura varia de tamanho e esse tamanho auxiliará na posição angular do braço.

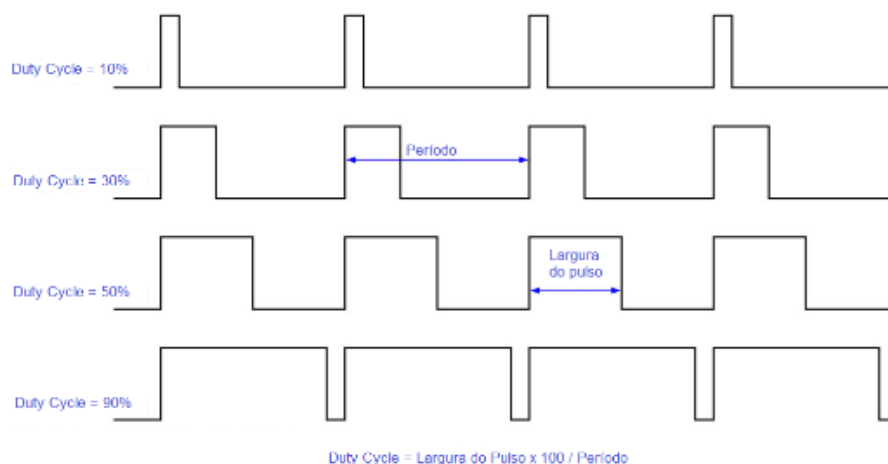


Figura 21 – Modulação PWM e fator de forma

- Arduino MEGA

É o microcontrolador que realizará a parte de controle do braço e acionamento do eletroímã. Ele receberá os comandos da raspberry para executar os movimentos para segurar a case contendo o livro requisitado. Suas especificações são:

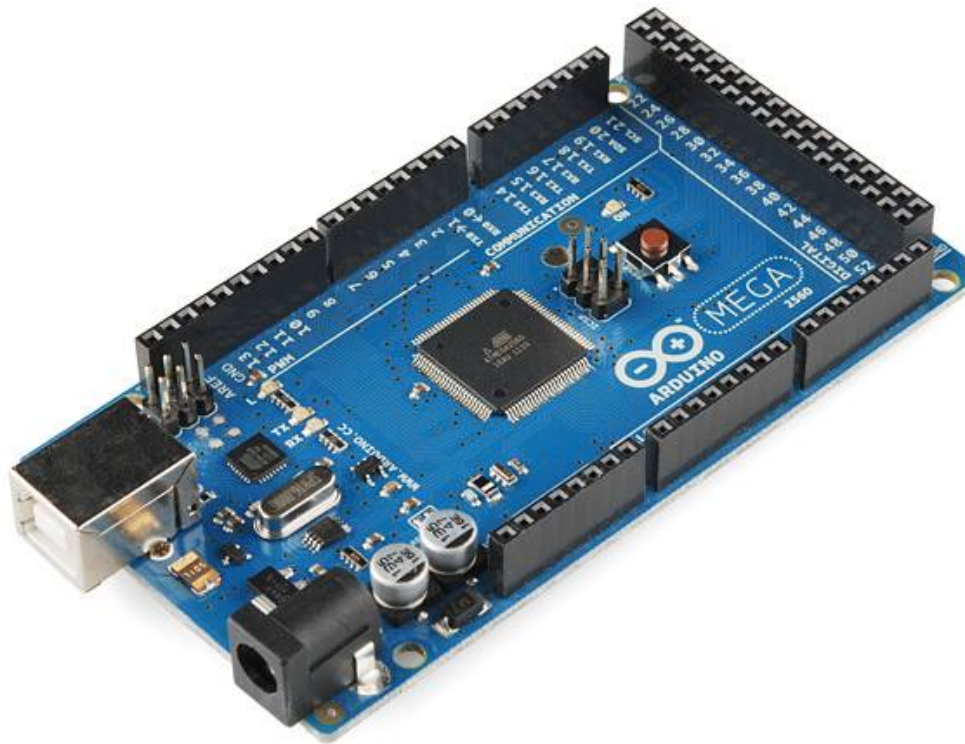


Figura 22 – Equipamento Arduino Atmega 2560

- Microcontrolador: ATmega2560.
- Tensão de Operação: 5V.
- Tensão de Entrada: 7-12V.
- Portas Digitais: 54 (15 podem ser usadas como PWM).
- Portas Analógicas: 16.
- Corrente Pinos I/O: 40mA.
- Corrente Pinos 3,3V: 50mA.

- Memória Flash: 256KB (8KB usado no bootloader).
- SRAM: 8KB.
- EEPROM: 4KB.
- Velocidade do Clock: 16MHz.
- Solução Escolhida

A solução escolhida será a do atuador, por ser mais fácil a construção, contudo, a solução do braço não será totalmente descartada a princípio, devido a sua complexidade, pode ser motivada pelo desafio onde aumentará o nível do projeto.

5.4.3 Sistema de Comunicação

- Comunicação UART

A UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) como o próprio nome já diz é um sistema de comunicação em que dados digitais são transmitidos e recebidos na forma serial operando no modo assíncrono. Neste projeto, a UART estará presente na comunicação entre a Raspberry e o Arduino, onde o usuário irá escolher o livro através de uma página em uma rede local, a rasp então irá traduzir as escolhas feitas na página em comandos para o Arduino via UART. Para isso é necessário tomar alguns cuidados:

- BAUD RATE(Clock de operação) : Os dois dispositivos devem possuir o mesmo baud rate, caso contrário não funcionará a comunicação, necessário procurar no datasheet do microcontrolador (na sessão da UART) o cálculo do baud rate. A unidade de operação é em bps (bits por segundo).
- Configuração do protocolo: O protocolo de UART pode ser configurado para mandar dados de 8 ou 9 bits, com possibilidade de bits de paridade (par, ímpar, nenhum), com 1 ou 2 bits de parada. Os dois dispositivos devem possuir a mesma configuração.
- Leitura do Código de Barras

A leitura do código de barras será feita manualmente pela bibliotecário onde tem como função informar baixa do livro no servidor quando o usuário pegar o livro e quando chegar novos livros à biblioteca ele adiciona no banco de dados.



Figura 23 – Equipamento leitor de código de barras

5.5 Sistema Embarcado e Aplicação Web

5.5.1 Documento de Visão

Esse documento tem por objetivo fornecer uma visão geral da solução de software a ser empregada para dar suporte às atividades do produto *Bibliotech*. Aqui será descrito o problema a qual o software visa solucionar e dar apoio, o perfil do usuário que estará utilizando o sistema, e uma breve descrição de suas funcionalidades.

5.5.1.1 Posicionamento

Essa seção contém a descrição dos problemas, envolvidos e usuários, e subsequentemente a posição do produto.

5.5.1.1.1 Descrição dos Problemas

Nas figuras abaixo estão descritos os problemas identificados.

| | |
|------------------------------|--|
| O problema de | Incapacidade do robô de identificar qual livro está sendo requisitado ou devolvido |
| afeta | O correto funcionamento do robô |
| cujo impacto é | O robô não identificar e pegar os livros solicitados |
| uma boa solução seria | Um sistema que identifique o livro e passe a informação para o robô de uma maneira que ele compreenda. |

Figura 24 – Problema 01 (fonte: Autor)

| | |
|------------------------------|--|
| O problema de | Administrar as informações dos livros da biblioteca |
| afeta | O conhecimento acerca dos livros mantidos |
| cujo impacto é | O descontrole sobre a administração dos livros |
| uma boa solução seria | Um sistema que permita manter e gerir as informações sobre os livros da biblioteca |

Figura 25 – Problema 02 (fonte: Autor)

| | |
|------------------------------|---|
| O problema de | Conhecer a disponibilidade física e informações de um livro |
| afeta | A capacidade de afirmar se um livro está disponível ou não |
| cujo impacto é | A execução da solicitação de retirada de um livro sem sucesso |
| uma boa solução seria | Um sistema que identifique o livro e informe a sua disponibilidade. |

Figura 26 – Problema 03 (fonte: Autor)

| | |
|------------------------------|---|
| O problema de | Identificar a relação entre livros emprestados e com quem esse livro está |
| afeta | A identificação do responsável pela devolução e integridade do livro |
| cujo impacto é | Perda da rastreabilidade de quem está com determinado livro emprestado |
| uma boa solução seria | Um sistema que mantenha os usuários e relacione eles com seus livros solicitados. |

Figura 27 – Problema 04 (fonte: Autor)

5.5.1.2 Descrições dos Usuários

Essa seção apresenta uma descrição geral dos usuários do sistema, assim como suas respectivas responsabilidades e as suas necessidades ao utilizar o sistema.

5.5.1.2.1 Resumo dos Usuários

A a figura abaixo apresenta a descrição de cada usuário do sistema.

| Nome | Descrição | Responsabilidades |
|---------------|--|--|
| Bibliotecário | É o usuário que cadastra os livros no sistema e permite que o estudante solicite livros no sistema | <ul style="list-style-type: none"> - Inserir informações sobre os livros no sistema - Solicitar o empréstimo ou a devolução de um livro - Cadastrar estudantes no sistema |
| Estudante | É o usuário que está interessado em solicitar um livro na biblioteca | <ul style="list-style-type: none"> - Solicitar o empréstimo de um livro |
| Usuário | Generalização, dos atores, Bibliotecário e Estudante. | <ul style="list-style-type: none"> - Consultar livros |

Figura 28 – Descrição dos usuários do sistema (fonte: Autor)

5.5.1.2.2 Principais Necessidades dos Usuários

A figura a seguir apresenta as necessidades dos usuários do sistema, a prioridade e quais são as soluções propostas para cada necessidade.

| Necessidade | Prioridade | Soluções Propostas |
|--|------------|--|
| Solicitar um livro (PB01) | Alta | Permitir ao BIBLIOTECÁRIO solicitar ao robô um livro a partir da identificação do mesmo junto ao sistema |
| Devolver um livro (PB01) | Alta | Permitir ao BIBLIOTECÁRIO devolver ao robô um livro a partir da identificação do mesmo junto ao sistema |
| Controlar as informações dos livros (PB02) | Alta | Permitir ao BIBLIOTECÁRIO realizar o cadastro, alterar, ou remover livros junto ao sistema |
| Saber a disponibilidade de um livro (PB03) | Media | Permitir ao BIBLIOTECÁRIO e ao ESTUDANTE realizar uma consulta da disponibilidade de um livro junto ao sistema |
| Controlar as informações dos estudantes (PB04) | Media | Permitir ao BIBLIOTECÁRIO realizar cadastro, alterar, ou remover o ESTUDANTE junto ao sistema |
| Acompanhar aquisição dos livros (PB04) | Media | Permitir ao BIBLIOTECÁRIO manter a rastreabilidade de quem possui determinado livro emprestado |

Figura 29 – Necessidades dos usuários do sistema (fonte: Autor)

5.5.1.3 Visão Geral do Produto

Essa seção fornece o detalhamento de como o sistema se relaciona com os outros componentes do produto.

5.5.1.3.1 Perspectiva do Produto

O sistema descrito neste documento faz parte do produto *Bibliotech*. Dessa forma, ele é um subsistema e interage com outros subsistemas, a fim de atingir o objetivo final do produto.

A função do portal é implementar uma interface entre o usuário e o *software* embarcado que realiza o controle das funções do robô. Para isso, ele fornece uma interface *web* que permite ao bibliotecário solicitar que determinadas ações sejam executadas pelo robô. Em última instância, estas solicitações provocam a emissão de uma série de comandos para o robô.

A forma em que o sistema *web* se comunica com o *software* embarcado é através de uma rede *wireless* local. A solicitação da realização de uma tarefa feita pelo usuário gera uma requisição ao *software* embarcado que envia um código específico que indica ao *software* o tipo de tarefa que o robô deve realizar. Desta forma, o *software* embarcado é capaz de determinar quais funções do robô devem ser acionadas.

Após o término da tarefa do robô, o *software* embarcado envia uma resposta ao sistema *web* indicando o status da tarefa. Por fim, o sistema *web* fornece um *feedback* para o usuário indicando o status da tarefa conforme os padrões de usabilidade adotados no projeto.

5.5.2 Documento de Arquitetura de *Software*

Esta seção possui como finalidade apresentar uma visão abrangente da arquitetura dos *softwares* desenvolvidos para o projeto *Bibliotech*. Para isso, serão fornecidas uma série de visões arquiteturais para ilustrar os diversos aspectos do sistema, seus componentes e a forma em que interagem entre si.

5.5.2.1 Representação Arquitetural

O projeto *Bibliotech* possui uma série de *softwares* que realizam diferentes funções para garantir o funcionamento do sistema. Cada um destes *softwares* apresenta sua própria arquitetura interna, mas também estão inseridos em uma infra-estrutura externa projetada pela equipe para viabilizar a comunicação entre os subsistemas de *software*.

Serão descritos os aspectos da infra-estrutura a qual os subsistemas estão inseridos e posteriormente detalhar aspectos relacionados à arquitetura interna de cada um.

Em primeiro lugar, será especificado quais *softwares* compõe o sistema:

1. **Portal da biblioteca:** O portal da biblioteca é uma aplicação *web* que permite aos bibliotecários gerenciarem os seus livros de forma facilitada. Ou seja, este subsistema implementa a digitalização do empréstimo, adição ao acervo e devolução de livros. O portal abstrai para o usuário todo o processo de gerência de armazenamento implementado logicamente por ele e fisicamente pelo robô. Ele define internamente a administração do uso das prateleiras, por exemplo, quais são as posições livres da prateleira e onde um determinado livro se encontra. Este portal será desenvolvido com o *framework web* Rails.
2. **Sistema Embarcado:** Este subsistema é embarcado em uma *Raspberry Pi* e implementa o controle do robô, ou seja, emite uma série de comandos que especificam ao robô as operações que devem ser executadas. As principais operações suportadas pelo robô são a movimentação horizontal e vertical (para acessar qualquer parte da estante) e a extração e reposição de um livro a uma posição da estante. Além disso, este subsistema se comunica com o portal da biblioteca para aceitar requisições que especificam a execução de uma função específica (por exemplo, armazenar um livro). Estas requisições disparam a emissão de uma série de comandos internos

ao robô para que o mesmo cumpra a função solicitada. O sistema embarcado será desenvolvido em linguagem C.

A figura abaixo fornece uma descrição visual dos *softwares* que compõem o sistema e suas interações.

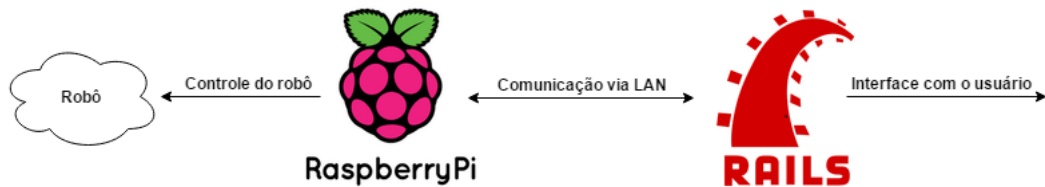


Figura 30 – Arquitetura do sistema (fonte: Autor)

O fluxo de execução do sistema pode ser resumido a seguir:

1. O bibliotecário interage com a interface *web* para realizar algum tipo de atividade administrativa (adicionar um livro ao acervo, devolução de livros, empréstimo, etc. . .). Cada uma dessas atividades administrativas exige um gerenciamento interno do sistema *web* para identificar o estado das estantes (quais posições estão sendo utilizadas, por exemplo) e dos livros (quais livros estão disponíveis e onde estão armazenados). Para isso, a aplicação *web* contará com uma base de dados que será responsável por armazenar estas informações. Por fim, o portal da biblioteca enviará requisições ao software sendo executado na *Raspberry Pi* informando algum tipo de ação a ser executada.
2. O servidor sendo executado na *Raspberry Pi* aceitará requisições do portal da biblioteca e mapeará uma requisição a uma série de comandos que especificam ao robô as ações que devem ser tomadas para cumprir a função solicitada.
3. As funções do robô são acionadas a partir do *software* embarcado na *Raspberry Pi* e após seu término, o servidor envia uma resposta ao portal da biblioteca notificando a conclusão da solicitação enviada.
4. O portal informa ao usuário que a função solicitada foi executada.

5.5.2.2 Metas e Restrições da Arquitetura

Existem algumas metas e restrições arquiteturais consideradas relevantes pela equipe de desenvolvimento, são elas:

1. A aplicação *web* será executada em uma rede local, pois não faz sentido a atribuição de um IP público se ela só será acessada pelos funcionários da biblioteca e se comunicará com o servidor da *Raspberry Pi* que também pertence à rede local.

2. O portal da biblioteca deve apresentar um sistema de identificação e autenticação que garanta que apenas funcionários autorizados possam acessá-lo com sucesso.
3. O servidor da *Raspberry Pi* deve aceitar requisições exclusivamente do portal da biblioteca.
4. A implantação do sistema em uma organização deve ser automatizada, para evitar a configuração manual de IPs para viabilizar a comunicação entre os subsistemas de *software*.

5.5.2.3 Visão Lógica

Esta seção se concentra em descrever detalhes arquiteturais internos de cada subsistema:

1. **Sistema *web*:** O sistema *web* será implementado utilizando o estilo arquitetural MVC (*Model, View, Controller*). Este padrão arquitetural determina a subdivisão do *software* em camadas com responsabilidades específicas:

Model: responsável por representar as entidades envolvidas no projeto e implementar a interface entre o sistema e a base de dados.

View: responsável por conter o código relacionada à camada visual da aplicação.

Controller: responsável por coordenar o fluxo de execução do sistema e atuar como a interface entre as camadas descritas anteriormente.

A aplicação *web* também será responsável por administrar o uso das estantes. Para isso, o projeto implementa um recurso de discretização das estantes. A discretização é possibilitada pela construção de cases de tamanho único que irão envolver os livros, dessa forma, o espaço ocupado por cada livro é determinístico e o *software* é capaz de interpretar a estante como uma matriz binária, onde cada posição da estante pode ser representada por um par ordenado. Este par ordenado será armazenado para identificar a posição exata de um determinado livro.

2. **Sistema Embarcado:** O sistema embarcado será dividido em dois módulos principais:

Servidor: responsável por aceitar requisições do sistema *web* e processá-las para identificar quais comandos devem ser enviados para o robô, além de enviar mensagens de resposta informando ao portal o estado da execução da tarefa solicitada.

Controlador: responsável por enviar comandos para o robô para acionar suas funções. Cada função do robô está associada a um dispositivo externo, por exemplo, um motor de passo. Estes dispositivos são representados internamente por um

arquivo de dispositivo. A comunicação entre o *software* e os dispositivos periféricos será realizada através destes arquivos e da interface de programação unificada fornecida por sistemas Unix-like para manipulação de arquivos.

5.5.3 Modelo de Caso de Uso

Este documento apresenta o modelo de caso de uso, onde é desenvolvido um esquema e modelo básico das funções pretendidas do sistema e respectivamente os atuadores em seu ambiente.

5.5.3.1 Diagrama de Caso de Uso

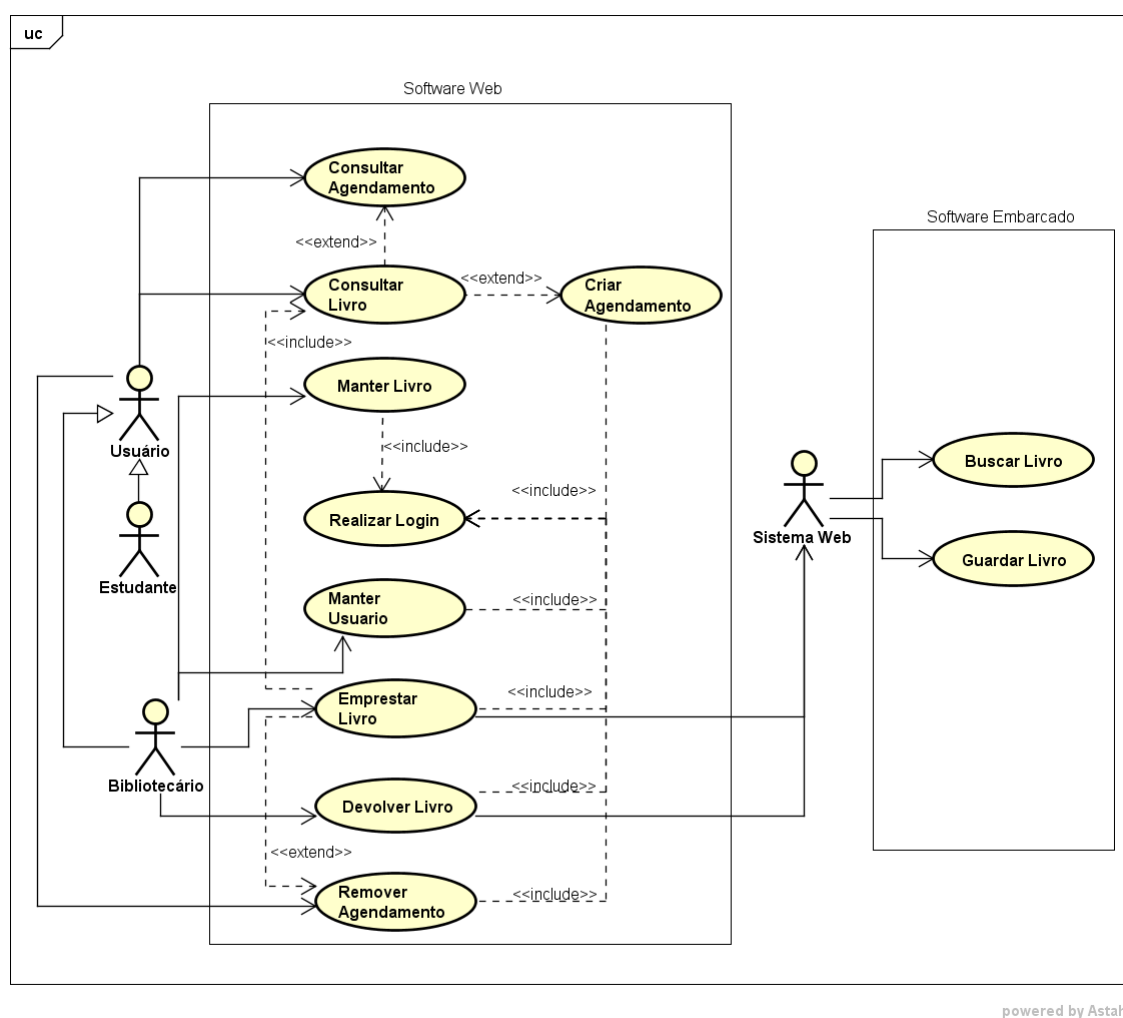


Figura 31 – Diagrama de Caso de Uso para o projeto de software *Bibliotech* (fonte: Autor)

5.5.3.2 Descrição de Casos de Uso

- Consultar Agendamento

Este caso de uso permite ao USUÁRIO consultar um agendamento realizado, e está consulta deve ser criada a partir do preenchimento de um formulário.

- Consultar Livro

Este caso de uso permite ao USUÁRIO consultar a disponibilidade de um livro no sistema, e está consulta deve ser criada a partir do preenchimento de um formulário.

- Criar Agendamento

Este caso de uso permite ao USUÁRIO criar um agendamento de solicitação de livro, e está consulta deve ser criada a partir do preenchimento de um formulário.

- Manter Livro

Este caso de uso permite ao BIBLIOTECÁRIO cadastrar, alterar, remover e consultar informações de um livro no sistema.

- Realizar Login

Este caso de uso permite ao BIBLIOTECÁRIO identificar-se para que eventuais permissões lhe sejam concedidas.

- Manter Usuário

Este caso de uso permite ao BIBLIOTECÁRIO cadastrar, alterar, remover e consultar informações de um USUÁRIO.

- Emprestar Livro

Este caso de uso permite ao BIBLIOTECÁRIO emprestar um livro a um USUÁRIO, e associar o empréstimo. Este empréstimo deve ser criado a partir do preenchimento de um formulário.

- Devolver Livro

Este caso de uso permite ao BIBLIOTECÁRIO devolver um livro e finalizar o empréstimo realizado a um USUÁRIO.

- Remover Agendamento

Este caso de uso permite ao BIBLIOTECÁRIO remover um agendamento de solicitação de livro, e esta consulta deve ser criada a partir do preenchimento de um formulário.

- Buscar Livro

Este caso de uso permite ao SISTEMA *WEB* solicitar ao robô a busca física de um livro em seu respectivo endereço físico.

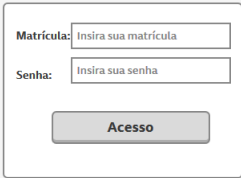
- Guardar Livro

Este caso de uso permite ao SISTEMA *WEB* solicitar ao robô devolução física de um livro em seu respectivo endereço físico.

5.5.4 Protótipos

Para facilitar a visão de como será o produto de software, a equipe desenvolveu alguns protótipos. Os protótipos permitem que os stakeholders interajam com o produto, assim eles podem ter uma noção de o produto será, e como utilizar o produto [X].

A maioria das funcionalidades necessita que o usuário esteja logado. A imagem abaixo mostra o protótipo da tela de login:



Protótipo da tela de Login da Aplicação Web. O formulário possui o título "Login" e contém os seguintes elementos:

- Campos de entrada para "Matrícula" e "Senha", ambos com o texto de placeholder "insira sua matrícula" e "insira sua senha" respectivamente.
- Um botão "Acesso" para submissão do formulário.

Figura 32 – Tela de Login da Aplicação Web (fonte: Autor)

Após ter realizado o login, o bibliotecário consegue visualizar um menu com as opções disponíveis. A imagem abaixo apresenta esse menu:



Figura 33 – Tela inicial do bibliotecário (fonte: Autor)

Dado o contexto de uma biblioteca, é interessante que seja realizado o cadastro de estudantes no sistema. Assim, o nosso sistema deve permitir que o bibliotecário cadastre esses alunos. A imagem abaixo mostra o protótipo do cadastro de estudantes:

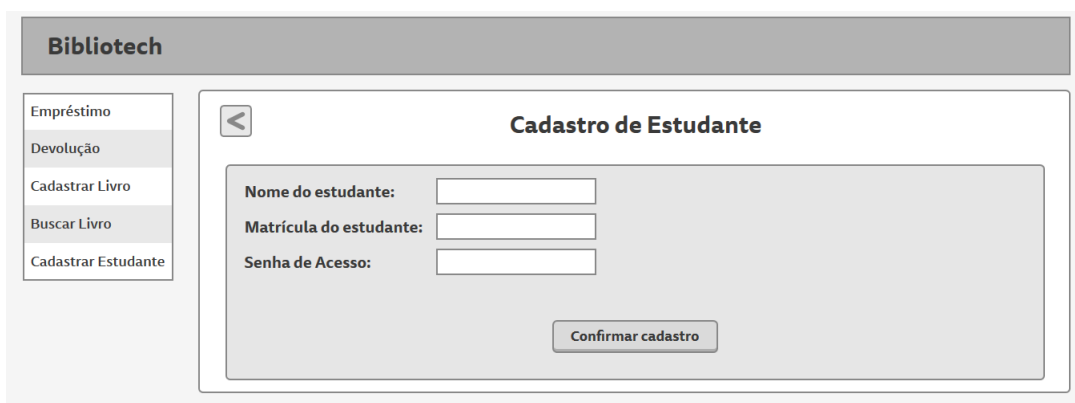
A interface de usuário para o sistema Bibliotech, mostrando a tela de "Cadastro de Estudante". No topo, há uma barra cinza com o título "Bibliotech". Abaixo, à esquerda, há um menu vertical com cinco opções: "Empréstimo", "Devolução", "Cadastrar Livro", "Buscar Livro" e "Cadastrar Estudante". O menu está sobreposto a uma área cinza mais ampla. À direita do menu, há uma caixa de formulário com o título "Cadastro de Estudante" e um botão de voltar. O formulário contém três campos de entrada: "Nome do estudante:", "Matrícula do estudante:" e "Senha de Acesso:". Abaixo dos campos, há um botão "Confirmar cadastro".

Figura 34 – Tela de Cadastro de estudantes (fonte: Autor)

Também é interessante permitir ao bibliotecário o cadastro de livros e a edição de livros. No momento do cadastro, o sistema verifica uma posição disponível e aloca esse livro a uma posição. A imagem abaixo apresenta as telas do cadastro/edição de livros:

Bibliotech

Cadastro de Livros

1º Autor:

2º Autor:

3º Autor:

Título:

Subtítulo:

Editora:

Ano:

Local:

Edição:

Volume:

Páginas:

ISBN:

Código de Barras:

Figura 35 – Tela de cadastro/edição de livros (fonte: Autor)

O sistema deverá permitir que tanto o estudante quanto o bibliotecário pesquisem livros, para realizarem eventuais consultas. A imagem abaixo mostra a tela de pesquisa:

Bibliotech

Pesquisa de Livros

Mostrando 3 Resultados

- Memórias Póstumas de Brás Cubas - Machado de Assis - 1ª Edição
- Memórias Póstumas de Brás Cubas - Machado de Assis - 3ª Edição
- Memórias Póstumas de Brás Cubas - Machado de Assis - Edição de colecionador

Figura 36 – Tela de pesquisa de livros (fonte: Autor)

Após a pesquisa, o estudante ou o bibliotecário irá escolher um dos livros e realizar a consulta. Para o estudante, é informado o status do livro e uma mensagem. Caso o livro não esteja disponível, é mostrada a opção de agendar livro. A imagem abaixo e a imagem subsequente mostra a tela de consulta do estudante e a imagem **X**, mostra a tela de agendamento:

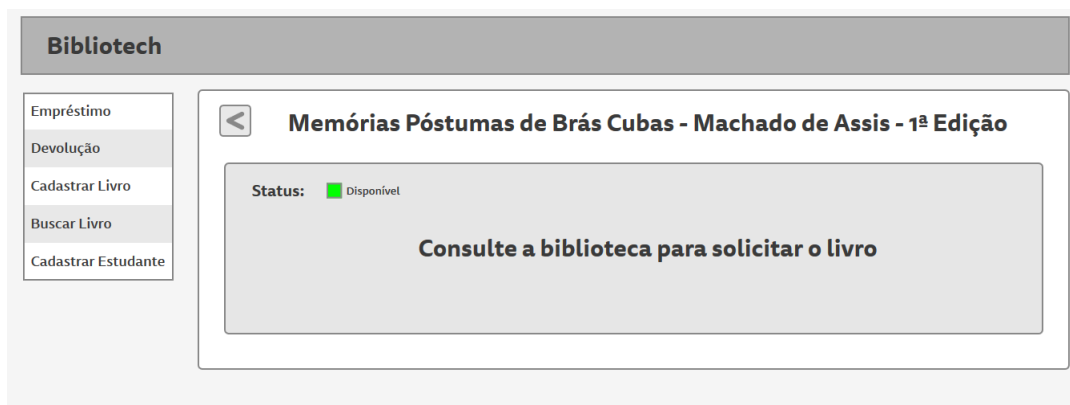


Figura 37 – Tela de consulta de livro do estudante (fonte: Autor)

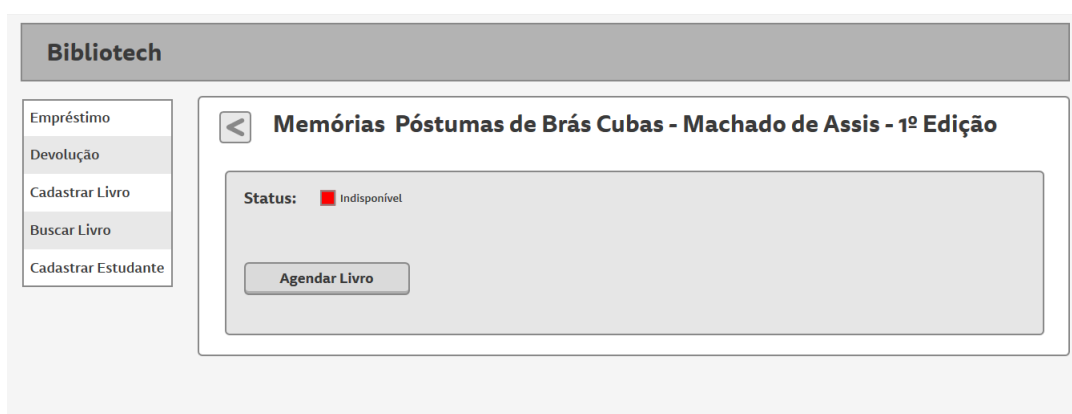


Figura 38 – Tela de consulta de livro do estudante (fonte: Autor)

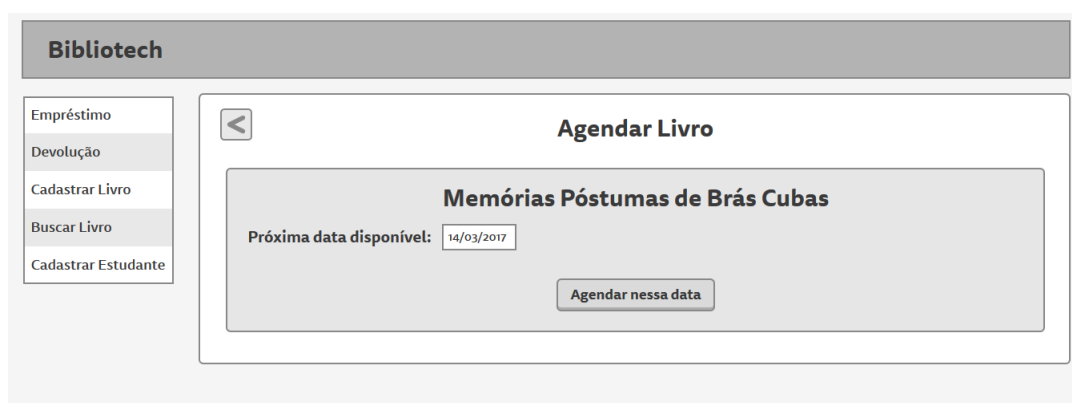


Figura 39 – Tela de consulta de livro do estudante (fonte: Autor)

Na consulta, para o bibliotecário, é informado o estado do livro e um botão para iniciar o empréstimo. A imagem X mostra a tela de consulta do bibliotecário:

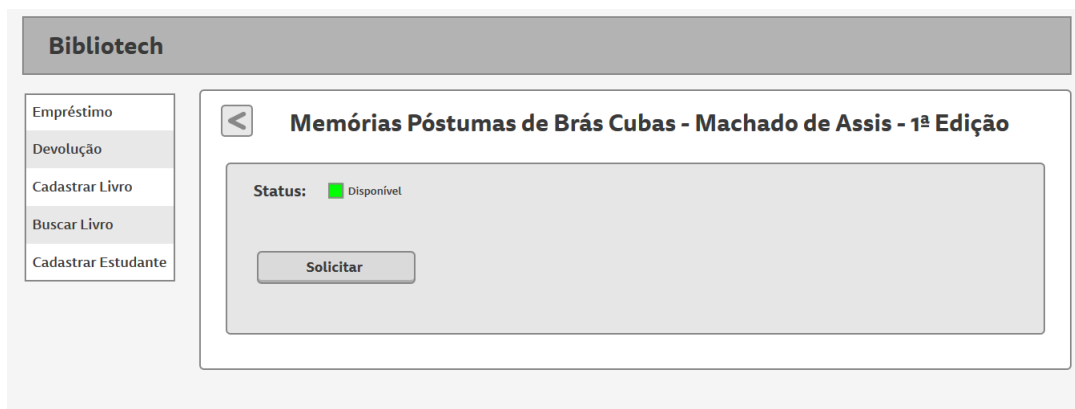


Figura 40 – Tela de consulta livro bibliotecário (fonte: Autor)

Após a solicitação do livro, o robô trará o livro para o bibliotecário e ele inserirá as informações do estudante, confirmando o empréstimo. A imagem abaixo mostra a tela de empréstimo:

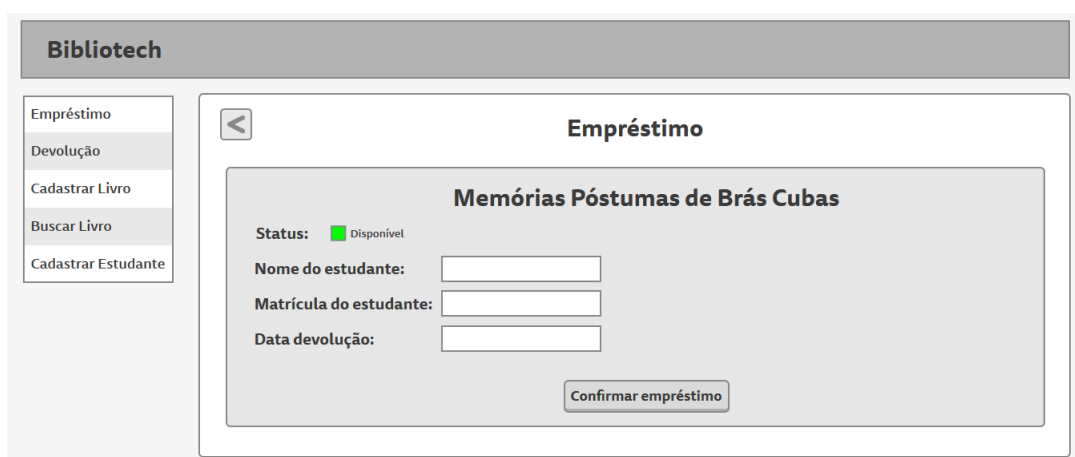


Figura 41 – Tela de empréstimo de livros (fonte: Autor)

Quando o aluno for devolver o livro, o bibliotecário irá inserir o código de barras do livro, o sistema carregará as informações relativas ao livro, e o bibliotecário escolherá a opção de confirmar a devolução. A imagem abaixo apresenta a tela de devolução do livro:

Bibliotech

Empréstimo
Devolução
Cadastrar Livro
Buscar Livro
Cadastrar Estudante

Devolução

Insira o código de barras: 11110010101

Livro: Memórias Póstumas de Brás Cubas
Matrícula do aluno: 10/0012220
Data limite de devolução: 03/04/2017

Confirmar devolução

Figura 42 – Tela de devolução de livros (fonte: Autor)

6 Plano de Gerenciamento de Custos

Neste plano encontram-se dados de planejamento do custo da Biblioteca Automatizada, contendo a definição do escopo de custo do projeto, e suas respectivas estimativas.

Tem por finalidade estimar o custo total do projeto para que medidas de restrição financeira possam ser previamente controladas no escopo do projeto e no prazo que conseqüentemente é um precursor do custo. Por fim, tem como objetivo de fundamentar o controle de custos do projeto que trará o custo total real do projeto.

Para contabilizar os custos de desenvolvimento da Biblioteca Autônoma definimos que as seguintes categorias tem relevância na contabilidade: Custo de estrutura, de controle e da alimentação energética do sistema. Esses devem ser preenchidos em primeiro momento como estimativas de custos, mas os valores reais podem vir a divergir durante o projeto.

6.1 Estimativa de Custos

6.2 Arrecadação de Verbas

Para adquirir a verba necessária para custear o projeto, foi decidido que todo o valor será dividido igualmente entre os membros. Sempre que for necessário adquirir um dos itens acima, será avisado nos meios de comunicações listado no Plano de Comunicação para que assim os membros tragam a quantia necessária na reunião seguinte para realizar a aquisição dos materiais.

Tabela 3 – My caption

| Estrutura | | | |
|--------------------------------------|------------|-------------|-----------------------|
| Material | Quantidade | Preço Total | Fornecedor |
| Estante | 1 | R\$ 250 | - |
| Perfil Estrutural | 5m | R\$ 100 | QDTEK |
| Cremalheira (nylon) | 2m | R\$ 162 | Tekkno Mecatronica |
| Fuso | 1,6 | R\$ 288 | Tekko Mecatronica |
| Engrenagem | 1 | R\$ 200 | Tekko Mecatronica |
| Controle | | | |
| Material | Quantidade | Preço Total | Fornecedor |
| RAPBERRY PI 3 | 1 | R\$ 250 | Baú da Eletrônica |
| Arduino MEGA 2560 | 1 | R\$ 35 | FlípeFlop |
| Leitor de Código de Barras | 1 | R\$ 150 | Automatizado |
| Eletrôimã | 1 | R\$ 150 | Mercado Livre |
| Transformador | 1 | R\$ 65 | FlípeFlop |
| Atuador Linear | 1 | R\$ 430 | Mercado Livre |
| Energia | | | |
| Material | Quantidade | Preço Total | Fornecedor |
| Botão NA | 1 | R\$ 5,00 | Siemens |
| Botão NF | 1 | R\$ 5,00 | Siemens |
| Motor de Passo | 2 | R\$ 600,00 | Tekkno Mecatronica |
| Transformador | 1 | R\$ 100,00 | Mercado Livre |
| Componentes eletrônicos do conversor | 10 | R\$ 15,00 | Mercado Livre |
| Aplicação Web | | | |
| Material | Quantidade | Preço Total | Fornecedor |
| Servidor | 1 | R\$ 65,00 | Google Cloud Platform |
| Domínio | 1 | R\$ 6,99 | GoDaddy |

7 Gerenciamento dos Riscos

O plano de riscos é a área que visa aumentar as taxas de sucesso de um projeto, visto que este é responsável pela gerência dos riscos identificados, apontando seus impactos e como mitigá-los ([pmbok2004]).

Riscos são eventos ou condições que se ocorrerem podem afetar o projeto positivo ou negativamente, afetando características do projeto como escopo, tempo, custo, qualidade entre outros. Devido aos impactos prejudiciais que os riscos podem gerar quanto oportunidades, surge a necessidade de gerenciar os mesmo, para que a resposta a esses eventos sejam de forma planejada e eficiente, a fim de garantir o sucesso do projeto.

Devido a natureza dos riscos e seus impactos sobre o projeto, estes precisam ser analisados depois de identificados. Para isso, foram definidos três atributos para os riscos: Probabilidade, impacto e interesse.

A chance está relacionado com a probabilidade do risco acontecer. É definida em três níveis: Baixa, Média e Alta probabilidade de acontecer.

O impacto está relacionado ao quanto este risco irá afetar o projeto, principalmente com relação a questões de escopo, tempo, custo e sucesso do projeto. O impacto é definido em três níveis: Baixo, Médio e Alto impacto no projeto.

O interesse é o produto de uma relação dos outros dois, onde baseado nas chances de acontecer e no impacto do risco será estipulado um interesse da organização com esse risco. Também é definido em três níveis: Baixo, Médio e Alto interesse no risco, de acordo com a matriz seguinte:

| <i>Chance/ Impacto</i> | Baixa | Médio | Alta |
|----------------------------|-------|-------|-------|
| Baixo | Baixo | Baixo | Médio |
| Médio | Baixo | Médio | Alto |
| Alto | Médio | Alto | Alto |

Figura 43 – Matriz de interesses do risco (fonte: Autor)

Deve-se notar que dado a natureza do projeto e seus integrantes, essas chances serão estimadas baseadas em experiência dos integrantes, com um menor rigor metodológico que poderia ser exigido para essas estimações.

O projeto proposto utiliza a estratégia descrita na metodologia utilizada [pmbok2004] para a construção do plano de riscos. Os riscos identificados foram descritos na tabela abaixo

| ID | RISCO | CONSEQUÊNCIA | CHANCE | IMPACTO |
|-----|---|---|--------|---------|
| R01 | Mau dimensionamento dos motores | Torque insuficiente para as ações necessárias | Médio | Alto |
| R02 | Mau dimensionamento do sistema de alimentação dos componentes eletrônicos | Faltas nos componentes do circuito | Médio | Médio |
| R03 | Configuração errônea do sistema de comando | Falhas de operação do sistema | Médio | Alto |
| R04 | Mau dimensionamento do sistema de proteção | Curto circuito geral | Médio | Alto |
| R05 | Dano nos equipamentos eletrônicos | Atraso e aumento do custo do projeto | Médio | Alto |
| R06 | Indisponibilidade de serviços de infraestrutura | Impacto na experiência do usuário | Médio | Médio |
| R07 | Demora na entrega dos componentes dos sistemas | Atraso no projeto | Baixo | Alto |
| R08 | Propriedades e dimensões diferentes das anunciadas (caso de compra pela internet) | Atraso e/ou aumento do custo do projeto | Baixo | Médio |
| R09 | Montagem mal executada da estrutura | Falhas na operação dos sistemas | Médio | Alto |

Figura 44 – Riscos do Projeto (fonte: Autor)

Utilizando a matriz de Chance X Impacto, nós podemos definir o interesse da equipe naquele risco e também listar a ação de mitigação para aquele risco.

| RISCO | INTERESSE | AÇÃO |
|-------|-----------|--|
| R01 | Alto | Revisar o dimensionamento com auxílio de alguém com mais experiência |
| R02 | Médio | Revisar o dimensionamento com auxílio de alguém com mais experiência |
| R03 | Alto | Antecipar a instalação dos componentes mitigando os imprevistos |
| R04 | Alto | Revisar o dimensionamento com auxílio de alguém com mais experiência |
| R05 | Alto | Recolher mais recursos e encomendar novos equipamentos no prazo de 24h |
| R06 | Médio | Escolher e implantar serviços similares, usando-os em caso de indisponibilidade. Além de realizar testes de desempenho |
| R07 | Médio | Antecipar o pedido dos componentes |
| R08 | Baixo | Reajuste da peça a fim de se adequar ao ideal |
| R09 | Alto | Realizar a montagem com auxílio de alguém com mais experiência |

Figura 45 – Interesse e Mitigação dos riscos (fonte: Autor)

8 Gerenciamento da Comunicação e Versões de Artefatos

8.1 Ferramentas de Comunicação

Objetivando facilitar a troca de informações entre os membros da equipe do projeto, foram escolhidas algumas ferramentas para auxílio de comunicação e controle de artefatos e anexos do projeto.

Tendo em vista a importância e relevância de uma boa comunicação e gestão de artefatos em projetos interdisciplinares, foram selecionados mecanismos gratuitos para garantir que todos os membros do projeto tivessem acesso livre de forma espontânea.

A seguir estão apresentadas as ferramentas de comunicação e gestão adotadas e seus propósitos:

| Ferramenta | Propósito |
|--------------------|--|
| hline Facebook | Espaço escolhido para se disponibilizar links, arquivos, discussões sobre a org Comunicação básica e planejamento de re Reuniões não presenciais Compartilhamento e Edição de Arqui |
| hline WhatsApp | |
| hline Hangouts | |
| hline Google Drive | |
| hline | |

8.2 Reuniões

Além das ferramentas apresentadas, foram definidas reuniões fixas e presenciais para facilitar a comunicação e execução de atividades do projeto, nos seguintes dias e horários:

Quarta-Feira: 16h às 18h Sexta-Feira: 14h Às 18h

Além disso, algumas reuniões extras poderão ser realizadas caso a equipe considere necessário. Contudo, essas reuniões devem ser agendadas de forma democrática com, no mínimo, 2 dias de antecedência, pretendendo a maior presença dos membros do equipe e/ou membros que se façam necessários.

9 Considerações Finais

Com o desenvolvimento deste projeto será possível economizar o tempo dos funcionários da biblioteca permitindo que eles possam se dedicar a outras tarefas, além de melhorar e manter a organização do local, evitar a formação de filas e tornar o ambiente mais agradável.

Mais a frente como planos futuros após a entrega do produto ao final do semestre o projeto poderá ser aprimorado e apresentar ainda mais vantagens para os usuários de uma biblioteca, por exemplo, o robô poderá se locomover pela biblioteca e mantê-la organizada, sendo capaz de recolher o livro da estante e leva-lo para quem o solicitou onde esta pessoa estiver, seja ela funcionário da biblioteca ou não.

Por fim com este princípio de funcionamento podemos aplicá-lo em vários escopos diferentes, podendo ser utilizados em hospitais, supermercados, almoxarifados, enfim qualquer ambiente que se tenham itens guardados em estantes ou locais com maior dificuldade de acesso.

10 Anexos

10.1 Anexo A - Cronograma

| Fase/Atividades | Equipe/Participantes | Início (Previsto) | Fim (Previsto) | Compleitude (%) | Início (Realizado) |
|--|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|
| Problematização | | | | | |
| Definir Equipe | Todos | 17/03/2017 | 17/03/2017 | 100,00% | 17/03/2017 |
| Definição do Problema e Solução | Todos | 17/03/2017 | 22/03/2017 | 100,00% | 17/03/2017 |
| Definir Escopo | Todos | 17/03/2017 | 22/03/2017 | 100,00% | 17/03/2017 |
| Concepção e Detalhamento Técnico | | | | | |
| Elaborar Plano de Custos | Iago | 22/03/2017 | 24/03/2017 | 100,00% | 23/03/2017 |
| Elaborar Plano de Risco | Fábio | 22/03/2017 | 24/03/2017 | 50,00% | 23/03/2017 |
| Elaborar Plano de Comunicação | Karine | 22/03/2017 | 24/03/2017 | 100,00% | 23/03/2017 |
| Construir EAP | Todos | 24/03/2017 | 24/03/2017 | 100,00% | 24/03/2017 |
| Construir Cronograma | Iago | 24/03/2017 | 27/03/2017 | 100,00% | 27/03/2017 |
| Elaborar TAP | Iago | 24/03/2017 | 27/03/2017 | 100,00% | 27/03/2017 |
| Definição da Visão do Software | Software | 26/03/2017 | 26/03/2017 | 100,00% | 26/03/2017 |
| Definição da Arquitetura do Software | Pedro | 25/03/2017 | 27/03/2017 | 100,00% | 26/03/2017 |
| Definição dos Requisitos do Software | Murilo | 25/03/2017 | 27/03/2017 | 100,00% | 26/03/2017 |
| Construção de Protótipo do Software | Karine | 25/03/2017 | 27/03/2017 | 100,00% | 26/03/2017 |
| Definição do Sistema de Alimentação Secundário | Jair | 25/03/2017 | 27/03/2017 | 100,00% | 26/03/2017 |
| Dimensionamento de Motores | Thais | 25/03/2017 | 27/03/2017 | 100,00% | 26/03/2017 |
| Escrever Relatório 01 | Todos | 27/03/2017 | 29/03/2017 | 50,00% | |
| Apresentar Ponto de Controle 1 | Todos | 05/04/2017 | 07/04/2017 | 0,00% | |

Figura 46 – Cronograma Parte 01 (fonte: Autor)

| | | | | | |
|--|---------------------|------------|------------|-------|--|
| Projeto e Construção de Subsistemas | | | | | |
| Construção da Estante | Estrutura | 01/04/2017 | 26/04/2017 | 0,00% | |
| Construção do Sistema de Proteção | Jair | 01/04/2017 | 26/04/2017 | 0,00% | |
| Construção do Sistema de Comando e Controle | Gustavo/Everton | 01/04/2017 | 26/04/2017 | 0,00% | |
| Construção da Aplicação Web | Software | 01/04/2017 | 26/04/2017 | 0,00% | |
| Construção da Estrutura do Robô | Estrutura | 16/04/2017 | 13/05/2017 | 0,00% | |
| Construção do Sistema de Conversão e Comunicação | Fábio | 16/04/2017 | 13/05/2017 | 0,00% | |
| Integração dos Motores no Subsistema | Larissa | 16/04/2017 | 13/05/2017 | 0,00% | |
| Integração dos Sensores no Subsistema | ??? | 16/04/2017 | 13/05/2017 | 0,00% | |
| Integração dos Atuadores no Subsistema | ??? | 16/04/2017 | 13/05/2017 | 0,00% | |
| Construção do Embarcado | Software/Eletrônica | 16/04/2017 | 13/05/2017 | 0,00% | |
| Validar Solução | ??? | 15/05/2017 | 15/05/2017 | 0,00% | |
| Realizar Simulações com os Subsistemas | ??? | 15/05/2017 | 17/05/2017 | 0,00% | |
| Escrita do Relatório 02 | Todos | 19/05/2017 | 22/05/2017 | 0,00% | |
| Apresentar Ponto de Controle 2 | Todos | 31/05/2017 | 02/06/2017 | 0,00% | |

Figura 47 – Cronograma Parte 02 (fonte: Autor)

| Integração dos Subsistemas e Finalização do Produto | | | | | |
|---|----------|------------|------------|-------|--|
| Realizar Integração dos Subsistemas | Todos | 29/05/2017 | 12/05/2017 | 0,00% | |
| Validar Integração | Todos | 12/05/2017 | 15/05/2017 | 0,00% | |
| Registrar Problemas e Soluções | Todos | 15/05/2017 | 15/05/2017 | 0,00% | |
| Definir Marketing do Produto | Software | 15/05/2017 | 19/05/2017 | 0,00% | |
| Planejar Atividades Futuras | Murilo | 21/05/2017 | 23/05/2017 | 0,00% | |
| Escrita do Relatório 03 | Todos | 26/06/2017 | 28/06/2017 | 0,00% | |
| Apresentar Ponto de Controle 3 | Todos | 05/07/2017 | 05/07/2017 | 0,00% | |

Figura 48 – Cronograma Parte 03 (fonte: Autor)