



**HALLEN PEREIRA DOS ANJOS**

**PROVA DE CONCEITO PARA ABERTURA E FECHAMENTO  
DE PORTAS SEMI AUTOMATIZADAS**

**LAVRAS – MG  
2022**

**HALLEN PEREIRA DOS ANJOS**

**PROVA DE CONCEITO PARA ABERTURA E FECHAMENTO DE PORTAS SEMI  
AUTOMATIZADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Automação, área de concentração Automação de Processos, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. DSc. Sandro Pereira da Silva  
Orientador

Prof. Dra. Joelma Rezende Durão Pereira  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Anjos, Hallen Pereira dos.

Prova de conceito para abertura e fechamento de portas semi automatizadas / Hallen Pereira dos Anjos. – 2022.

90 p. : il.

Orientador: Sandro Pereira da Silva.

Coorientadora: Joelma Rezende Durão Pereira

Dissertação (Mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Fechaduras. 2. RFID. 3. Automação. I. Silva, Sandro Pereira da. II. Pereira, Joelma Rezende Durão. III. Título.

**HALLEN PEREIRA DOS ANJOS**

**PROVA DE CONCEITO PARA ABERTURA E FECHAMENTO DE PORTAS SEMI  
AUTOMATIZADAS**

**PROOF OF CONCEPT FOR OPENING AND CLOSING SEMI AUTOMATED  
DOORS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Automação, área de concentração Automação de Processos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 22 de julho de 2022.

Lincoln Cardoso Brandao UFSJ

Evandro Pereira da Silva UNILAVRAS

Prof. Dr. Sandro Pereira da Silva  
Orientador

Prof. Dra. Joelma Rezende Durão Pereira  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2022**

Aos meus filhos, e a minha esposa, pelo companheirismo e apoio,  
Aos meus pais e irmãos pela união nas batalhas,  
A todos vocês que acreditaram nos meus sonhos,  
Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por mais essa conquista, agradeço por todos os obstáculos que Deus coloca em meu caminho. Nos momentos de dificuldades posso não compreender, mas quando chego ao topo da montanha, reconheço na paisagem a lição que Ele me deu.

Agradeço a Fernanda pelo incentivo e comprometimento a todo momento, abraçando esse desafio como se fosse dela. Ao Arthur e a Eva por serem minhas fontes de alegria e motivação.

Agradeço aos meus pais, e familiares por sempre acreditarem em mim, e por contribuir com meu caminhar desde a mais tenra idade.

Meu orientador e amigo, Sandro Pereira da Silva, que sempre estendeu a mão com carinho e muita dedicação, me direcionando para o progresso pessoal, espiritual e educacional, além de me motivar e assumir este desafio.

Agradeço a professora Joelma pela paciência e calma inspiradoras que dispensou a mim nos momentos de maior dificuldade.

Gostaria de agradecer a todos os professores que fizeram parte, direta ou indiretamente, dessa caminhada gloriosa.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Automação da Universidade Federal de Lavras – UFLA, ao qual submeto essa dissertação.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

Existem muitas soluções aplicadas para automação residencial e ou comercial, porém encontrar alternativas que simplifiquem os modelos atuais tem sido uma busca incansável dos pesquisadores. É nesta vertente que este trabalho seguiu, como objetivo a concepção de um leitor de cartão de identificação por radiofrequência (RFID) para o acionamento de fechadura eletromagnética, que realiza o controle de acesso a ambientes internos e externos. Assim, pretende-se controlar o acesso de pessoas, podendo até substituir o uso de chaves físicas para abertura de portas, com o intuito de evitar que a mesma seja utilizada por outros usuários, copiada ou perdida. O trabalho foi realizado nas dependências da Universidade Federal de Lavras, mais precisamente na Diretoria de Gestão de Tecnologia e Informação (DGTI), que um protótipo foi idealizado e implantado. O sistema conta com placa de circuito impresso, material compósito fabricado pelo processo de manufatura aditiva, utilizando o *software Simplify3D*. Os componentes foram instalados formando um módulo de controle interno, contendo placas de circuito impresso juntamente com o micro controlador e demais módulos pertencentes ao sistema. O sistema foi composto por dois módulos com sensores RFID denominados módulo de controle externo e módulo de controle interno. O funcionamento do sistema acontece quando o cartão de identificação é aproximado ao leitor tipo tag, o sistema lê e realiza todo o processamento: qual é o nome da tag, identifica qual é o id e consulta internamente e, caso não houver registro local, tentará localizar a nível de servidor. Ainda no módulo de controle interno, existe o microcontrolador, que faz todo o processo de controle. A comunicação com o banco de dados é realizada através da rede ethernet, utilizando *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP). A linguagem aplicada para receber os dados e realizar o tratamento e o armazenamento das informações no banco de dados é o Hypertext Preprocessor (PHP) versão 5.3. O equipamento apresentou resultados satisfatórios para controle de acesso autenticando todos usuários com acesso permitido a sala. Durante o período de testes foram registrados 2155 acessos. Além disso, o sistema foi capaz de armazenar dados para posterior análise, gerenciar o acesso das salas e atuar sobre os procedimentos de abertura e fechamento de portas através de fechaduras eletromagnéticas instaladas nas portas.

**Palavras-chave:** Fechaduras. RFID. Automação. Sistemas Supervisórios.

## ABSTRACT

There are many solutions applied to residential and/or commercial automation, but finding alternatives that simplify the current models has been a tireless search for researchers, it is in this aspect that this work followed, with the objective of designing a radio frequency identification card reader (RFID). For activating an electromagnetic lock, which controls access to internal and external environments. Thus, it is intended to control the access of people, and may even replace the use of physical keys to open doors, in order to prevent it from being used by other users, copied or lost. The work was carried out on the premises of the Federal University of Lavras, more precisely at the Directorate of Technology and Information Management (DGTI) where the prototype was designed and implemented. The system has a printed circuit board, a composite material manufactured by the additive manufacturing process using the Simplify3D software. The components were installed forming an internal control module, containing printed circuit boards together with the microcontroller and other modules belonging to the system. The system was composed of two modules with RFID sensors called external control module and internal control module. The system works when the ID card is brought close to the tag reader, the system reads and performs all the processing: what is the name of the tag, identifies what is the id and queries internally and, if there is no local record, it will try locate at the server level. Still in the internal control module, there is the microcontroller, which makes the entire control process. Communication with the database is carried out over the ethernet network, using Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP). The language applied to receive the data and perform the treatment and storage of information in the database is Hypertext Preprocessor (PHP) version 5.3. The equipment presented satisfactory results for access control, authenticating all users with allowed access to the room. During the testing period, 2155 accesses were recorded. In addition, the system was able to store data for later analysis, manage access to the rooms and act on the procedures for opening and closing doors through electromagnetic locks installed on the doors.

**Keywords:** Locks. RFID. Automation. Supervisory Systems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo de retirada de chaves pelos docentes.....	15
Figura 2 – Imagem representativa do Sistema Supervisório.....	28
Figura 3 – Exemplo da subdivisão do modelo embarcado.....	31
Figura 4 – Modelo de microprocessador arduíno.....	36
Figura 5 – Representação do sistema RFID.....	37
Figura 6 – Desenho impressora 3D.....	50
Figura 8 – Caixa do módulo de controle interno aberta.....	51
Figura 9 – Microcontrolador.....	51
Figura 10 – Esquema da placa de circuito impresso (PCI).....	52
Figura 11 – Módulo de controle externo.....	53
Figura 12 – Leitor instalado na porta da sala (lado interno e lado externo).....	53
Figura 13 – Módulo de controle interno.....	54
Figura 14 - Desenho esquemático.....	56
Figura 16 – Fluxograma de leitura do cartão fase N1.....	59
Figura 18 – Botão de emergência para acionamento da fechadura.....	61
Figura 19 – Gráfico de controle de acesso.....	63

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Materiais utilizados .....	49
Quadro 2 – Comparação de valores e características de modelos do mercado .....	66
Quadro 3 – Custo aproximado do projeto .....	67
Quadro 4 – Comparação de vantagens e desvantagens dos modelos .....	68

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

3D	Três dimensões
DGTI	Diretoria de Gestão de Tecnologia e Informação
IHM	Interface Homem Máquina
MG	Minas Gerais
PCI	<i>Placa de circuito impresso</i>
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i> (Pré-Processador de Hipertexto)
RFID	Radio Frequency Identification
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
UFLA	Universidade Federal de Lavras

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	14
<b>1.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>Processo de Desenvolvimento de Produtos – PDP</b> .....	16
<b>2.2</b>	<b>Projeto mecânico</b> .....	22
<b>2.3</b>	<b>Sistemas de controle</b> .....	24
<b>2.4</b>	<b>Sistema supervisorio</b> .....	27
<b>2.5</b>	<b>Sistema embarcado</b> .....	30
<b>2.6</b>	<b>Manufatura aditiva</b> .....	32
<b>2.7</b>	<b>Microcontrolador</b> .....	35
<b>2.8</b>	<b>Radio Frequency Identification – RFID</b> .....	37
<b>2.9</b>	<b>O uso de RFID em bibliotecas nacionais e internacionais</b> .....	42
<b>2.10</b>	<b>Interface Homem Máquina – IHM</b> .....	43
<b>2.11</b>	<b>Programação em plataforma aberta - <i>Open Source</i></b> .....	46
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	48
<b>3.1</b>	<b>Metodologia</b> .....	48
<b>3.2</b>	<b>Método operacional – Fluxograma</b> .....	56
<b>3.3</b>	<b>Dados relativos ao cartão</b> .....	60
<b>3.4</b>	<b>Avaliação teste</b> .....	62
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	63
<b>4.1</b>	<b>Orçamento do projeto</b> .....	66
<b>4.2</b>	<b>Percepção dos usuários quanto à utilização do sistema</b> .....	68
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	71
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	72
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	74
	<b>ANEXO A - Linguagem de programação utilizado</b> .....	85

## 1 INTRODUÇÃO

A Universidade Federal de Lavras UFLA, contém no Campus Sede, uma área de aproximadamente 400 ha, situado em Lavras - MG. Na mesma cidade, em fase de acabamento, há o Hospital Escola, situado em bairro distante da UFLA. Para atender os cursos da UFLA em cidades adjacentes, faz parte da infraestrutura da universidade três fazendas: Muquém, Palmital e Bom Sucesso. Devido à expansão orgânica, uma nova unidade da UFLA está sendo implementada em São Sebastião do Paraíso. Toda essa infraestrutura, citada, possui ou possuirá, salas de aula, laboratórios e salas de reuniões que deverão ter o acesso e monitoramento inspecionados pela UFLA.

Nos dias atuais, as salas de aula, laboratórios e auditórios são equipadas com uma série de objetos como mesas, carteiras, materiais de laboratório, além de equipamentos eletroeletrônicos que, combinados, acrescentam qualidade as aulas teórico-práticas, estabelecendo um ambiente apropriado e confortável. Muitos destes equipamentos possuem valores de custo elevado, o que pode despertar o interesse para o roubo. Por isso, torna-se de extrema necessidade um melhor monitoramento de acesso a estes locais.

Contudo, a maioria dos laboratórios não são de acesso restrito, sendo que estes locais são abertos aos professores, funcionários e alunos. Porém, são monitorados por funcionários responsáveis, que controlam a utilização dos equipamentos, principalmente, os de maior valor. Sendo assim, somente as salas de aulas ficam sem um maior controle de acesso. Somado, ainda está incluso a burocracia para se pegar as chaves, que na maioria das vezes ocorre sem controle. Estas salas também possuem material didático de alto valor financeiro, como *datashows*, retroprojetores, computadores, dentre outros.

A contextualização desse problema deu origem ao projeto tendo como premissa o desenvolvimento do sistema supervisorio para monitoramento, de abertura e fechamento de portas em salas de aulas, bem como preservar todos os itens dispostos numa sala de uso comum, que seja ela composta por carteiras, sistema de iluminação, ventilação e sonoro, ar-condicionado, *Datashow* e computador, que estão sujeitos a danos ou roubos, o que pode ocasionar alguns transtornos aos usuários destes espaços.

Nesse sentido, destaca-se que atualmente existem no mercado algumas formas de monitoramento de ambiente, que podem auxiliar no combate aos danos e roubos de equipamentos. Além disso, novos produtos podem ser desenvolvidos com esta finalidade através do Processo de Desenvolvimento de Produtos – PDP (COSTA, 2010), que é um

conjunto de tarefas que busca, a partir das carências de mercado, chegar aos parâmetros do projeto de um produto (ROSENFELD et al., 2006).

No Processo de Desenvolvimento de Produtos, diferentes produtos podem ser criados, dentre os quais destaca-se os projetos mecânicos, que utiliza de um grupo de ferramentas composto de fases de estabelecimento de exigências, como *design*, delimitação, análise mecânica e plantas estruturais, utilizadas para desenvolver uma máquina ou equipamento (VALE, 2021).

Vale ressaltar que no desenvolvimento de produtos é necessário o monitoramento do projeto. Para isso, existem vários tipos de sistemas que são aplicados para gerenciar, controlar e monitorar projetos, mas o SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition* - Controle Supervisório e Aquisição de Dados) é o sistema supervisório mais difundido. Este sistema fornece a informação oportuna para poder tomar decisões operacionais apropriadas (PINHEIRO, 2006). Os sistemas supervisórios operam por meio de mecanismos automatizados que são controlados por computadores e podem admitir interações homem máquina além de ter funções lógicas que são pré-programadas por operadores (ROSÁRIO, 2005).

O sistema supervisório é composto pelo sistema embarcado que controla os processos e atua sobre um problema (PONTES, 2017). O sistema embarcado pode ser subdividido em: unidade de processamento, memória e periféricos. A unidade de processamento executa as instruções (*software/firmware*) responsáveis pelos cálculos, tomar decisões e tratar eventos. Geralmente sua arquitetura é de um computador convencional, com a unidade lógica/Aritmética, unidade de controle, registradores, etc.

Após a criação do projeto, sua produção pode ser realizada através da manufatura aditiva, que é composto por um conjunto de processos que produzem peças a partir da adição de material, geralmente camada sobre camada (ALCALDE et al., 2019). Assim, como neste estudo o objetivo é desenvolver um projeto de controle de acesso a um ambiente, faz-se necessário um sistema de controle, do qual cita-se os sistemas RFID (*Radio Frequency Identification*), que estão relacionados com os sistemas de cartões inteligentes. Este cartão possui um sistema de armazenamento eletrônico de dados com capacidade computacional, do qual um microprocessador é adicionado a ele. Este sistema permite a transferência de dados entre o leitor e o cartão, que ocorre por uma interface serial bidirecional (FINKENZELLER, 2010), podendo ser uma ferramenta muito útil para se obter o controle às salas da Universidade Federal de Lavras, de forma barata, tendo em vista que a implantação desse sistema é de baixo custo.

A implementação desse sistema contribuirá no dia a dia da universidade, de forma significativa, uma vez que, implementado e em pleno funcionamento, facilitará o uso de salas de aula dispensando o deslocamento de cada professor até a sala de chaves e o preenchimento das fichas de requerimento, eliminando assim a possibilidade e perda ou extravio destas chaves. O controle passará a ser feito por meio de um cartão magnético no qual já constará os dados dos usuários, seja ele professor, aluno ou funcionário e, com tal avanço, futuramente, o uso das chaves dos armários será extinta.

### **1.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste projeto é desenvolver prova de conceito de um dispositivo capaz de monitorar acessos em ambientes internos e externos.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- a) Criar um sistema de controle de acesso aos ambientes sem o uso de chaves;
- b) Análise e validação da leitura do cartão de identificação do usuário por meio de um leitor de cartões *radio frequency identification card* (RFID);
- c) Validação do destrancamento da porta de sala de aulas através de uma fechadura eletromagnética a qual será monitorada por um sistema supervisorio desenvolvido especialmente para esta finalidade;
- d) Gerenciamento e controle do sistema de acesso aos ambientes.

Figura 1 - Fluxo de retirada de chaves pelos docentes.



Fonte: Do autor

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Processo de Desenvolvimento de Produtos – PDP

A capacidade de inovar e desenvolver produtos orientados para o mercado é o que faz o processo de desenvolvimento de produtos se tornar uma prática mais evidente nas últimas décadas, além de tornar a gestão mais eficiente e eficaz (COSTA, 2010).

O processo de desenvolvimento de produtos nada mais é que um conjunto de tarefas que busca, a partir das carências de mercado, chegar aos parâmetros do projeto de um produto. Seu processo de produção abrange o acompanhamento do produto após o lançamento até a preparação da descontinuidade do item no mercado. Abrangendo estas concepções na especificação do projeto, todas as carências do produto ao longo do seu tempo de comercialização serão acolhidas (ROSENFELD et al., 2006).

De acordo com Silva et al. (2002) a criação de novos itens de mercado é basicamente o esforço realizado por um grupo de pessoas de uma empresa ou organização na conversão de dados sobre viabilidades de mercado e alternativas técnicas em bens e informações básicas para a construção de um produto que seja comercial.

Machado e Toledo (2006) apontam que o sistema de desenvolvimento de produtos nada mais é que a entrada, o processamento e a saída de um produto ligado ao mercado e suas tecnologias. O controle desse sistema faz menção ao conjunto de processos, tarefas e atividades de planejamento, organização, decisão e ação envolvidos para alcançar os resultados satisfatórios diante da aplicação do produto no ambiente determinado. Salgado et al. (2010) ainda acrescenta que Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) refere-se também aos estágios e decisões que envolvem o projeto de desenvolvimento de um novo produto ou serviço, ou a melhoria de um já existente, desde a ideia inicial até descontinuação do produto, com a finalidade de sistematizar esse processo.

Sendo assim, o PDP está situado entre a empresa e o mercado, cabendo, portanto, a este processo identificar e até mesmo antecipar as necessidades do mercado e propor soluções, mediante o desenvolvimento de projetos de produtos e serviços relacionados, que atendam às necessidades (ROSENFELD et al., 2006). Por isso, Rosa, dos Santos e Royer (2022) ressaltam a importância desse processo para a sobrevivência competitiva das empresas, principalmente pautado nas melhorias. Portanto, um modelo de PDP estruturado relaciona-se com o potencial competitivo e a capacidade de lançamento de novos produtos no mercado (ROSA; DOS SANTOS; ROYER, 2022).

Alguns autores afirmam que o sucesso do PDP é dependente essencialmente do gerenciamento deste processo, sendo necessário o estabelecimento de metas claras, concisas, específicas e verificáveis ao longo do tempo (CLARK; FUGIMOTO, 1991; WEELWRIGHT; CLARK, 1992; BAXTER, 2000). Nesse sentido, o processo deverá ser estruturado de forma a “afunilar as decisões”, ressaltando que o nível de comprometimento financeiro inicial deve ser baixo, devido aos altos riscos e incertezas existentes, até que com a maturação do desenvolvimento e consequente diminuição do risco, possam ser realizados investimentos de maior porte (ROSA; DOS SANTOS; ROYER, 2022).

Rosenfeld (2006) afirma que devem ser priorizados projetos de baixo custo e de alta eficácia. Teodoro (2022) também fala da necessidade de estar atento aos gastos relativos ao desenvolvimento do projeto e ressalta ainda sobre a utilização das tecnologias nos PDP.

O PDP é capaz de identificar tecnologias a serem implantadas no projeto, desenvolver um produto que atenda às necessidades do mercado. As tomadas de decisões importantes necessitam de uma maior presteza assim que for iniciada, para que gastos exacerbados relativos a erros após o amadurecimento do projeto sejam evitados. Portanto, um PDP bem estruturado é essencial para garantir o sucesso do produto e a economia em seu desenvolvimento (TEODORO, 2022, p. 21).

De acordo com Jung (2021), um importante fator que contribui para a escolha de um modelo é o conhecimento das suas características lineares e sistêmicas. O modelo linear propõe a solução de problemas através de estratégias que seguem em linha reta, em etapas sequenciais, não existindo feedbacks entre as etapas metodológicas (MUNIZ; PLONSKI, 2000), sendo caracterizado por quantificação, previsibilidade, regularidade e controle. No modelo sistêmico, as propriedades das partes devem ser compreendidas dentro de um contexto maior. As etapas do processo metodológico são elaboradas a partir do entendimento das relações entre suas partes, conexões e interdependências (FREITAS, 2005).

Ackoff (1981) afirma que o modelo linear está restrito a situações em que há:

- a) razoável grau de estruturação dos problemas;
- b) razoável estabilidade do sistema;
- c) baixo grau de complexidade dinâmica;
- d) baixo grau de influência das percepções de diferentes indivíduos a partir de distintos interesses.

As principais características do pensamento analítico que fundamentam a concepção de modelos lineares são:

- a) análise;
- b) reducionismo;
- c) determinismo;
- d) mecanicismo.

A utilização da “análise” supõe que todos os fenômenos simples ou compostos podem ser entendidos pela verificação separada das partes que os integram (ACKOFF, 1981). Assim, as características lineares e sistêmicas podem revelar a forma como os indivíduos entendem o mundo e elaboram métodos para o desenvolvimento de novos produtos e processos (JUNG, 2021).

Na linha de pensamento de Takahashi e Takahashi (2007), a combinação de decisões das fases de desenvolvimento em uma progressão no tempo diminui a incerteza, caracterizando assim o processo de desenvolvimento de produto. Estas etapas, ainda de acordo com os autores, são as seguintes:

Fase 0 – Avaliação de conceito: tem o objetivo de avaliar as oportunidades de produto e iniciar o processo de desenvolvimento do produto.

Fase 1 – Planejamento e especificação: tem o objetivo de definir claramente o produto, identificar vantagens competitivas, esclarecer funcionalidade e determinar a viabilidade do desenvolvimento em um grau mais detalhado do que a fase 0.

Fase 2 – Desenvolvimento: objetiva desenvolver o produto propriamente dito, baseando-se nas decisões tomadas e aprovadas da “revisão da fase 1”. Os detalhes do projeto e atividades de desenvolvimento acontecem nessa fase.

Fase 3 – Teste e avaliação: o objetivo dessa fase é realizar um teste final e preparar a produção e o lançamento do produto.

Fase 4 – Liberação do produto: tem o objetivo de verificar se a produção, o *marketing* de lançamento de produto, o sistema de distribuição e o suporte ao produto serão preparados para iniciar as atividades.

Rozenfeld (2006) também faz relato das fases envolvidas no desenvolvimento de produtos, todavia, o autor descreve sobre sete fases que envolvem este processo:

- 1 - Planejamento Estratégico de Produtos;
- 2 - Planejamento do projeto;
- 3 - Projeto informacional;

- 4 - Projeto conceitual;
- 5 - Projeto detalhado;
- 6 - Preparação da produção do produto; e
- 7 - Lançamento do produto.

O planejamento estratégico de produtos envolve as atividades de definição do projeto de desenvolvimento, do qual envolve a criação de um plano, mediante a apresentação de uma lista contendo os produtos da empresa e os projetos que serão desenvolvidos, de forma a direcioná-la a atingir as metas estratégicas de negócio. Esta fase envolve um fluxo de atividades, como: definir o escopo da revisão do Plano Estratégico de Negócios (PEN); o planejamento das atividades para a revisão do PEN; consolidação das informações sobre tecnologia e mercado; analisar o portfólio da empresa e propor mudanças; verificação da viabilidade do portfólio de produtos; e por fim decidir o início do planejamento de um dos produtos do portfólio (ROZENFELD, 2006).

O Planejamento do projeto consiste em agrupar informações relevantes que servirão como guia para a execução do projeto. Estas informações consistem em escopo do projeto, escopo do produto, previsões das atividades e sua duração, prazos, orçamento, definição do pessoal responsável, recursos necessários para realizar o projeto, especificação dos critérios e procedimentos para avaliação da qualidade, análise de riscos e indicadores de desempenho selecionados para o projeto e produto (ROZENFELD, 2006).

O Projeto informacional refere-se a aquisição e transformação de informações, contendo especificações que oriente a geração de soluções e forneçam base para os critérios de avaliação e de tomada de decisão para os processos seguintes (ROZENFELD, 2006).

Na fase do Projeto conceitual ocorre a busca, criação, representação e seleção de solução para o problema do projeto, levando em consideração as funções que serão desempenhadas pelo produto de acordo com as expectativas do consumidor ou usuário, incluindo a viabilidade econômica de acesso ao produto. Ressalta-se também a importância das atividades a serem desenvolvidas, como: a atualização do plano do projeto conceitual; o modelamento funcional do produto e o desenvolvimento de alternativas de soluções. A alternativa de solução é acompanhada por uma arquitetura com várias concepções, contendo a estrutura do produto em termos dos componentes e suas conexões. Posteriormente, ocorre a seleção do que melhor atende às especificações e outros critérios de escolha (ROZENFELD, 2006).

O Projeto detalhado, consiste na finalização do produto para seguirem para a manufatura e às outras fases do desenvolvimento. Nessa fase a análise financeira é essencial, tendo em vista

Algumas características do produto, como o ciclo de vida, projeto, produção, vendas e destruição. O principal objetivo dessa fase é ter uma noção mais precisa do produto e de sua saída (ROZENFELD, 2006).

A Preparação da produção do produto é realizada atendendo as especificações e processo definidos nas fases anteriores. Nessa fase ainda ocorrem alguns testes na linha de produção e adequação do produto para a produção, do qual também é definida toda a cadeia de produção, que envolve a empresa e todos os seus parceiros, para obtenção do produto final, com qualidade e quantidade para atender a demanda dos clientes (ROZENFELD, 2006). O Lançamento do produto já se refere aos processos de venda e distribuição, atendimento ao cliente e assistência técnica e as campanhas de marketing. Envolve também alguns ajustes necessários na linha de produção (ROZENFELD, 2006).

Por outro lado, Monteiro (2022) descreve de forma resumida, que no desenvolvimento de produtos, os Gates indicam as revisões formais de fase, que podem ser amplas ou pontuais. É importante que cada processo passe por uma avaliação de uma equipe multidisciplinar, com diferentes visões, para decidirem sobre a continuidade do desenvolvimento do produto. As revisões dos *Stage-Gates* seguem um planejamento dividido em três fases: 1- Pré-desenvolvimento: Especificações do projeto; 2 - Desenvolvimento: Planejamento de todos os processos e recursos necessários para a entrega do produto; 3 - Pós-desenvolvimento: Acompanhamento do produto no mercado, a satisfação do cliente ou a descontinuidade do produto.

Apesar das diferentes abordagens dos autores citados, sobre as fases de desenvolvimento de produto, Grzebieluckas et al. (2011) ressaltam que as propostas dos processos compartilham as mesmas diretrizes e apresentam recomendações comuns, com conceitos e objetivos similares. Levando em consideração que todo produto é projetado para ser utilizado por ou para alguém, todas as propostas metodológicas recomendam que se faça um bom levantamento de informações sobre o produto, com a finalidade de verificar as necessidades de seus usuários, e assim definir os requisitos de produto.

Diante desse cenário, na parte inicial do planejamento, torna-se necessário realizar pesquisa de mercado para saber as tendências e, a partir destas, propor ideias, utilizando o conceito de funil, as ideias são lançadas e vão sendo afuniladas conforme são determinadas as primeiras especificações de produto. Nesse sentido, conclui-se que as várias decisões do projeto englobam tanto áreas técnicas quanto econômicas de mercado (BAKSTER, 2000). Por isso, a necessidade de envolver uma equipe multidisciplinar no desenvolvimento de produtos.

De acordo com Salgado et al. (2009), o processo de desenvolvimento de produtos se torna cada vez mais crítico para a competitividade das empresas devido a crescente internacionalização dos mercados, aumento da diversidade e variedade de produtos e redução do ciclo de vida dos produtos. Assim, estes autores avaliaram a contribuição da utilização da técnica de mapeamento *lean* no processo de desenvolvimento de produtos. Com a realização do mapeamento de fluxo de valor, foi verificado desperdícios dentro do processo de desenvolvimento, nas interfaces entre os agentes envolvidos, a partir da análise do processo de desenvolvimento de produto. Algumas adaptações foram necessárias, mas a pesquisa mostrou que a confecção dos mapas do estado atual e futuro na linguagem padronizada pela filosofia *lean* pode ser aplicada no processo de desenvolvimento de produtos.

Assim, Womack e Jones (1996), já relatava sobre o pensamento enxuto (ou *lean thinking*) aplicado ao processo de desenvolvimento de produtos. O termo se refere a uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção e realizá-las de forma cada vez mais eficaz. Em resumo, o pensamento enxuto é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos, ou seja, menos esforço humano, equipamento, tempo e espaço e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes produtos com plenitude ao almejado. Sendo assim, a base desse pensamento é eliminar os desperdícios do processo, através de planejamento adequado e avaliações constantes em todas as fases do processo (ROSA et al., 2022).

Um estudo realizado por Salgado et al. (2010) sobre o estado da arte dos modelos apresentados no método PDP, concluíram que existe uma tendência de desenvolver modelos mais específicos, ou seja, para atender uma necessidade para arranjos produtivos locais, tendo em vista, que existem muitas lacunas em setores específicos. Além disso, os autores ressaltam que a maioria dos estudos realizados até o momento, eram apenas relatos de aplicação, e muitos dos projetos não saíam do papel.

Todavia, Amigo (2013), frisa que é normal ocorrer divergências entre o modelo desenvolvido e a prática, isto devido a impossibilidade de prever com exatidão todas as variáveis de uma realidade. Porém, mesmo diante disso, o modelo de referência não é anulado pois através dele que é possível realizar o gerenciamento para o controle das etapas e o cronograma flexível do desenvolvimento do produto.

No Processo de Desenvolvimento de Produtos, diferentes produtos podem ser criados, dentre os quais destaca-se os projetos mecânicos, que será abordado no próximo tópico.

## 2.2 Projeto mecânico

Projeto mecânico é um grupo de ferramentas composto de fases de estabelecimento de exigências, primeiro *design*, delimitação, análise mecânica e plantas estruturais, utilizadas para desenvolver uma máquina ou equipamento. Esse tipo de projeto é realizado para garantir uma otimização, automação, um equipamento personalizado e com redução de custos (VALE, 2021).

As cinco etapas para o desenvolvimento de um projeto mecânico são:

- a) pesquisa da disponibilidade e realização do *design*: reconhecimento da questão, definição de recursos e de requisitos;
- b) enquadramento e desenho 2D e 3D da máquina: determinação das dimensões;
- c) análise mecânica: *softwares* utilizados para simular a estrutura estática e dinâmica;
- d) prototipagem e testes: ensaios para verificar o funcionamento;
- e) documentação e desenhos técnicos: elaborados para utilizar no processo de fabricação.

Generoso (2009) ressalta que um projeto de máquina é desenvolvido sempre para satisfazer uma necessidade, que pode ser industrial, comercial, para lazer, etc. somado a isso, é necessário a habilidade de alguém ou de um grupo de pessoas dispostos a transformar uma ideia em um projeto de um mecanismo que se destina a executar uma tarefa qualquer.

Para dar início ao desenvolvimento de um projeto de máquinas é importante o estudo detalhado de suas partes, a forma como serão montadas, tamanho e localização das partes componentes tais como engrenagens, parafusos, molas, cames, etc. Este processo passa por várias revisões com implemento de melhores ideias de forma a melhorar a qualidade e precisão do produto final (CRIVELATTI, 2015). Além disso, durante a seleção dos elementos a serem utilizados no projeto de máquina é necessário observar algumas características ou considerações que podem influenciar no produto final, como a resistência, confiabilidade, utilidade, custo e peso (SHIGLEY, 1984).

Ainda de acordo com Generoso (2009) a execução do projeto de máquinas exige do projetista alguns conhecimentos básicos, como conhecimentos de resistência dos materiais, dimensionamento para garantir o bom funcionamento do equipamento, senso crítico sobre a usabilidade e o valor financeiro do projeto e conhecer os processos de fabricação.

Segundo Norton (2013), no desenvolvimento de projeto de máquinas, pode haver mais de uma solução para determinado problema, por isso a necessidade de uma equipe

multidisciplinar para se chegar a um consenso sobre o projeto, pois etapas mal planejadas podem gerar resultado inesperado, sendo necessário um retorno à alguma etapa anterior, a fim de corrigir eventuais problemas encontrados. Assim, os métodos, sejam eles generalistas ou particulares, devem ser aplicados de forma iterativa para que gerem resultados satisfatórios.

Monteiro (2022) ressalta a importância da fase do Projeto Conceitual, da qual a equipe deve buscar e criar soluções para o problema do projeto. As necessidades, especificações e requisitos apontados nessa fase é que nortearão as soluções para o processo de criação. A autora afirma que nessa fase a equipe deve criar desenhos para representar as soluções sugeridas pela equipe podendo já estar associados à criação do produto.

Projetos mecânicos tem sido empregados em diferentes de áreas de estudos, principalmente com o objetivo de atender demandas necessárias na sociedade, que podem incluir a área médica, como o desenvolvimento de próteses mecânicas para substituir membros (SANTOS, 2011), projetos mecânicos automobilístico (PAULA, 2013) e produção de energia através de aerogeradores (ARAÚJO, 2015), dentre outros. Todavia cabe ressaltar, que nos últimos anos os projetos mecânicos têm se utilizado de controle através de software para o desenvolvimento de equipamentos cada vez mais modernos.

Sendo assim, Dalabona e Linzmayer (2019) afirmam que os projetos mecânicos por exigirem a aplicação de metodologias extensas e complexas, na maioria dos casos não podem ser executadas por empresas de pequeno e médio porte, pois exigem um investimento que pode estar fora das condições financeiras de investimento dessas empresas. Por outro lado, há também as questões de riscos, das quais os projetos podem passar, ou seja, pode haver um investimento em certo produto que ao final não atenderá as expectativas da empresa, e, portanto, o recurso financeiro não pode mais ser recuperado.

Nesse sentido, Dalabona e Linzmayer (2019) frisam que há a necessidade de desenvolvimento de metodologias de projetos mecânicos que se adaptem à realidade de pequenas e médias empresas. De outra maneira, os projetos que são desenvolvidos nas instituições de ensino superior, também podem colaborar com o avanço de pesquisas e implantação de novos produtos para estes tipos de empresas, tendo como objetivo o aumento da produtividade, garantindo maior confiabilidade e repetibilidade aos projetos desenvolvidos.

Há na literatura estudos relatando sobre o desenvolvimento de produtos mecânicos com diferentes utilidades, como o relatado Barros (2020) e Teodoro (2022), dos quais realizam o desenvolvimento de equipamento para destruição de cigarros e destinação sustentável, principalmente dos cigarros ilegais no país.

Monteiro (2022) propôs o desenvolvimento e a construção de uma prova de conceito para uso em hospitais, para isolar e transportar pessoas portadoras de doenças infectocontagiosas com total segurança às integridades físicas tanto dos profissionais de saúde envolvidos nesta atividade quanto do próprio paciente. A estrutura do produto foi fabricada com chapas metálicas, metalon, placas de acrílico e sistema de controle, que permite a saída do ar da câmara hermética higienizado, permitindo assim um fluxo contínuo com controle de pressão e vazão sem risco de infectar o ambiente externo.

Ceranto (2020) apresentou um estudo sobre desenvolvimento de produtos mecânicos de segurança no trabalho associado ao uso de ferramentas computacionais para o setor de transmissão de energia, e verificou que o desenvolvimento desses produtos mecânicos de segurança no trabalho é uma ferramenta essencial para o bom funcionamento das atividades de transmissão de energia com o intento de resguardar a segurança dos profissionais e a integridade dos demais recursos.

### **2.3 Sistemas de controle**

O processo de desenvolvimento de produto deve estar ligado a Gestão de Qualidade (GQ) adequada, principalmente em empresas que são responsáveis pelo desenvolvimento de software. A manutenção do ciclo de vida do software em período de desenvolvimento, a preocupação de apontar todos os problemas envolvidos, os artefatos modificados revelam a preocupação com a qualidade envolvida no produto. Por isso, no desenvolvimento de software, deve haver o Gerenciamento de Configuração de Software (GCS), para identificar, organizar e controlar as modificações necessárias minimizar erros (MAGALHÃES MALHONE; FRIGERI, 2021).

A Gerência de Configuração de *Software* (GCS) se estabeleceu nos anos 60 e 70 e é “uma disciplina que aplica procedimentos técnicos e administrativos para identificar e documentar as características físicas e funcionais de um Item de Configuração (IC), controlar as alterações nessas características, armazenar e relatar o processo das modificações e o estágio da implementação e verificar a compatibilidade com os requisitos especificados” (IEEE, 1990).

Pressman e Maxin (2016, p. 624) afirma que o Gerenciamento de Configurações de Software é essencial, principalmente para detectar o ciclo de vida do sistema, pois através dele é possível documentar as mudanças realizadas quando as versões antigas ficam indisponíveis. O processo de Gestão de Configuração de Software garante uma base de dados e rastreamento

do produto, além de proporcionar garantia da qualidade do software aplicável em todo o processo.

Magalhães Malhone e Frigeri (2021) afirmam ainda que o GCS deve estar de acordo com as condições da empresa e promover a segurança de todos os envolvidos e a boa comunicação entre a equipe

O planejamento do processo do GCS deve ser consistente e estar de acordo com o contexto organizacional, restrições, orientações de acordo com as diretrizes da organização e a natureza do projeto, como a criticidade da segurança e a segurança como um todo. Além disso, é de suma importância que sejam bem identificadas as ferramentas e a equipe envolvida com o Gerenciamento de Configuração de Software: como as ferramentas irão comunicar-se uma com as outras e como os membros da equipe (quando houver) irão gerenciar suas atividades comumente, aplicando o gerenciamento de acordo com o planejamento realizado pelo Gerente de Projetos (MAGALHÃES MALHONE; FRIGERI, 2021, p. 19).

Nesse sentido, Trindade e Fischer (2020) declaram que a engenharia de *software* se preocupa com diversos pontos relevantes ao desenvolvimento para facilitar a aplicação em campo, dos quais pode-se citar as técnicas para se projetar um sistema de forma compreensível pelo cliente e desenvolvedor

A Gerência de Configuração de *Software* se preocupa em dar suporte ao desenvolvimento de sistemas de forma que, em caso de erro, possa ser possível retornar o sistema para um estado anterior válido, entender porque foi tomada determinada decisão, ou auditar os responsáveis por determinada característica (TRINDADE; FISCHER, 2020).

O panorama de desenvolvimento de GCS é dividido em três diferentes sistemas (MURTA, 2006):

- a) Sistema de Controle de Versões (SCV) que permite a identificação e a evolução dos ICs (Integrated circuit - é um circuito eletrônico miniaturizado (composto principalmente por dispositivos semicondutores) sobre um substrato fino de material semicondutor), de forma distribuída, concorrente e disciplinada. Cabe a ele gerenciar as diversas solicitações de modificações e tratá-las de forma paralela, sem que o sistema de GCS seja corrompido;
- b) o sistema de controle de modificações é responsável por controlar a configuração, armazenar as informações das solicitações de modificações e relatá-las aos outros usuários do mesmo sistema;

- c) o sistema de gerenciamento de construção que automatiza o processo de transformação dos artefatos de *software* em um arquivo executável e estrutura as linhas bases selecionadas para a liberação.

Desde 1972 até hoje, apesar de terem sido desenvolvidas várias ferramentas para o controle de versões, tanto para *softwares* livres quanto para proprietários, existem características semelhantes em todas essas ferramentas, visto que são necessárias em qualquer SCV. Item de configuração, repositório, versão, revisão, ramo, espaço de trabalho, *check out* (clone), *update*, *commit*, *merge* e *changeset* fazem parte desse conjunto de características (ESTUBLIER, 2002):

- a) item de configuração: durante o desenvolvimento de um produto *software*, fundamental para representar os elementos de informação que são criados ou necessários. Cada um desses elementos precisa ser identificado de maneira individualizada e cada evolução ser suscetível ao acompanhamento;
- b) repositório: local onde é armazenado todas as versões dos arquivos;
- c) versão: refere-se ao estado de algum dos itens em que este se encontra passando por modificações. Cada versão possui um identificador único;
- d) revisão: versão resultante da correção de problemas ou implementação de uma nova funcionalidade. A evolução de cada versão resultante é sequencial;
- e) ramo: é uma versão paralela ou alternativa. Ele não substitui nenhuma versão anterior, é apenas usado concomitantemente em configurações alternativas;
- f) espaço de trabalho: é um espaço temporário, utilizado para manter uma cópia local da versão a ser modificada e torná-la privada;
- g) *check out* (clone): é o ato de gerar uma cópia de trabalho local do repositório;
- h) *update*: ato de enviar as alterações compreendidas no repositório para a área de trabalho;
- i) *commit*: ato de produzir um novo item ou uma nova versão, quando passada por modificações, no repositório;
- j) *merge*: combinação entre versões diferentes, com o intuito de criar uma única versão que integre todas as modificações realizadas. Para isso, utilizam-se algoritmos que diferem os itens de configuração em pauta;
- k) *changeset*: acervo atômico de modificações realizadas nos itens do repositório.

Trindade e Fischer (2020) trazem uma definição sobre o *update* e *commit*

*Update*: é o ato de atualizar uma cópia local em relação aos arquivos do repositório. É utilizado para que as cópias locais dos arquivos obtenham as modificações do repositório feitas por outros desenvolvedores. Para isso, a ferramenta obtém a revisão de cada um dos itens de configuração, e compara com os da cópia local. Sempre que um item da cópia local está desatualizado em relação ao do repositório, esse item é atualizado. Após um *update*, e até que algum outro desenvolvedor divulgue as suas modificações, diz-se que a cópia local está atualizada, ou “*Up-To-Date*”;

*Commit*: é utilizado quando um desenvolvedor deseja divulgar as modificações que fez na sua cópia local para os outros desenvolvedores. Para isso, ele deve submeter suas modificações para o repositório, e os outros desenvolvedores irão realizar em seguida o *update* em suas cópias locais. Em geral, as ferramentas permitem fazer a alteração do item de configuração e do seu histórico em um único passo. Em algumas ferramentas, o *commit* é chamado de “*Submit*” ou “*Check-in*” (TRINDADE; FISCHER, 2020, p. 6).

Por fim, é necessário discutir as duas categorias de gerenciamento de repositórios: distribuído e centralizado. No primeiro caso, também conhecido como descentralizado, tem-se vários repositórios independentes, sendo um para cada desenvolvedor e, cada um desses repositórios possuem uma área de trabalho acoplada a ele. Nesse caso, *commit* e *update* ocorrem localmente. No segundo caso, há apenas um repositório central e várias cópias do trabalho e, os processos de *commit* e *update* ocorrem entre o cliente e o servidor (FREITAS, 2010).

## 2.4 Sistema supervisório

Existem diversos tipos de sistemas que são aplicados para gerenciar, controlar e monitorar projetos, mas o SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition* - Controle Supervisório e Aquisição de Dados) é o sistema supervisório mais difundido. Este sistema utiliza tecnologias de computação e comunicação para automatizar o monitoramento e o controle de processos industriais, fornecendo a informação oportuna para poder tomar decisões operacionais apropriadas (PINHEIRO, 2006).

Os sistemas supervisórios estão cada vez mais ganhando espaço no mercado, do qual tem sido desenvolvido para áreas que antes eram impossíveis, como residências, fato este que se deve principalmente a um fator financeiro (MAESTRELLI; NAPOLEAO, 2018).

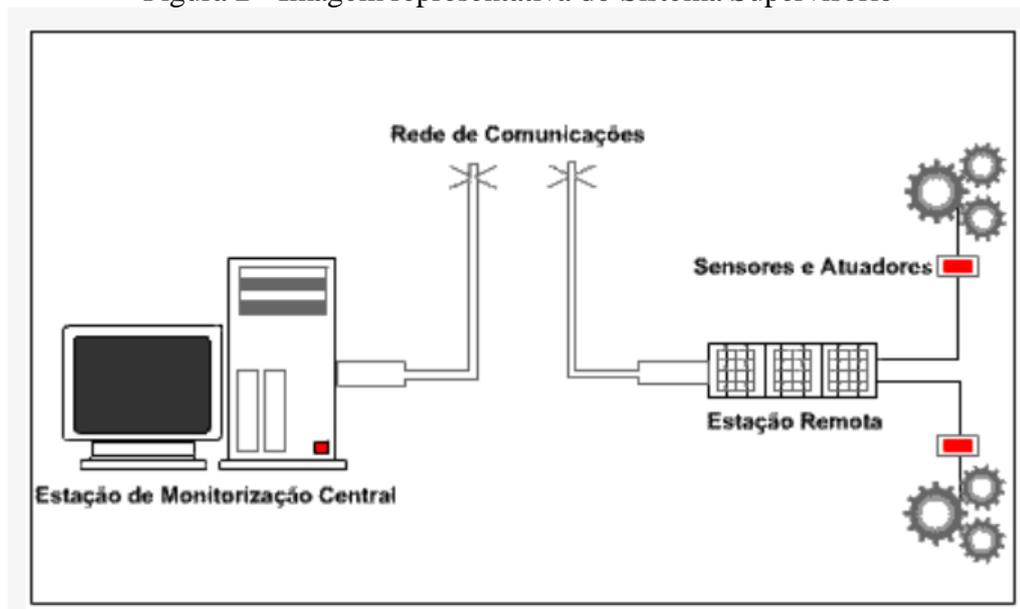
De acordo com Rosário (2005), o sistema supervisório opera por meio de mecanismos automatizados que são controlados por computadores e podem admitir interações homem máquina além de ter funções lógicas que são pré-programadas por operadores. Eles são

encarregados de controlar e monitorar todas as variações do sistema, e tem a função de dar auxílio ao operador no monitoramento e controle do processo mais rapidamente, facilitando a leitura das variáveis simultaneamente com o gerenciamento do processo automatizado. De acordo com Jurizato e Pereira (2003), o sistema supervisorio permite a operação e visualização através de telas gráficas elaboradas para qualquer tipo de processo, como residencial, industrial ou comercial (JURIZATO; PEREIRA, 2003).

Atualmente as tecnologias computacionais e de informação, que são aplicadas no sistema supervisorio, possibilitam o monitoramento de processos em ambientes complexos, geograficamente dispersos, além de possibilitar o tratamento lógico e matemático de inúmeras variáveis ambientais simultaneamente (SILVA; CASILLO, 2019).

O sistema supervisorio é composto por sensores e atuadores, módulos de aquisição de dados, estação central de processamento dos dados (CPD) e uma rede de comunicação (FIGURA 1). Os sensores são responsáveis pela conversão dos parâmetros das variáveis físicas em sinais elétricos analógicos ou digitais, que são enviados aos módulos de aquisição. Os atuadores controlam o funcionamento dos equipamentos monitorados e são instalados junto aos equipamentos que compõem o processo industrial. Os módulos de aquisição são responsáveis por receber e processar os sinais originados dos sensores, encaminhando-os ao sistema computacional central (SILVA; CASILLO, 2019).

Figura 2 - Imagem representativa do Sistema Supervisorio



Fonte: <https://kb.elipse.com.br/o-que-sao-sistemas-supervisorios/#:~:text=Os%20componentes%20f%C3%ADsicos%20de%20um%20sistema%20de%200supervis%C3%A3o,%28aquisi%C3%A7%C3%A3o%2Fcontrole%29%20e%20de%20monitora%C3%A7%C3%A3o%20central%20%28sistema%20computacional%20SCADA%29.>

Esses dispositivos se dividem em dois módulos: Controladores Lógicos Programáveis (CLP's) e Unidades Terminais Remotas (UTR's). O CLP tem flexibilidade na linguagem de programação e controle das entradas e saídas e o UTR possui uma arquitetura mais distribuída entre a central de processamento e suas entradas e saídas, promovendo uma maior precisão nas medições (SILVA; SALVADOR, 2021).

Os sistemas supervisórios admitem que dados de uma sequência produtiva ou de estrutura física sejam rastreadas e controladas. As informações são recebidas por meio de ferramentas de obtenção de dados, onde são analisadas, manipuladas, armazenadas e em seguida exibidas ao usuário, onde recebe o nome de Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados que tem como finalidade tornar mais fácil a comunicação do usuário com sistema físico (BOYER; STUART, 1999).

Jurizato e Pereira (2003) descrevem que um sistema supervisório possui dois fatores essenciais, que são os algoritmos de controle e telas gráficas de supervisão. As telas gráficas que são vistas pelos homens possuem informações primordiais para a operação do sistema. Já nos algoritmos de controle ocorre a associação de eventos a cada objeto, quando se deseja executar determinada função ou ativação de algum elemento do campo, sendo essencial para o funcionamento do sistema. Souza (2005) resume a função dos sistemas supervisórios em fazer aquisição dos dados de processamento; tornar os dados disponíveis visualmente; processar eventos e ativar alarmes e ser tolerante a falhas.

Dentre as vantagens da utilização do sistema supervisório, Mott (2013) cita a possibilidade de realizar análises de tendências, do qual poderá auxiliar na tomada de decisões; alarmes, com avisos de falhas; operação remota, controle do processo em um ambiente único; emissão de relatórios e gráficos; identificação de falhas que juntamente com os demais fatores contribuem para o bom funcionamento do sistema (RONCOLI; REGATTIERI, 2018).

Segundo Coelho (2010), quando o acompanhamento e controle de um procedimento são realizados por um sistema supervisório, a manipulação dos elementos de campo é mais eficaz, onde qualquer imprevisto decorrente do processo pode ser rapidamente diagnosticado e correções no sistema de controle poderão ser aplicadas, regulando assim a situação.

Silva e Casillo (2019) realizaram testes e verificação da efetividade da funcionalidade de um sistema supervisório para telemetria de equipamentos como a bomba de fluidos utilizando ferramentas com licença livre. O sistema supervisório foi composto de hardware e software capaz de colher informações de variáveis físicas de uma bomba de fluidos (pressão, temperatura e vazão) e apresenta-las através de uma interface gráfica ao usuário em tempo real. Os autores utilizaram o Arduino como *hardware*, o Java e o ExpressPCB como softwares, que

são ferramentas gratuitas de desenvolvimento do sistema. Os autores verificaram a eficiência do sistema para o objetivo proposto, apresentando dados robustos com baixo custo.

## 2.5 Sistema embarcado

Um sistema embarcado é uma categoria em que Sistema Supervisório se encaixa, possui a capacidade computacional dentro de um circuito integrado, equipamento ou sistema e é desenvolvido para uma única finalidade. Parafraseando Cunha (2016) “É um sistema completo e independente, mas preparado para realizar apenas uma determinada tarefa”. O usuário de um sistema embarcado não possui acesso ao *firmware* do dispositivo, mas interage com ele através de módulos acoplados, como teclado, LCD entre outros (CUNHA, 2016).

Reis (2020) ressalta que os sistemas embarcados tem sido inserido em diferentes áreas, como na indústria automotiva, segurança, área médica, dentre outras, que utilizam este sistema para aperfeiçoar seus respectivos campos de atuação. Um fator em comum entre todas estas áreas, é que todas dependem de produtos e sistemas embarcados confiáveis, disponíveis, seguros e de fácil manutenção.

De acordo com Barros e Cavalcante (2010) sistemas embarcados possuem algumas características que são comuns. Um sistema embarcado pode ter diversos tipos de aplicações, desde controle de freios de um veículo automotivo, em que o dispositivo necessita fazer todo o gerenciamento de periféricos acoplados a ele como sensores, até uma aplicação que faz leitura de sensores de temperatura e umidade e envia os dados para um *display* (CHASE, 2007).

Realizar um projeto envolvendo sistemas embarcados, não é uma tarefa fácil, pois envolve diversos conhecimentos. Por isso, para facilitar seu desenvolvimento, o projeto pode ser dividido em tarefas menores, que devem ser realizadas em sequência e em alguns casos ser repetidas. O início é necessário realizar formulações específicas do design do sistema, sendo posteriormente realizado o mapeamento do sistema. A validação do design do sistema deve atender diversos requisitos como: performance, confiabilidade, consumo energético, forma de se manufatura e otimizações do sistema (MARWEDEL, 2011).

Pontes (2017) descrevem que Sistemas embarcados estão ligados à utilização de *hardware* (eletrônica) e *software* (programas) incorporados em um dispositivo com um objetivo pré-definido. A diferença entre um sistema embarcado e um computador normal está na objetividade. Computadores comuns foram desenvolvidos para atuarem em diversas funções, já os sistemas embarcados atuam somente em recursos direcionado a um domínio com objetivos

bem menor ou único, uma das razões de se observar grandes velocidades de processamentos de dados e tomadas de decisões.

Um projeto de sistemas embarcado pode ser subdividido em: unidade de processamento, memória e periféricos. A unidade de processamento executa as instruções (*software/firmware*) responsáveis pelos cálculos, tomar decisões e tratar eventos. Geralmente sua arquitetura é de um computador convencional, com a unidade lógica/Aritmética, unidade de controle, registradores, etc. (FIGURA 3) (PONTES, 2017).

Figura 3 – Exemplo da subdivisão do modelo embarcado



Fonte: Pontes (2017)

A memória armazena dados e instruções relacionados às operações da unidade de processamento, que podem dividir a mesma memória, como nos PCs (arquitetura *Von Neumann*) ou separados em memórias distintas (arquitetura *Harvard*), sendo a segunda a mais comum em SEs. Os periféricos são as interfaces da unidade de processamento com a parte externa, responsáveis por trazer ou enviar informações (PONTES, 2017).

Segundo Pontes (2017), o objetivo de um sistema embarcado é de controlar processos, ou atuar sobre um problema. Um processo pode ir de um simples acender e apagar de lâmpadas automatizado, até gerenciamento autônomo de um avião (piloto automático). Isso é feito por intermédio dos periféricos, que são escalados e dimensionados com base no problema alvo.

O sistema embarcado periférico pode se dividir em duas categorias, os sensores e os atuadores. Os Sensores são responsáveis em apanhar informação do processo a ser controlado, sendo primordiais para a unidade de processamento, pois com base nelas decisões podem ser

realizadas. Geralmente a unidade de processamento toma a decisão de acionar os atuadores com base em informações vindas dos sensores, isso é conhecido como sistema em malha fechada ou sistema realimentado (MÉTRAILLER; MUDRY, 2015).

Reis (2020) realizou um estudo para verificar os erros que regularmente ocorrem no desenvolvimento do sistema embarcado, do qual foram detectados diversos tipos de erros, tais como:

1. Erros no *build*, foram os mais observados, porém este erro pode ter várias origens, sendo a falta de atualização dos submódulos do repositório a origem mais comum observada. Além desse, outro erro comum, foi relacionado a implementação incorreta de periféricos que não consideravam a característica multiplataforma do projeto.

2. Erros nos testes unitários: foi detectado a partir da integração contínua, no qual se fez necessário a modificação do teste a fim de atender a nova estruturação. O projeto embarcado desenvolvido era composto por um *hardware* dedicado, modificações de hardware em componente já implementadas em software foram a origem de diversos erros nos testes unitários detectados inicialmente pelo sistema de integração contínua.

3. Erros de gravação de binário: como o processo de gravação do software implantado na placa é na maioria dos casos executado apenas pela integração contínua, com o aumento das funcionalidades e implementações de software, o tamanho pode ultrapassar a capacidade interna de memória do processador, o que ocasiona algum tipo de erro.

4. Erros nos testes de estresse: neste teste o equipamento ficou em operação por até 100 horas consecutivas. Assim verificou-se problemas mecânicos devido às vibrações do equipamento e também erros devido à alocação de memória do processador.

Sendo assim, diante das colocações sobre o sistema embarcado, verifica-se a necessidade de dar atenção especial no desenvolvimento deste sistema, pois podem surgir erros que devem ser verificados e corrigidos para que haja uma perfeita funcionalidade em serviço.

## **2.6 Manufatura aditiva**

Segundo Alcalde et al. (2019) a manufatura aditiva (MA) se tornou conhecida na década de 80 com o surgimento do AutoCAD®, que foi o responsável por impulsionar projetos e modelagens de peças mecânicas de maneira mais eficaz e ágil. Refere-se ao conjunto de processos que produzem peças a partir da adição de material, geralmente camada sobre camada.

Todavia, só recentemente a MA foi normatizada pela série ASTM 52900 e as normas ISO 17296, DIS 20195 e ASTM F2792 (CULMONE; SMIT; BREEDVELD, 2019; GARDAN,

2019), sendo subdividida em sete categorias disponíveis comercialmente: jateamento de aglomerante; deposição direta por aplicação de energia; extrusão de material; jateamento de material; fusão seletiva de material em pó; laminação de chapas e fotopolimerização de líquido (CULMONE; SMIT; BREEDVELD, 2019).

Segundo Volpato (2017) através da manufatura aditiva é possível a fabricação de um produto por meio da adição sucessiva de material em camadas, com informações originadas de uma representação geométrica computacional 3D do componente, originado de um sistema CAD (*computer-aided design*). O produto pode ser fabricado a partir de diferentes materiais, em diferentes formas e a partir de diferentes princípios, sendo o processo totalmente automatizado e rápido (STEWART, 2019). Assim, o processo é realizado com pouca intervenção do operador, que atua na preparação do equipamento, alimentação de materiais e na retirada e limpeza da peça.

A oportunidade de fazer uma peça construída em um ambiente virtual no caso tipo CAD, em 3D, possibilita ver como a peça desenhada pode ficar quando produzida, além de permitir de forma mais rápida a modificação dos desenhos de um projeto. O esboço de uma peça tridimensional permite um exame completo do escopo do projeto, a execução de aprimoramentos fundamentais e o reconhecimento de ações funcionais, abrangendo a oportunidade de ver o funcionamento do item projetado e sua montagem durante todo o processo (VOLPATO, 2017).

Gomes e Wiltgen (2020) ainda acrescentam que os avanços na manufatura aditiva permite incorporar ou modificar rapidamente os desenhos que são projetados, tendo em vista, que o desenho de um projeto em modelo tridimensional permite a análise mais detalhada, o que proporciona a realização de ajustes necessários e até mesmo a identificação de interferências funcionais, incluindo a possibilidade de movimentação de peças para observar sua montagem ou mesmo o funcionamento do mecanismo projetado.

O caminho para a construção de protótipos se tornou possível a partir dos projetos desenhados em CAD com as máquinas de fabricação mecânica ou até mesmo impressoras 3D que são eficientes na confecção de projetos de peças através de informações advindas de modelos, desenhos ou códigos computacionais (WILTGEN, 2019). Além disso, pode ser aplicados diferentes tipos de materiais como cerâmicos, metálicos, orgânicos ou poliméricos (SILVA et al., 2020).

O processo se inicia com a peça 3D sendo fatiada eletronicamente, dando origem as curvas de níveis 2D, que definirão, onde serão depositados os materiais. A peça será construída

mediante o empilhamento em camada do material da base ao topo. As etapas detalhadas do processo descritas por Volpato (2017) são:

- a) um modelo geométrico 3D é gerado pela modelagem tridimensional, em um formato específico para a MA;
- b) planejamento do processo de fabricação por camada;
- c) a fabricação da peça no equipamento de MA;
- d) realização do pós processamento, que vai variar de acordo com a tecnologia empregada, geralmente envolve a limpeza, etapas adicionais de processamento e acabamento com processos tradicionais de usinagem por remoção.

O comitê de normas técnicas (ASTM, 2022), refere-se que existem sete tipos de processo de manufatura aditiva. Porém, as que utilizam metais são somente quatro: *powder bed fusion* (PBF), *direct energy deposition* (DED), *binder jetting* (BJ) e *sheet lamination* (SL):

- a) Técnica Powder Bed Fusion (PBF): Nesse processo a impressão 3D é baseada na utilização de um feixe de laser, empregado para fundir regiões que se encontram em um leito de pó metálico. Essa tecnologia utilizada apresenta grande precisão dimensional e é aplicada normalmente nos setores aeroespaciais e automobilísticos. Inclusive esta prática foi utilizada para o desenvolvimento de um injetor de motor de foguete pela NASA (NASA, 2013);
- b) Técnica Binder Jetting (BJ): método conhecido como “jateamento por enfiamento” é realizado na impressão 3D, em temperatura ambiente, no qual o pó de metal é impresso, camada por camada. Para realizar a colagem das camadas, se utiliza um agente aglutinante (REDWOOD et al., 2017). Posteriormente, essa peça é aquecida em forno industrial junto com um metal de baixo ponto de fusão, de modo que os espaços vazios são preenchidos por esse metal. Esse processo apresenta uma desvantagem, do qual a peça pode diminuir até 20% de seu tamanho original (3D HUBS, 2019);
- c) Técnica Direct Energy Deposition (DED): ocorre a deposição por energia direta (DED) do qual através de um queimador, funde o material metálico e o deposita sobre uma superfície. É um processo composto por duas técnicas 3D cladding (revestimento) e 3D welding (soldagem) (YA KOUT et al., 2018). A primeira técnica utiliza um pó metálico, que é fundido por um feixe de laser. A técnica 3D welding, utiliza arames metálicos derretido, que se liga às camadas anteriores

através do processo de soldagem (YA KOUT et al., 2018). A desvantagem dessa técnica é a pouca acuracidade geométrica e o controle difícil da “poça” de solda;

- d) Técnica Sheet Lamination (SL): A técnica de laminação em folha utiliza “folhas” de metal para a fabricação de componentes, mediante a união por soldagem ultrassônica (LOUGHBOROUGH UNIVERSITY, 2022). O processo é feito em baixa temperatura e requer pouca energia, porém estes componentes fabricados não podem ser utilizados em áreas estruturais, por apresentar baixa resistência mecânica.

## 2.7 Microcontrolador

Um microcontrolador consiste em um computador com um único *chip*, o qual contém um processador, memória, pontos de entrada e saída, temporizadores e dispositivos de comunicação em série. Os microcontroladores surgiram como uma evolução natural dos circuitos digitais, tornando-se o mais simples, mais barato e mais compacto, substituindo a lógica das portas digitais por um conjunto de processador e *software* (PENIDO; TRINDADE, 2013).

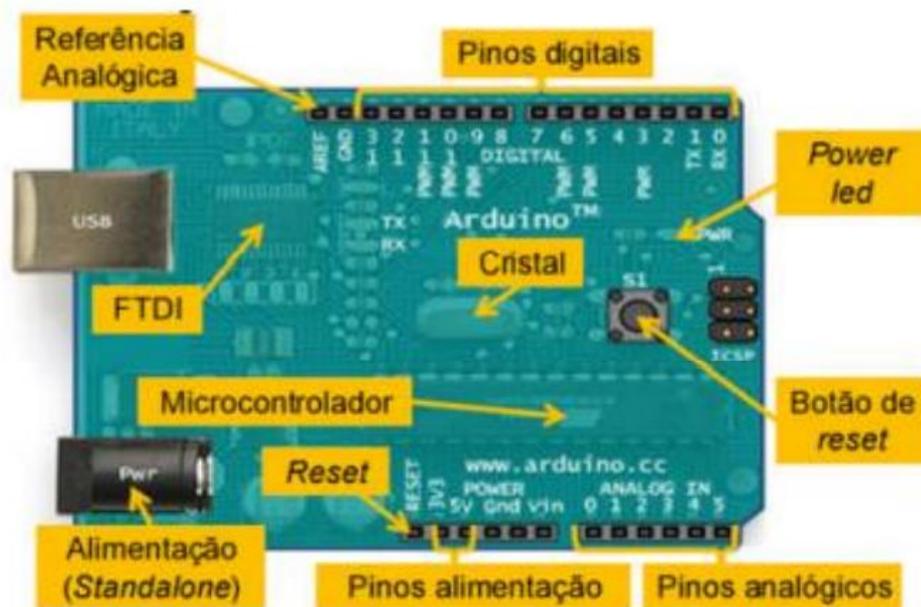
Os microcontroladores foram desenvolvidos para atuar sobre a administração de ações e eventos, e tem como função realizar o controle de maneira remota em sistemas embarcados (SANTOS; LARA JUNIOR, 2019). O sistema microcontrolador se difere de computadores por ser limitado em questões como tamanho de memória de programa e a sua Memória de Acesso Aleatório (do inglês, *Random Access Memory* – RAM). Com recursos simples, mas bastante versátil, é um sistema focado nas diversas aplicações e, na sua utilização o Sistema Supervisório tem como foco o controle de acesso dos usuários.

Esse dispositivo foi desenvolvido por uma equipe da Texas Instruments, em meados da década de 70, tendo como origem os microprocessadores. Entretanto, inicialmente ele foi criado apenas para realizar cálculos e posteriormente se adicionou a função de tomada de decisões (SILVA, 2007). Devido às suas ligações com o meio externo, este dispositivo executa funções complexas com mais praticidade.

Além disso, sua conectividade, principalmente utilizando a internet, proporciona uma grande difusão e aplicação desse aparato no sistema de controle e monitoramento integrando com outros dispositivos, podendo servir de *host* para uma página *web*, possibilitando ao usuário manter a supervisão e gestão dos equipamentos integrados ao microcontrolador remotamente, além do potencial em realizar ajustes e parametrizações de maneira simples e eficiente (SANTOS; LARA JUNIOR, 2019).

Santos e Lara Junior (2019) citam dois tipos de microcontroladores, o arduíno e a família ESP. O Arduíno é composto por um microprocessador ATmega328 que conciliado a outros componentes constituem uma placa de microcontrolador, com uma arquitetura aberta com relação aos seus projetos de programação, elétricos e estruturais. Essas placas contem 14 entradas/saídas digitais. Possui 6 entradas analógicas, ressonador cerâmico, conectores *Universal Serial Bus* (USB) e *In-circuit Serial Programming* (ICSP), possui um cabo de energia e um botão *reset* (ARDUÍNO, 2019) (FIGURA 4).

Figura 4 – Modelo de microprocessador arduíno



Fonte: Arduíno (2019)

A família de ESP é projetado pela empresa *Espressif Systems*, tendo como principal diferencial uma tecnologia de comunicação de rede sem fio integrada e de baixo consumo energético. A empresa desenvolve três diferentes chips, denominados, ESP32-S2, ESP32 e ESP8266, cada qual com suas especificações, recursos e custo (ESPRESSIF, 2019).

O ESP32 foi lançado em 2016, sendo considerado um dos mais robustos e notórios controladores do mercado (SANTOS; LARA JUNIOR, 2019). Suas principais características são a velocidade de processamento, acessibilidade e conectividade, com inteligibilidade a conexão *wi-fi* (KOLBAN, 2018). O ESP32 é constituído por um robusto processador que foi projetado com um modelo que pode ser *single* ou *dual-core* de 32-bit, podendo chegar a trabalhar com frequências de *clock* de até 240 MHz, com capacidade de armazenamento bem superior ao microcontroladores Arduíno, (IBRAHIM, 2017).

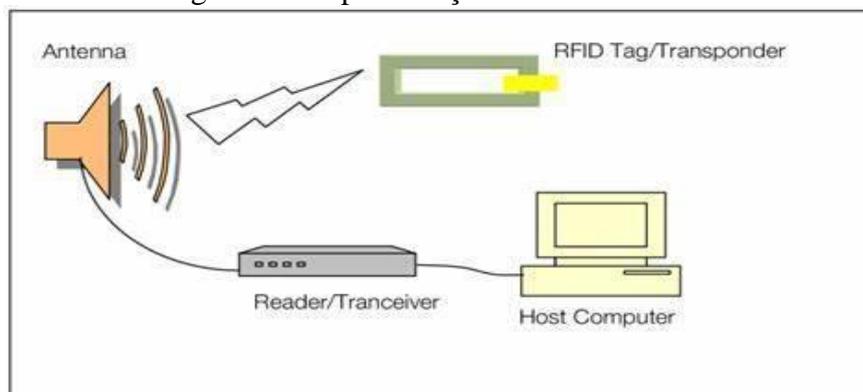
Um estudo realizado por MIRA (2019) com o objetivo de investigar as potencialidades do desenvolvimento de um dispositivo para ser um modelo de neurônio artificial para Internet das Coisas e comunicação M2M utilizou o microcontrolador Wi-Fi ESP8266 e da linguagem de programação *Micropython*. O autor destaca que este microcontrolador, possui vantagens como baixo custo, simplicidade e com baixo consumo de energia o que o torna uma opção para a utilização em comparação a outros dispositivos, como Arduino e Raspberry Pi.

De acordo com Penido e Trindade (2013) a estrutura interna do Microcontrolador é composta basicamente por: CPU - parte responsável por interpretar as instruções do programa; Memória ROM (Memória Programável Somente de Leitura) - parte na qual são gravadas as instruções do programa; Memória RAM (Memória de Acesso Aleatório) - responsável por memorizar as variáveis utilizadas pelo programa; conexões de I/O (entradas/saídas) - utilizadas no controle de dispositivos externos, e sinais de sensores e interruptores; dispositivos auxiliares - determinantes para o funcionamento do microcontrolador.

## 2.8 Radio Frequency Identification – RFID

Os sistemas RFID (*Radio Frequency Identification*) estão relacionados com os sistemas de cartões inteligentes. Este cartão possui um sistema de armazenamento eletrônico de dados com capacidade computacional, do qual um microprocessador é adicionado a ele. Assim, este sistema permite a transferência de dados entre o leitor e o cartão, que ocorre por uma interface serial bidirecional (FIGURA 5) (FINKENZELLER, 2010).

Figura 5 – Representação do sistema RFID



Fonte:

[https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=9sCNLBwn&id=3FF9D4353965811F9E339C20C5489EC45F839AA5&thid=OIP.9sCNLBwnGxtpq1SI6FLsjQHAd-&mediarurl=https%3a%2f%2fwww.researchgate.net%2fprofile%2fRyoichi\\_Komiya2%2fpublication%2f4169364%2ffigure%2ffig8%2fAS%3a670532546613248%401536878825012%2fThe-Components-of-Radio-Frequency-Identification-RFID.](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=9sCNLBwn&id=3FF9D4353965811F9E339C20C5489EC45F839AA5&thid=OIP.9sCNLBwnGxtpq1SI6FLsjQHAd-&mediarurl=https%3a%2f%2fwww.researchgate.net%2fprofile%2fRyoichi_Komiya2%2fpublication%2f4169364%2ffigure%2ffig8%2fAS%3a670532546613248%401536878825012%2fThe-Components-of-Radio-Frequency-Identification-RFID.)

O RFID é uma tecnologia de identificação sem a necessidade de contato, por meio de ondas de rádio frequência. Os dispositivos RFID são divididos em duas classes: ativa e passiva. Os dispositivos RFID com *tags* ativas conseguem emitir sinal e necessitam de uma fonte de energia para funcionar, com uma bateria interna ou a partir de uma conexão direta à uma fonte de energia. Já os dispositivos RFID com as *tags* passivas são alimentadas pela energia eletromagnética que um leitor RFID emite, e, posteriormente, este recebe os dados gravados na *tag* passiva (WANT, 2006).

Um dos grandes benefícios do RFID é a sua adequação e integração nas redes de sistemas. É possível com isso o armazenamento de grande quantidade de informações na rede, o que diminui o custo. Esse meio de utilização fornece um mecanismo para sincronizar os dados baseados nas informações das bases de dados da rede (CUI et al., 2019).

Geralmente um sistema de RFID é composto por uma antena, um transceptor, que faz a leitura do sinal e transfere a informação para um dispositivo leitor, e também um *transponder* ou etiqueta de radiofrequência, que deverá conter o circuito e a informação a ser transmitida. Estas etiquetas podem estar presentes em diversos objetos, como produtos e embalagens e também podem estar em pessoas e animais (CUI et al., 2019).

Para Want (2006) uma *tag* passiva requer alguns elementos como uma antena e um chip, além do encapsulamento e a memória interna. O leitor de *tags*, dentro da fechadura, é responsável por alimentar e se comunicar com uma *tag*. A antena captura energia do campo eletromagnético e transfere o ID da *tag*. O encapsulamento mantém a integridade da *tag* e a sua vida útil protegendo sua antena e seu chip.

Hessel et al. (2014) descrevem de forma mais detalhada o funcionamento do RFID

Um aparelho com função de leitura envia, por meio de uma antena, sinais de radiofrequência em busca de objetos a serem identificados. No momento em que um dos objetos é atingido pela radiação, ocorre um acoplamento entre ele e a antena o que possibilita que os dados armazenados no objeto sejam recebidos pelo leitor. Esse trata a informação recebida (identificação) e a envia ao computador. [...]. O elemento que permite a comunicação entre a etiqueta e o leitor e a antena. A etiqueta e o leitor possuem uma antena cada um” (HESSEL et. al. 2014, p. 18).

Os *tags* do RFID podem estar ligados a diferentes atributos de identificação, como por exemplo: número de série, posição, cor, data da compra etc. Consistindo nesta forma como uma troca de informações entre etiquetas RFID e uma base transmissora (PETENATE, 2019). Nesse sentido, Cavalcanti e Fernandes (2021) atribuem uma das vantagens dessa ferramenta o fato de não precisar de contato físico e visual para ser operacionalizado entre o produto e o leitor, além

de favorecer a coleta de um grande volume de dados automaticamente, de forma simultânea e segura, dificultando as tentativas de violações das informações armazenadas.

O processo de transferência de informações entre o tipo de *tag* utilizada e o leitor torna possível a identificação do usuário pelo número de série, visto que possibilita a leitura de um dado e também a gravação de informações na etiqueta RFID. Os logs ficam armazenados no banco de dados da memória interna das *tags* (CUI et al., 2019; CUNHA, 2016).

Souza (2019a) cita que existem dois tipos básicos de cartões inteligentes, que são diferenciados pela sua funcionalidade: os cartões de memória e os cartões de microprocessador.

Os cartões de memória geralmente possuem uma memória EEPROM, que é um tipo de memória não-volátil usada em computadores e outros dispositivos eletrônicos para armazenar pequenas quantidades de dados que precisam ser salvos quando a energia é removida. Esta memória é acessada utilizando uma lógica sequencial, sendo possível incorporar algoritmos simples de segurança (FINKENZELLER, 2010). Já os cartões de microprocessador possuem um microprocessador conectado à uma memória segmentada (ROM, RAM e EEPROM), sendo muito utilizado em sistemas sensíveis a segurança (FINKENZELLER, 2010).

Barbosa (2017) descreve que uma das principais vantagens do sistema RFID é a proteção contra acessos não autorizados aos dados armazenados, sendo que alguns modelos possuem até o processo de algoritmos criptográficos, trazendo maior confiabilidade na manipulação dos dados. Somado a isso, vale destacar também o tamanho reduzido, que permite o seu deslocamento juntamente com o usuário. Assim, o RFID pode ser utilizado para identificar, rastrear e gerenciar desde produtos e documentos até animais ou mesmo indivíduos, sem contato e sem a necessidade de um campo visual (NORTEL, 2017).

As técnicas de sensoriamento RFID tem sido amplamente avaliada em diferentes setores, como na indústria para a detecção de temperatura e umidade (OPREA et al., 2008), na construção civil (ZHANG; TIAN; ZHAO, 2017; CAIZZONE; DIGIAMPAOLO, 2014; ZARIFI; DEIF; DANESHMAND, 2107), na área da saúde, como no monitoramento de glicose (XIAO et al., 2015), pressão arterial (CALDARA et al., 2014), pressão intraocular (TURNER; NABER, 2010), e anomalias respiratórias (CACCAMI et al., 2018).

Para Costa (2019), o uso do RFID apresenta vantagens como agilidade em serviços, diminui o número de funcionários que seriam necessários para o desenvolvimento de determinadas atividades, como a checagem de produtos. Na área de logística de produtos por exemplo, essa ferramenta facilitaria a checagem de produtos por meio de utilização de antena de captação do sinal emitido por cada chip, facilitando a sua localização e proporcionando um melhor controle do estoque e da logística.

Para a utilização do sistema RFID, os leitores, que são dispositivos responsáveis por realizar a comunicação entre o *tag* RFID e o computador principal ou sistema de dados (*middleware*) podem ser divididos em dois blocos distintos: sistemas de controle e interface de alta frequência. Os sistemas de controle operam nas funções relacionadas ao gerenciamento e controle de comunicação com os *tags* do sistema. Já a interface de alta frequência na geração de sinal de transmissão com energia suficiente para o funcionamento do *tag*, realiza a modulação do sinal transmitido ao *tag* e realiza a desmodulação e recepção dos sinais de alta frequência recebidos do *tag* (JIA et al., 2012).

Os leitores fixos são modelos instalados em locais estratégicos, que possibilite boas condições de leitura dos *tags*, de forma a promover a comunicação do sistema RFID. Este modelo é indicado para locais que necessitem de alta cobertura de sinal. Um exemplo de sua utilização, são em pedágios para gerenciamento das cancelas (ATLAS RFID SOLUTIONS, 2017). Existem também os modelos portáteis, que possuem em seu interior um leitor e uma antena. Este modelo é indicado para sistemas RFID que estão hospedados em locais remotos que tornam inviável a instalação de um interrogador (HUNT; PUGLIA; PUGLIA, 2007).

Santini (2008) aponta que o sistema RFID pode ser aplicado em diferentes áreas e setores, tais como:

- a) *smart cards*: são sistemas de pagamento que vão desde cartões de transporte público até cartões de crédito que utilizam esta tecnologia;
- b) identificação humana: para o controle de acesso a áreas preestabelecidas, sendo esta a sua principal aplicação, podendo também ser utilizado em sistemas de bilhetagem e eventos esportivos;
- c) indústria: utilizado na identificação de recipientes, embalagens e no descarte de resíduos especiais;
- d) transportes: a principal aplicação nesta área é por meio de sistemas de gerenciamento de bilhetes;
- e) sistemas de segurança: além do controle de acesso, pode também na área de segurança prover sistemas de imobilização para carros;
- f) identificação animal: este sistema auxilia no gerenciamento de animais, controle de epidemias e garantia de qualidade e procedência;
- g) aplicações médicas: o uso de *tags* por pacientes contendo todas suas informações podem ser facilmente lidas por um médico quando estes chegam em um hospital;
- h) gestão patrimonial: o emprego de *tags* em bens patrimoniais facilita seu controle.

No setor logístico, Faustino (2020) ressalta que as etiquetas de identificação por rádio frequência apresentam configurações simples contendo um leitor fixo, portátil, antenas e software, o que facilita a identificação de produtos durante sua movimentação e armazenagem. Esta prática é uma alternativa de substituição dos procedimentos convencionais de controle de produtos ou até mesmo de acesso a ambientes restritos.

Pinto (2013) desenvolveu uma ferramenta baseada em RFID para controlar o estoque e a movimentação de equipamentos hospitalares, integrado a logística hospitalar, afim de proporcionar a gestão dos ativos do mesmo. O programa que foi desenvolvido pelo autor permite a monitoramento e rastreamento de ativos hospitalares por RFID, como acompanhamentos de entrada e saída do estoque, assim como deslocamento do equipamento dentro do ambiente hospitalar. No desenvolvimento foi utilizado as ferramentas *Rifidi*, para simulação do ambiente hospitalar. Esta ferramenta é um *software* que cria leitores virtuais de *tags* RFID iguais aos comercializados no mercado. O módulo do Fosstrak foi utilizado como o *middleware* RFID para filtrar os dados capturas da ferramenta Rifidi e repassar os dados úteis ao terminal.

Na área médica, Yamashita et al. (2018) utilizaram o sistema RFID para realizarem o rastreamento de instrumentos cirúrgicos quebrados, e dessa forma que poderia alertar os cirurgiões para a retenção de instrumentos durante a cirurgia e monitorar o uso de instrumentos para reduzir o risco de quebra. Como metodologia foram utilizados instrumentos cirúrgicos com identificação por RFID e uma antena de detecção foi colocada em um suporte durante a operação. Foi analisado a capacidade da antena de detectar dispositivos em uma única leitura e os dados acumulados durante a operação dos instrumentos marcados por RFID. Verificou-se que os instrumentos cirúrgicos podem ser rastreados durante a cirurgia, e este rastreamento pode esclarecer a taxa de uso de cada instrumento e servir como um método de backup da contagem de instrumentos.

Cunha e Coimbra (2021) verificaram que a aplicação da tecnologia da ferramenta de RFID nos aeroportos e companhias aéreas, e descreveram sobre a eficiência do RFID para controle e o rastreamento de bagagens, e ainda ressaltam que a maioria dos aeroportos já utilizam esta tecnologia, e que em pouco tempo, todos os aeroportos do mundo já estarão utilizando esta ferramenta.

Embora a utilização do RFID apresenta diversas vantagens para os diferentes setores do qual são aplicados, Costa (2019) apresenta algumas desvantagens que essa tecnologia pode apresentar, como o curto alcance comparado a outros meios de leitura, como o GPS- Sistema

de Posicionamento Global e também o RFID deve ter frequências pré-programadas. O RFID já tem sido utilizado nas universidades, principalmente para realizar o controle em bibliotecas.

## **2.9 O uso de RFID em bibliotecas nacionais e internacionais**

Com o avanço da *web* sob os moldes tecnológicos, tem-se um maior impacto no fornecimento de novos produtos e serviços e, as bibliotecas nacionais e internacionais estão se modernizando para acompanhar todo esse avanço (SOUZA, 2019b).

O primeiro registro da utilização dessa tecnologia em bibliotecas foi em 1998. Este registro trata-se de um teste para verificar a possibilidade de utilização desta tecnologia em bibliotecas, em especial a Biblioteca Nacional de Administração e Logitrack Cingapura Technologie. Com os testes, foram verificados resultados satisfatórios no controle dos produtos e serviços prestados pela biblioteca. Todavia, a aplicação desta tecnologia era demasiadamente cara para ser aplicada em bibliotecas (BUTTERWORTH, 1999). Sendo assim, Almeida (2010) ressalta que cabe avaliar a viabilidade de aplicação dessa tecnologia em bibliotecas, pois estas variam muito de tamanho, da qual algumas realizam poucos empréstimos diários e outras emprestam centenas de materiais diariamente.

Pujar e Satyanarayana (2015) caracterizam as bibliotecas como setores propensos às mudanças ao considerar todo o seu processo evolutivo ao longo da história. Junto a isso, Stefanidis e Tsakonas (2015) também as descrevem como maior potencial para a inserção de RFID, visto que tal tecnologia possui diversas aplicações e dispositivos. A adoção do RFID possibilita uma grande multifuncionalidade nesse serviço, aumentando a organização, eficiência, rapidez e agilidade.

O RFID implantado em questão, com critérios no seu uso, é utilizado para minimizar as filas, o tempo e os processos de inventário, empréstimos, o rastreamento de itens e auxiliar no intercâmbio de informações (OCLC, 2015). Souza (2019b) também ressalta que o tempo de trabalho e a função dos funcionários são otimizados e, conseqüentemente, tem-se o aumento da privacidade dos usuários.

Amaral, Juliani e Bettio (2021) ressaltam que as pesquisas voltadas para a utilização do RFID são recentes datando a partir do ano de 2013. Os autores destacam que o RFID já é amplamente utilizado em bibliotecas para etiquetar livros e outros materiais bibliográficos em substituição aos códigos de barras. Dessa forma, problemas como livros perdidos ou fora das estantes serão facilmente solucionados, inventários serão realizados rapidamente, serviços de

auto empréstimo e auto devolução serão disponibilizados e a segurança do acervo também aumentará.

A interligação do RFID numa interface baseada em IoT torna o ambiente inteligente, e otimiza os serviços e aprimora o fortalecimento com os usuários, pois estes são agentes de compartilhamento e disseminação da informação. Outra característica das *tags* é a mobilidade (acesso a qualquer momento), flexibilidade (escalabilidade de metadados) e baixo investimento (SOUZA, 2019b).

De acordo com Almeida (2010), os identificadores flexíveis e de baixo custo são inseridos nos itens do acervo de forma que fiquem exposto, ou seja possível sua visualização, pois para serem detectados não precisam do contato direto. Este procedimento impede problemas com usuários mal intencionados, como por exemplo a retirada do identificador. Ainda de acordo com o autor com a capacidade de armazenamento do tipo leitura/gravação dos Identificadores, permite a aquisição de um número mais reduzido destes produtos. Além disso, os identificadores possuem identificadores antifurtos, do qual são detectados ao passar pelos portões de segurança, caso não tenham sido processados a leitura de retirada.

Finalmente, como exemplo de algo que já está em funcionamento, a biblioteca da Universidade Federal de Lavras que implementou as etiquetas RFID como um complemento ao sistema de código de barras. Segundo Santos (2008) os códigos de barras foram adicionados no acervo em 1997 para identificar de maneira automática os números de exemplares e dos cartões dos usuários e, desde então, facilitaram os serviços de empréstimo e devolução.

Furtado (2016), relata que o sistema utilizado na biblioteca da UFLA, é o sistema PERGAMUM de gerenciamento. Este sistema é proprietário e possui acesso via navegador, e pode ser utilizado com banco de dados Oracle, SQL Server ou Sybase, possuindo alta capacidade de armazenamento, sendo sua fonte de dados o ponto principal para complementar essa pesquisa (PERGAMUM, 2015). Este sistema armazena um histórico de todas as atividades realizadas por seus usuários.

## **2.10 Interface Homem Máquina – IHM**

Desde 1950 tem-se informações de interfaces homem-máquina, sendo a Interface de Linha de Comando (CLI) o primeiro conceito de interface conhecida e definida por Sá (2011): “um mecanismo de interação com uma máquina através da digitação de comandos de texto para realização de tarefas específicas”. O foco principal desse tipo de interface é permitir a interação

entre o ser humano e a máquina e, a pretensão é de ser funcional, acessível, confortável e produtiva diariamente (ANDRADE, 2007).

A interface homem-máquina corresponde basicamente a um visor multitarefas de elevada versatilidade. De acordo com Inoue (2018, p. 13-14) é “composto por uma tela, geralmente de cristal líquido sensível ao toque (*touch screen*), e um *hardware* industrial, capaz de se comunicar digitalmente por meio de diferentes protocolos de redes industriais com o controlador lógico programável”. A interface IHM monitora e opera toda planta em uma única tela, controlando processos e recebendo *feedbacks* e históricos (IVONE, 2018).

A forma como seres humanos e máquinas se comunicam e interagem está evoluindo com operações mais eficazes e interativas. A interface homem-máquina pode ser bidirecionais (LIM et al., 2015), nas quais os sistemas eletrônicos podem sentir estímulos externos como toque, tensão, pressão e temperatura e fornecer *feedback* interativo aos usuários através de vários modos comunicativos, como *displays*, *feedback* tátil, sensações de áudio e térmica, etc. (WANG et al., 2018).

Somado a isso, as interfaces homem-máquina permitem a troca de informações entre pessoas e máquinas, o que desempenha um papel crucial na inteligência artificial. Neste campo, sensores baseados em magnetismo, eletricidade, mecânica e óptica são usados para construir interfaces interativas (HE et al., 2019).

A IHM possui dois setores: entrada e saída. Como entrada existem canais que possibilitam o homem a transmitir as tarefas para a máquina, fazer solicitações ou ajustá-la, como teclados, *mouses*, *touchscreen* e *joysticks*. E, como ferramenta de saída, itens que possam comunicar e atualizar o usuário humano sobre o processo de trabalho da máquina. Em suma, para Mayhew (1992), a relação é um processo de três etapas: ler-examinar, pensar e responder.

Através da IHM é possível criar telas personalizadas com os mais diversos atuadores e mostradores, utilizados para o controle e supervisão do respectivo processo. Usualmente, a IHM e CLP são utilizados em conjunto com inversores de frequência, possibilitando assim o controle e supervisão do funcionamento dos motores de um processo, através de telas supervisórias para exibir a velocidade, direção de rotação, alarmes, rendimento (IVONE, 2018).

Hollifield (2012) afirma que o desenvolvimento de sistemas utilizando IHM proporcionam uma melhoria no controle, otimizando a execução de testes e treinamentos, resultando em uma redução significativa de custos.

Com o avanço da ciência e da tecnologia, a evolução e o aperfeiçoamento da IHM é uma realidade e uma necessidade. Parafraseando Domingues (2001): “nesses casos, há mera

substituição de um termo por outro. Não importa o contexto ou a estrutura em que a metáfora está posicionada”.

A interface Homem-Máquina foi sugerida para ser utilizada no processo da armazenagem de grãos na etapa de pós-colheita por Quaresma de Almeida (2018). O autor desenvolveu um sistema embarcado, no contexto de Internet das Coisas (IoT), utilizando técnicas de controle de processos amplamente utilizados em indústria, para o controle e monitoramento remoto da ambiência de silos em escala laboratorial. O autor verificou eficácia da KNoT no controle liga-desliga, na transmissão remota de dados de referência para os controladores locais, e aquisição de dados para monitoramento, por meio da Interface Homem-Máquina proposta.

STEINKE (2019) desenvolveu um protótipo de interface homem-máquina, com o objetivo de auxiliar na operação e ajustes de uma colhedora de grãos com alta tecnologia embarcada. O protótipo de simulação levou em consideração o perfil de usuários com o objetivo de facilitar a utilização dos recursos disponíveis no equipamento, principalmente na calibração da plataforma de corte da colhedora. Foi utilizado a ferramenta de *Brainstormig*, o autor desenvolveu uma nova interface usando o editor da tela *Nextion* e o micro controlador *Arduino*. Com isso foi projetado um protótipo experimental em escala reduzida de uma interface homem-máquina para colhedora de grãos.

De acordo com Nielsen (1994) alguns critérios devem ser levados em consideração na avaliação das interações Homem-Máquina, conforme descrito a seguir:

- a) diálogo simples: A interface do usuário deve ser simples;
- b) linguagem do usuário: A nomenclatura da interface deve utilizar linguagem compatível com o usuário;
- c) minimizar a sobrecarga de memória do usuário: Para atenuar o esforço do usuário, as respostas ao diálogo devem ser instantâneas;
- d) consistência: Um comando deve sempre produzir o mesmo efeito ou reação;
- e) flexibilidade e eficiência de uso: Quanto mais informações e em menor tempo em forma de resposta o usuário receber, mais eficiente é o uso;
- f) saídas claramente marcadas: A interface deve oferecer facilidade para sair das situações, para que o usuário possa controlar suas ações;
- g) atalhos: A interface deve permitir que operações frequentemente usadas possam ser acessadas e executadas ligeiramente;
- h) boas mensagens de erro: As mensagens de erro devem ser claras, sem códigos, precisas e úteis para a solução dos problemas indicados;

- i) prevenir erros: A interface deve evitar situações que possam provocar erros por parte do usuário;
- j) ajuda e documentação: O software deve ser fácil de utilizar, de forma a dispensar ajuda e consulta a documentação.

## 2.11 Programação em plataforma aberta - *Open Source*

*Open Source* é um *software* criado em 1998 pelo programador Eric Raymond que surgiu como uma categoria de *software* livre, sendo uma alternativa ao *software* comercial ou proprietário, mas desprovido de questões éticas e ideológicas, com objetivos tecnológico, prático, econômico e eficiente (STALLMAN, 1999).

Esse mesmo autor definiu que, para ser considerado um *Open Source Software* (OSS), o *software* precisa, obrigatoriamente, permitir a utilização para qualquer finalidade, a distribuição de cópias, o acesso ao código fonte e o estudo do seu funcionamento, a adaptação às necessidades de cada um e, a possibilidade de disponibilizar a terceiros quaisquer alterações realizadas. Todas essas funcionalidades precisam ser simultâneas e sem restrições. O *open source* permite que plataformas com código aberto possam ser acessadas, modificadas e distribuídas de forma independente, pois se tratam de softwares abertos ao público (VON KROGH; SPAETH, 2007).

Diversas vantagens da utilização desse tipo de produto foram abordadas por Ferreira (2005): o primeiro ponto é relacionado ao suporte. Como o *software* é compartilhado, os problemas e deficiências são discutidos abertamente, possibilitando um desenvolvimento e uma melhora do produto, tornando-o mais prático e fácil. Tal característica é correlacionada ao aumento da qualidade, sendo esta a maior vantagem de um OSS por mantê-lo em constante processo de evolução.

Ademais, a independência oferecida quanto a padronização de protocolos e interfaces, também citada pelo mesmo autor, é outro ponto positivo significativo já que, o usuário não precisa se adaptar a novas ferramentas, apenas escolher a programação mais adequada para si ou para o fim desejável. Desse modo, tal *software* é considerado uma categoria de *software* livre (FERREIRA, 2005).

Alguns estudos tem demonstrado as vantagens da utilização do *open source*, principalmente pesquisas voltadas para a área da saúde, do qual é possível até mesmo fazer o acompanhamento do paciente, mesmo que distante (SIEGLE et al. 2017).

Silva et al. (2018) afirma que a implementação de microcontroladores pode ser um processo que envolve altos investimentos. Portanto, os autores propuseram a utilização e o desenvolvimento de um sistema, com base em microcontrolador de plataforma aberta arduino e princípio de atuação e funcionalidades similares às existentes em produtos comercialmente disponíveis para geradores de potência inferior a 15 kVA. O sistema modular, potencialmente vantajoso para o projeto, foi concebido com base em dois principais módulos: de comando e de potência, o que permitiu ajustes técnicos com mais eficiência e facilidade na análise. Assim, os autores desenvolveram um Quadro de Transferência Automático (QTA), um painel elétrico de controle que pode ser utilizado sobre geradores de energia sistema eficiente com baixo custo de investimento.

Embora Silva et al. (2018) tenham considerado o protótipo do Quadro de Transferência Automático um projeto viável financeiramente, os autores recomendam que para o produto ser aplicado em linha de produção, há potencial, porém é necessário que haja significativo incremento no preço do produto final. Além disso, deve-se também realizar um estudo sobre a aceitabilidade do produto no mercado e o interesse das empresas em adquirir o produto.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção de materiais e métodos serão abordados os seguintes tópicos: descrição do controle das chaves de salas; metodologia do projeto; Método operacional – Fluxograma, e por fim, dados relativos ao cartão.

O projeto do desenvolvimento do produto envolveu uma equipe multidisciplinar, composta por profissionais como: engenheiro de telecomunicações, engenheiro mecânico, técnico de tecnologia de informação e um profissional de automação e controle

O trabalho foi realizado nas dependências da Universidade Federal de Lavras, mais precisamente na Diretoria de Gestão de Tecnologia e Informação (DGTI) onde o protótipo foi idealizado e implantado. A prova de conceito foi realizada em laboratório. O sistema conta com placa de circuito impresso, material compósito fabricado pelo processo de manufatura aditiva utilizando o software *Simplify3D*.

Os componentes foram instalados formando um módulo de controle interno, contendo placas de circuito impresso juntamente com o microcontrolador e demais módulos pertencentes ao sistema. O sistema foi composto por dois módulos com sensores RFID denominados módulo de controle externo e módulo de controle interno. O funcionamento do sistema acontece quando o cartão de identificação é aproximado ao leitor tipo tag, o sistema lê e realiza todo o processamento: qual é o nome da tag, identifica qual é o id e consulta internamente e, caso não houver registro local, tenta localizar a nível de servidor.

Ainda no módulo de controle interno, existe o microcontrolador, que faz todo o processo de controle. A comunicação com o banco de dados é realizada através da rede ethernet, utilizando *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP). A linguagem aplicada para receber os dados e realizar o tratamento e o armazenamento das informações no banco de dados é o Hypertext Preprocessor (PHP) versão 5.3.

#### 3.1 Metodologia

O desenvolvimento do projeto foi dividido em etapas, da qual na primeira etapa foi relacionada a seleção dos itens a serem utilizados, tanto em definição de *software*, quanto de *hardware*, seleção de leitor, quanto de etiquetas RFID. Nessa etapa foi necessário levar em consideração também os itens que se teriam disponíveis para execução do projeto.

Os materiais utilizados para a confecção do projeto estão apresentados no Quadro abaixo:

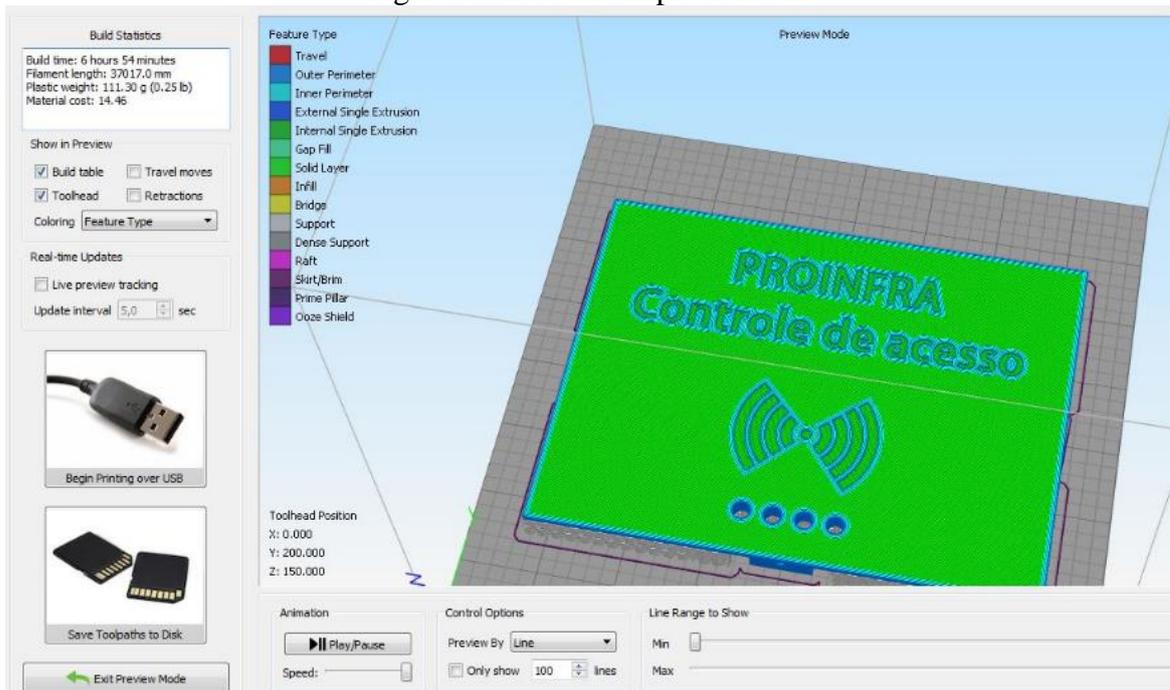
Quadro 1 - Materiais utilizados

• 1 ATmega 328p;	• 1 Módulo RFID 13.4 Mhz;
• 4 Capacitores cerâmicos 100nF;	• 1 Regulador de tensão 12 V 7812
• 1 Capacitor eletrolítico 100uF;	• 1 Regulador de tensão 3.3 V LM33V;
• 1 CI PCF8574AP;	• 1 Regulador de tensão 5 V 7805;
• 1 Circuito integrado PCF8574AP;	• 1 Relé 5 V;
• 1 Conector P4 para placa de circuito impresso;	• 1 Transistor BC337;
• 1 Cristal oscilador de 16 Mhz;	• 1 Trimpot 10k $\Omega$ ;
• 1 Fechadura elétrica 12 V;	• 2 Placas de fenolite 10 cm x 10 cm;
• 1 Fonte de alimentação entre 12 V e 30 V com conector P4;	• 2 Pushbutton;
• Jumpers e pinos para ligação;	• 2 Resistor 10k $\Omega$ ;
• 1 LED azul 5mm;	• 2 Resistor 1k $\Omega$ ;
• 1 LED verde 5mm;	• 2 Resistor 470 $\Omega$ .
• 1 LED vermelho 5mm;	•

Fonte: Do autor (2022)

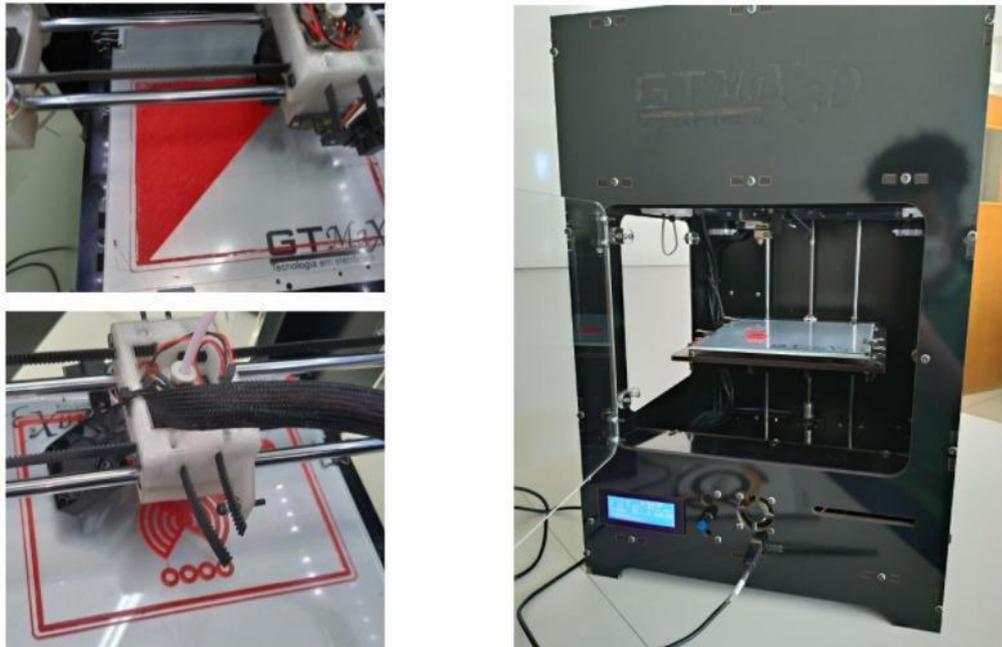
Após a definição e aquisição de todos os componentes para do projeto da fechadura eletrônica foi que o sistema começou a ser concebido, primeiramente pelo desenho inicial das caixas onde foram abrigados todos os componentes do circuito. O desenho foi exportado para uma impressora 3D utilizando o *software* Simplify3D (FIGURA 6), a impressora utilizada foi a Pro Gtmax3d Core A2v2 (FIGURA 7), o processo de extrusão teve temperatura da mesa em 70 °C e a temperatura da adição do material em 215 °C, e o filamento utilizado foi o PLA (Poliácido láctico).

Figura 6 - Desenho impressora 3D



Fonte: Do autor (2022)

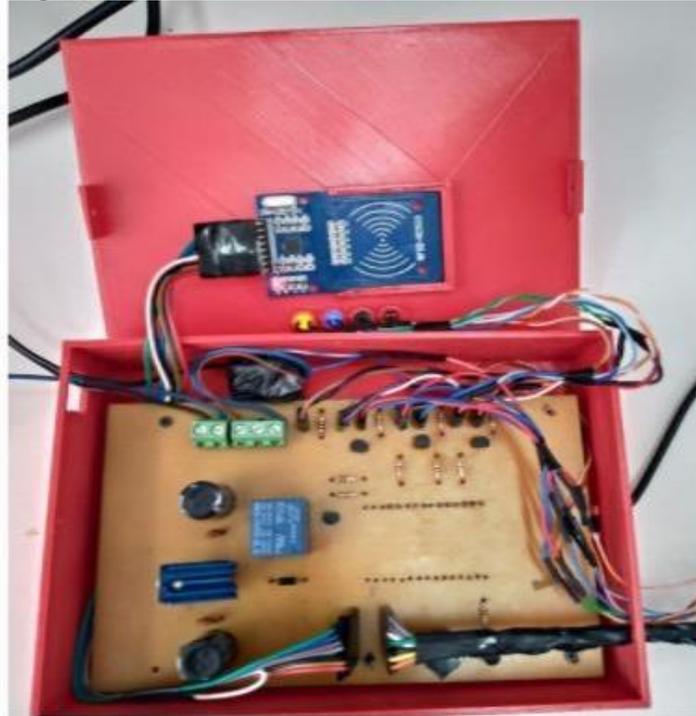
Figura 7 - Impressão em 3D das caixas de circuito eletrônico



Fonte: Do autor (2022)

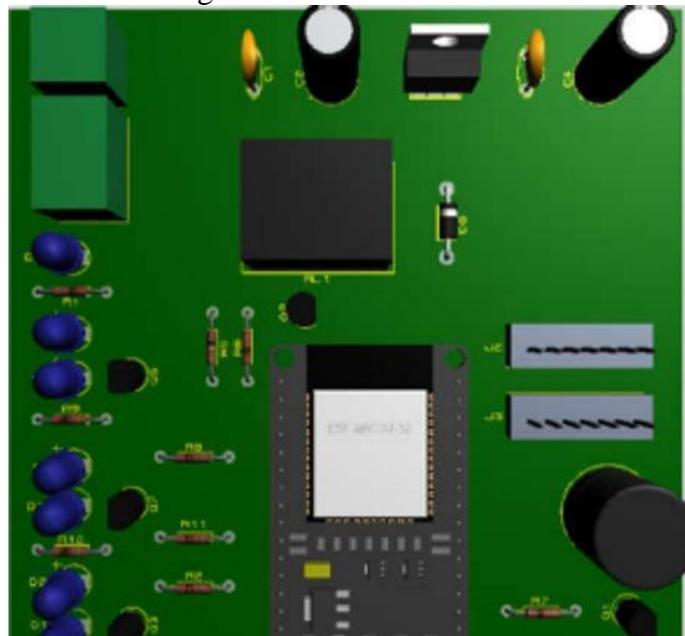
Após a impressão das peças, os componentes foram instalados na caixa que abriga o módulo de controle interno, onde as placas de circuito impresso juntamente com o microcontrolador e demais módulos pertencentes ao sistema, foram montados (FIGURA 8 e 9).

Figura 8 - Caixa do módulo de controle interno aberta



Fonte: Autor (2022)

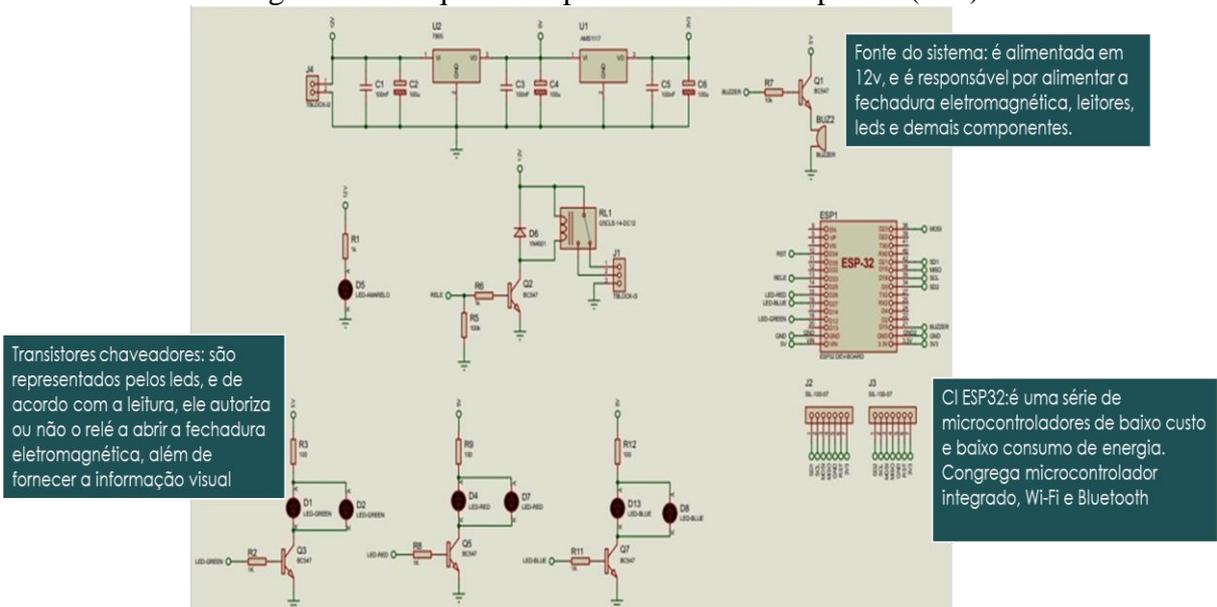
Figura 9 – Microcontrolador



Fonte: Do autor (2022)

O modelo esquemático da disposição dos componentes e microcontrolador que fazem parte do projeto foram incluídos conforme mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Esquema da placa de circuito impresso (PCI)



Fonte: Do autor (2022)

Através desse dispositivo (FIGURA 10), é possível acionar a fechadura. Ao confirmar a identidade do usuário através da leitura da impressão digital, um sinal é enviado pelo Arduino ao módulo relé e, nesse momento, ocorre um chaveamento interno que permite que 12V de uma bateria auxiliar sejam transferidos para a fechadura durante um tempo pré-determinado, fazendo com que a mesma seja acionada.

Após impressas, as caixas de circuito eletrônico, os módulos de controle externo e interno ficaram conforme mostrado nas Figuras 11 e 13 e foram fixadas em uma porta de sala selecionada conforme mostrado na Figura 12.

Figura 11 – Módulo de controle externo



Fonte: Do autor (2022)

Figura 12 - Leitor instalado na porta da sala (lado interno e lado externo)



Fonte: do autor (2022)

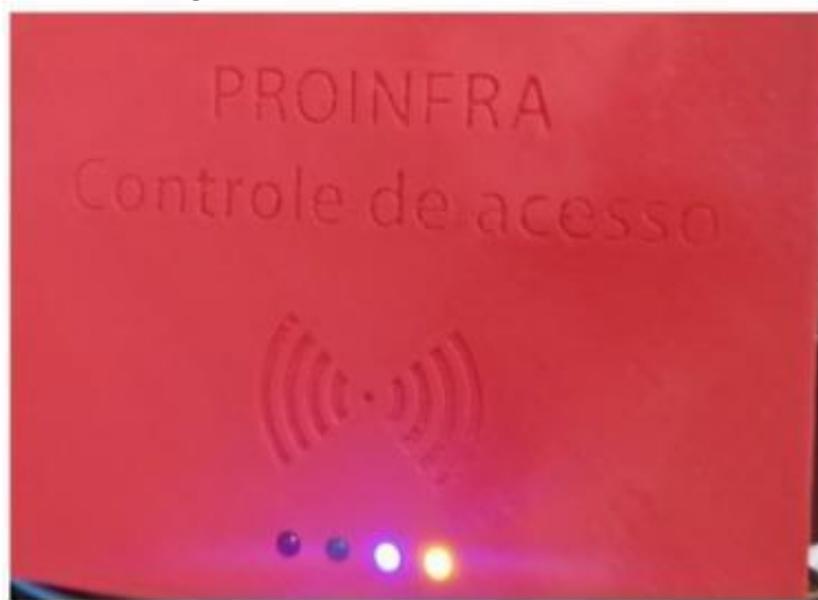
O módulo de controle possui alimentação e sistema de fixação determinados como:

- a) fonte de alimentação: Entrada AC 127V-220V Saída: DC 12V DC;
- b) canaletas 20x12x2000 mm;
- c) fios de cobre;
- d) fita dupla face para prender a caixa na porta;
- e) parafusos para prender o eletroímã.

Todo sistema é alimentado por uma fonte bivolt com saída 12V, a fechadura eletroímã foi acoplada na parte superior da porta do lado interno da sala com parafusos, as caixas de controle ou módulos de controle, foram colados com fita dupla face diretamente na porta, tanto do lado externo quanto do lado interno, juntamente com as canaletas por onde passam a fiação do sistema.

O sistema é composto por dois módulos com sensores RFID denominados módulo de controle externo e módulo de controle interno (FIGURA 13). No módulo controle interno, há uma saída que se conecta ao eletroímã cuja função é travar e destravar a porta, por módulo (*wireless*) para conectar com a rede (sem fio), o sistema possui ainda luzes indicativas: 3 *leds* que indicam se há conexão com a internet (azul), se o cartão foi lido e aceito (verde) e se o cartão foi lido e recusado (vermelho).

Figura 13 – Módulo de controle interno



Fonte: Do autor (2022)

O funcionamento do sistema acontece quando a pessoa aproxima o cartão, etiqueta (*tag*) do leitor, o sistema lê e realiza todo o processamento: qual é o nome da *tag*, identifica qual é o *id* e consulta internamente e, caso não houver registro local, tenta localizar a nível de servidor.

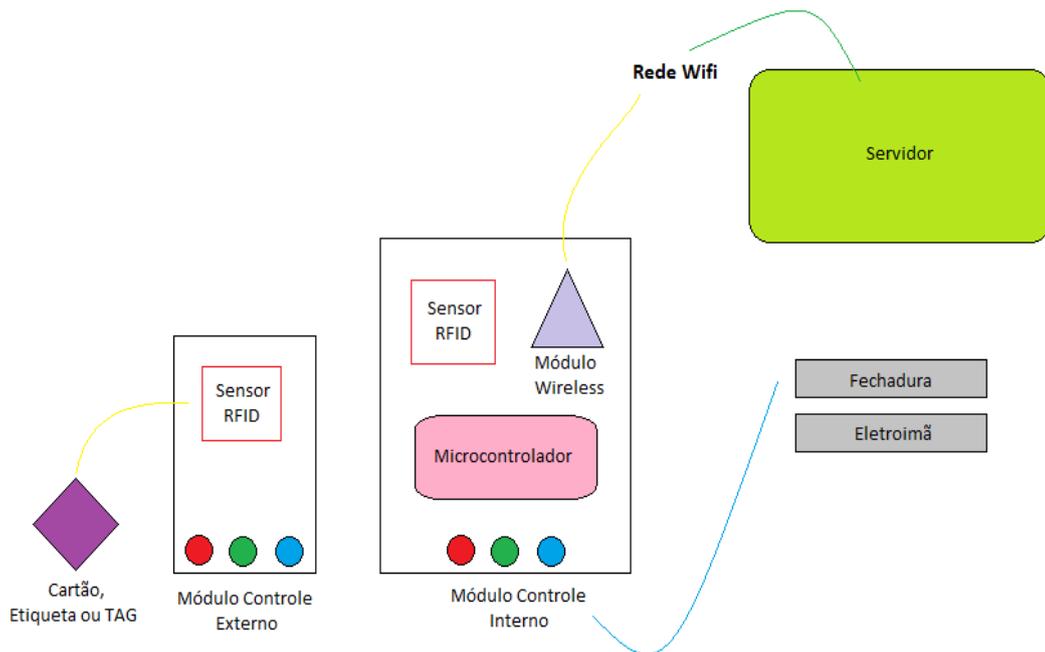
Em relação ao *tag*, aqui vale esclarecer que todos os membros que têm algum vínculo com a universidade, já possuem este cartão, que é confeccionado de acordo com atividade que é exercida dentro da instituição. Assim, por exemplo, os alunos possuem cartão de estudante e os funcionários possuem cartão de servidor. Este cartão já é utilizado para diversos serviços na universidade, como empréstimos na biblioteca central e também para acesso ao restaurante universitário.

O sistema já possui todos os dados dos indivíduos que podem acessar os diferentes locais. Outro fator importante, é que este cartão tem data de validade, principalmente para os alunos, que passam pela universidade somente por um período. Além disso, no caso de acesso às salas de aula pode haver o controle das pessoas que podem ter acesso ao local, sendo assim, é realizado um registro prévio destes membros e somente eles, ou através da utilização dos cartões deles é que se poderá realizar a abertura da fechadura eletrônica.

Ainda no módulo de controle interno, existe uma ferramenta considerada a mais importante de todo o sistema, o microcontrolador – é ele quem faz todo esse controle (leitura dos dados do cartão, dos sensores, conexão através do sensor RFID e da rede, emite o sinal para o eletroímã agir (trancar ou destrancar), aciona os *leds*, que possuem também conexão com a rede (um dos *leds* – azul) (FIGURA 14).

O microcontrolador ATmega 328p é responsável pela interpretação dos dados lidos pelo módulo RFID e por um botão interno a sala e pelo acionamento da fechadura quando necessário, possui na memória interna o script do projeto. Este microcontrolador é o mesmo que encontramos em placas Arduino como a Arduino UNO. Toda a prototipagem do projeto foi realizada inicialmente utilizando a plataforma de desenvolvimento Arduino, seguindo a mesma boa prática dos pesquisadores Rena, Cunha e Coelho (2014).

Figura 14 - Desenho esquemático



Fonte: Do Autor (2022)

### 3.2 Método operacional – Fluxograma

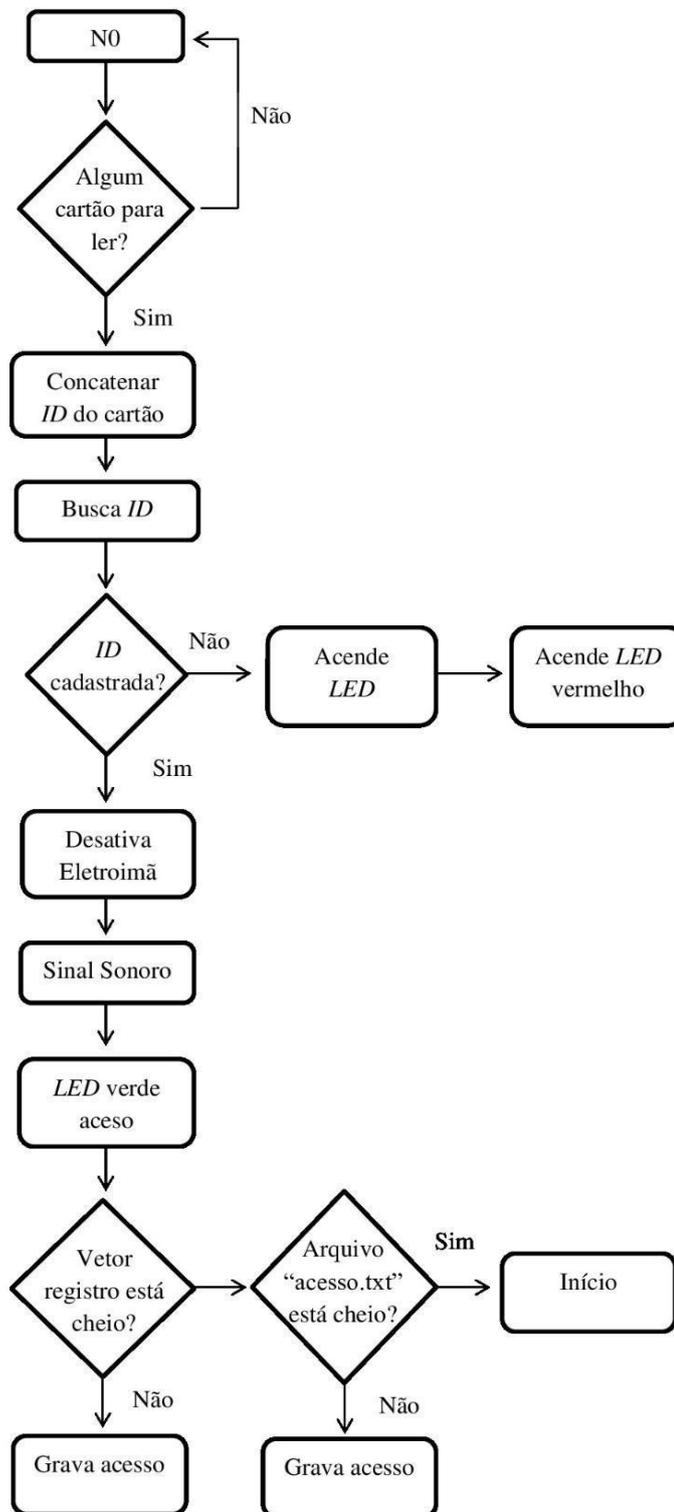
A primeira fase de leitura do cartão, etiqueta ou *tag* magnético é feita no estágio N0 conhecida como rotina 0, onde o usuário irá aproximar seu cartão do leitor de cartões, o sistema fará uma busca no banco de dados. Essa comunicação com o banco de dados é realizada através da rede ethernet, utilizando *Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)*.

A linguagem aplicada para receber os dados e realizar o tratamento e o armazenamento das informações no banco de dados é o *Hypertext Preprocessor (PHP)* versão 5.3, sendo utilizada para identificar se o usuário possui credenciais para entrar na sala de aula.

Caso a pessoa não possua cadastro no banco de dados, o acesso não será liberado e um *led* vermelho irá piscar duas vezes, sinalizando que a mesma não possui registro/permissão para entrar na sala, então o sistema volta ao seu estágio inicial.

Em contrapartida, se o usuário possuir cadastro, o sistema destrava o eletroímã da porta, emite um sinal sonoro, um *led* verde acende e o acesso desta pessoa é gravado, caso o leitor de registro não esteja cheio. Se o leitor de registro estiver cheio, o sistema envia dados para o servidor acionando a ação que este vetor precisa ser limpo, envia dados para o arquivo e grava o acesso. Logo após registrar a entrada do usuário, o sistema volta ao estágio inicial e aguarda uma nova leitura de cartão (FIGURA 15).

Figura 15 – Fluxograma de leitura do cartão fase N0

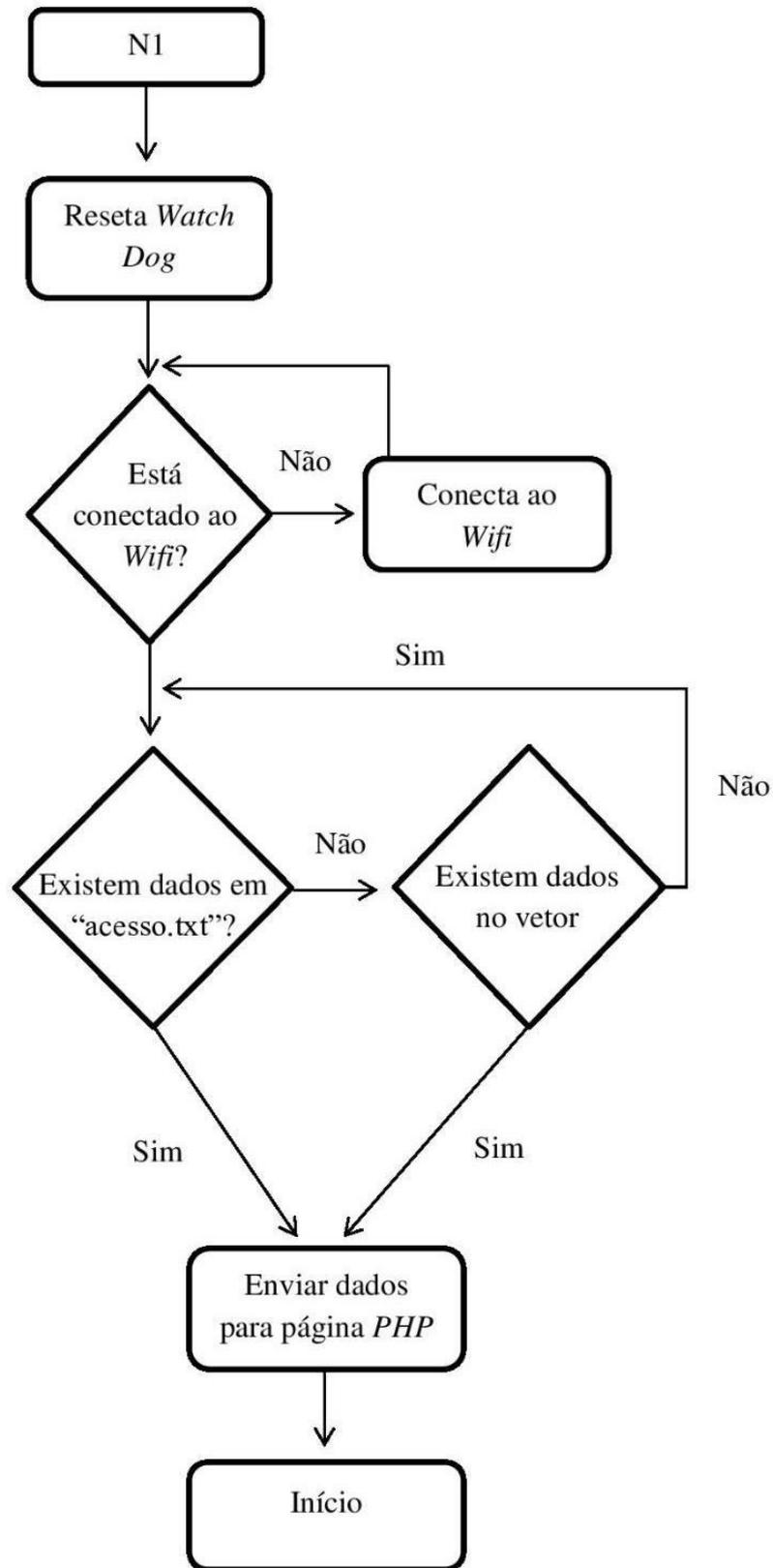


Fonte: Do autor (2022)

Em um segundo momento após todo o processo de leitura da fase N0, rotina 0, o sistema passa a fazer a leitura interna dos dados e é nessa hora que ocorre a fase N1, ou seja, a primeira rotina do fluxograma que ocorre internamente após a leitura do cartão magnético de entrada. Na primeira rotina, em equipamentos microcontrolados, existe um sistema que se chama “*watch dog*” que é responsável por monitorar a rotina durante todo o tempo de funcionamento, a fim de impedir travamentos e eventuais danos do sistema e, caso ocorra, o sistema reiniciará o processo.

Na fase N1 o sistema tenta se conectar à rede *wifi* do local onde está instalado. Caso o sistema não consiga se conectar, volta para o início do teste e tenta estabelecer a conexão com o sistema até obter sucesso. Se a conexão com o *wifi* é realizada com sucesso então segue para o próximo passo: existem dados em *acesso.txt*? Se sim, se os dados de acesso do usuário forem reconhecidos e possuem permissão de acesso, será enviado os dados direto para página PHP. Se não, ocorre a busca aos dados no vetor do registro, se houver permissão, enviam-se os dados para página PHP e a porta abrirá. Por fim, se não existir em nenhum dos dois, ele acende o *led* vermelho e a porta da sala de aula se mantém fechada (FIGURA 16).

Figura 16 - Fluxograma de leitura do cartão fase N1



Fonte: Do autor (2022)

### 3.3 Dados relativos ao cartão

O cartão RFID é de fácil confecção, de baixo custo, fabricado em pvc, leve, fácil para ser transportado junto no dia a dia. Segue a descrição do cartão de acordo com dados fornecidos pelo fabricante (AUTO CORE ROBOTICA, 2022).

O Cartão Tag RFID, cartão de identificação por radiofrequência, opera a uma frequência de 13.56Mhz, podem ser utilizados nos mais diversos projetos, em áreas como: automação, domótica entre outros. O Cartão *Tag* RFID possui memória de 1KB para armazenamento de dados e um número de identificação (UID) já pré-gravado no cartão.

Nessa memória, podem ser gravados dados de acesso do usuário, dados de cargas, senhas, saldos entre outras informações que posteriormente podem ser lidas pelo Módulo Leitor RFID MFRC522 Mifare.

O Cartão Tag RFID em conjunto com o Módulo Leitor RFID MFRC522 Mifare podem ser utilizados com os mais diversos microcontroladores, sejam eles Pic, Atmega, Arm entre outros, na execução de determinadas funções a partir da identificação dos dados presentes no Cartão Tag RFID. É importante ressaltar que é necessário um leitor RFID compatível com a frequência de 13.56Mhz.

Cartão Tag RFID 13.56Mhz - Especificações:

- a) frequência de operação: 13,56MHz;
- b) material: PVC;
- c) alcance: 10mm;
- d) padrão: Mifare S50;
- e) memória: 1K byte EEPROM (768 bytes livres);
- f) durabilidade de escrita: 100.000 ciclos;
- g) padrão ISO: ISO 14443 / 14443A;
- h) dimensões: 85 x 54 x 0,9mm.

O registro dos dados é realizado através do departamento de DGTI (Diretoria de Gestão da Tecnologia da Informação) da instituição. Neste cartão, é acrescentada a foto pessoal e alguns dados, como o setor de lotação, função (servidor ou estudante), cargo e CPF (FIGURA 17).

Figura 17 - Mostra de exemplar do cartão utilizado na UFLA



Fonte: dados do autor (2022)

Quando o cartão é passado no local indicado, é feita leitura das informações contidas nele a partir dessa tecnologia, para saber se o acesso é liberado ou não. O RFID, conforme citado no referencial bibliográfico, conta com um sistema que possui antena, e um transceptor para receber o sinal, faz a leitura e envia a informação para o aparelho de leitura. O RFID possui também etiqueta RF, de radiofrequência, assim, a antena transmite a informação para o leitor, que converte as ondas de rádio para o formato digital.

Observando os critérios de segurança ao usuário para abertura da porta no interior da sala, foi adicionado no interior dela uma central de controle, contendo um botão de emergência para acionamento da fechadura (FIGURA 18). O circuito é bem simples e quando o botão é acionado a fechadura é liberada.

Figura 18 – Botão de emergência para acionamento da fechadura



Fonte: dados autor (2022)

Após este processo, o computador analisa os dados, fazendo leitura e compreensão das informações. Desse modo, é possível executar a ação de acordo com a análise, ou seja, de liberar ou abrir a fechadura automática para pessoas autorizadas. Tudo isso acontece em menos de 1 segundo. Sobre o código fonte, a linguagem de programação está apresentada no Anexo A da dissertação.

Além de servir para permitir a entrada das pessoas, o sistema registra todos os acessos de entrada e saída do local, o que é muito importante para garantir a segurança. Com isso, o processo é todo automatizado e com redução dos riscos operacionais.

### **3.4 Avaliação teste**

Após a finalização do projeto, e a instalação do Leitor na porta do lado interno e lado externo, foi realizada a fase de teste, ainda com possibilidade de ajustes antes da versão final. Para tanto, foram convidados a participarem do estudo cinco pessoas que já tinham acesso a esta sala antes da instalação do projeto.

Os participantes já possuíam o cartão que é de uso obrigatório para pessoas que possuem vínculo com a instituição. Por isso, foi necessário somente realizar a autorização de acesso aos mesmo, para que conseguissem a liberação da fechadura eletrônica.

Os participantes foram denominados de P1, P2, P3, P4 e P5. Os dados gerados durante o período de teste foram representados em forma de gráfico e será discutido no próximo capítulo sobre análise dos resultados

Além dos dados gerados pelo sistema, foi elaborado um questionário para que os participantes avaliem a funcionalidade do sistema durante sua utilização. O questionário continha as seguintes questões:

- 1 – Você utilizou o sistema para ter acesso à sala? ( ) sim ( ) não
- 2 – Qual foi o grau de dificuldade para se ter acesso à sala? ( ) nenhum ( ) médio ( ) alto
- 3 – Você teve ou verificou algum problema durante o acesso e utilização do cartão?
- 4 – Você chegou a avaliar a que distância era necessário a aproximação do cartão, para que ele fosse lido?
- 5 – Em quanto tempo após leitura do cartão, ocorria a abertura da fechadura?
- 6 – Você percebeu alguma vantagem na utilização do cartão para acesso à sala?
- 7 – Você percebeu alguma desvantagem na utilização do cartão para acesso à sala?
- 8 – Você recomendaria a aplicação desse produto em toda a instituição? Por que?

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho apresenta um sistema de controle de acesso de usuários que foi implementado em uma sala específica da PROINFRA onde o conceito foi validado e apto para ser replicado.

O sistema fica *on-line* 24h por dia, hospedado em uma máquina local que tem comunicação com os servidores da UFLA, onde é possível gerenciar todos os usuários cadastrados no sistema, além de obter relatórios de acesso à sala.

O equipamento passou por uma bateria de testes com duração de 7 meses apresentando resultados satisfatórios no que diz respeito ao controle de acesso e armazenagem dos dados, autenticando todos os cinco usuários que têm acesso a sala e durante o período de testes foram registrados 2155 acessos conforme mostrado na Figura 19.

Figura 19 - Gráfico de controle de acesso



Fonte: Do autor (2022)

No período analisado foram realizados aproximadamente 500 acessos no sistema de controle, com média de 16 acessos diários. De acordo com Souza (2019a) é relevante avaliar a quantidade de acessos diários no dispositivo, para possíveis travamentos por causa de sobrecarga de acessos que venham bloquear a abertura do sistema de controle de acesso.

Por outro lado, a eficácia do produto é também avaliada pela integração da privacidade e de segurança de dados na tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID). Nesse

sentido, é possível afirmar que outras pessoas além das que tinham permissão para acesso à sala não entraram no local, o que demonstra que o produto desenvolvido cumpriu seu papel de restringir o acesso ao ambiente, protegendo dessa forma o patrimônio da universidade, contra roubos e acesso ilegítimo através do sistema RFID (CHEN; JIANG; LAI, 2018).

Este estudo que envolve a criação de um projeto mecânico juntamente com a utilização do RFID, foi realizado e verificadas as fases, de forma a garantir a otimização, automação, um equipamento personalizado e com redução de custos. Segundo este autor, as etapas de desenvolvimento de um projeto mecânico devem envolver:

Pesquisa da disponibilidade e realização do *design*: reconhecimento da questão, definição de recursos e de requisitos:

- a) enquadramento e desenho 2D e 3D da máquina: determinação das dimensões;
- b) análise mecânica: *softwares* utilizados para simular a estrutura estática e dinâmica;
- c) prototipagem e testes: ensaios para verificar o funcionamento;
- d) documentação e desenhos técnicos: elaborados para utilizar no processo de fabricação.

Este estudo envolveu a interação de uma equipe multidisciplinar no processo de desenvolvimento do produto em questão. Monteiro (2022) aponta que em todo o processo de desenvolvimento de produto essa visão de diferentes profissionais é importante, pois envolverá diferentes visões e com possíveis apontamentos de erros ou falhas que podem surgir durante o processo e também na fase de teste do produto. Sendo assim, a tomada de decisão sobre a continuidade ou não do desenvolvimento do produto pode ser consensual diante da exposição dos conhecimentos de cada profissional. Por isso, cabe ressaltar, que no caso deste projeto houve consenso durante o desenvolvimento do produto, de forma a chegar na versão final almejada.

Por outro lado, Bakster (2000) afirma que uma equipe multidisciplinar também auxilia na sistematização das ideias de todo o processo de desenvolvimento do produto. Ainda de acordo com o autor estas decisões vão incluir tanto a área técnica como a parte econômica do projeto. Nesse sentido, os profissionais podem ter a visão do que seria mais vantajoso financeiramente em relação aos equipamentos a serem utilizados, ou mesmo substituídos por outros que executem a mesma função, porém de custo inferior. Assim, alternativas mais vantajosas podem surgir, quando há uma equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do produto.

Norton (2013) ainda aponta que a equipe multidisciplinar tem maior facilidade em chegar a uma solução de problemas através de um consenso sobre o projeto, tendo em vista que etapas mal elaboradas e planejadas podem gerar resultado inesperado, é em alguns casos é necessário voltar às etapas anteriores, a fim de corrigir eventuais problemas encontrados, o que gera prejuízos, tanto de tempo, como de custos.

Uma avaliação importante que foi realizada sobre o funcionamento do sistema é quando ocorre a falta de internet, como ocorre o registro e a liberação das travas das portas. Nesse sentido, o registro fica armazenado na memória RAM dentro do próprio aparelho, e libera a abertura da mesma forma. Quando a internet volta, os dados que foram armazenados são enviados para a central de controle, para registro.

Neste contexto, a identificação para verificar se a pessoa tem acesso livre a sala é realizada através de um sistema de memória do aparelho. O aparelho contém um armazenamento de todos os dados do sistema e por um período determinado parametrizável os dados são atualizados na memória do aparelho, de forma que mesmo sem acesso *wifi*, o usuário consegue abrir a sala.

Em relação à falta de energia elétrica, o aparelho também se mantém funcionando por um período de aproximadamente quatro a seis horas, por intermédio de uma bateria, 12 v. Com isso, caso ocorra falta de energia, a porta se abre normalmente para o acesso à sala.

De acordo com alguns autores a fase de teste é essencial no processo de desenvolvimento de produtos (ROZENFELD, 2006; TAKAHASHI; TAKAHASHI, 2007). Através dela torna-se possível verificar erros e falhas de forma a serem corrigidas antes de sua produção final ou produção e aplicação em larga escala. Somado a isso, é necessário que a fase de teste não seja composta apenas de um teste, mas que seja realizada várias vezes, e como no caso deste estudo, por vários dias ou meses, com a finalidade de checar todo seu funcionamento e até prevenir de falhas futuras.

Por isso, até o momento, com os dados que foram obtidos, pode-se realizar somente uma comparação entre os modelos disponíveis no mercado e suas características (QUADRO 2).

Quadro 2 – Comparação de valores e características de modelos do mercado

Nome do produto	Formas de identificação	Capacidade de usuários	Capacidade de digitais	Registros de acessos	Dados adicionais
Controle de acesso iD Flex Pro - ControliD (R\$1.697,00).	Leitor biométrico, cartões de proximidade e senha.	Mais de 200.000 cartões.	Mais de 6.000 em modo <i>stand alone</i> .	Mais de 200.000 registros.	Integrado <i>software</i> completo de gerenciamento de controle de acesso via <i>browser</i> + tela para o <i>supervisionamento</i> .
Controle de acesso digital Tag Sobrepor Ip66 com <i>software</i> modelo MA300 ZKTeco (R\$1.192,00).	Leitor biométrico e cartões de proximidade.	10.000 cartões RFID 125khz.	1500.	100.000 registros.	Pode ser utilizado sozinho com a fechadura com ou sem <i>software</i> 2.4 ou 3.5
Controle de acesso Intelbras Bio Inox Plus SS 311 e biometria + RFID (R\$1.631,15).	Leitor biométrico e cartões de proximidade.	10.000 cartões RFID 125khz.	1500.	100.000 registros.	Conexão com <i>software SoapAdmin</i> versão 3.5

Fonte: Do autor (2022)

Conforme é verificado nas características dos modelos que existem no mercado, existe uma limitação para inserção de usuários e também a quantidade de registro dos modelos. Todavia, para o modelo utilizado neste estudo, ainda não se verificou esta característica de suporte do sistema, sendo, portanto, ainda necessário a sequência da fase experimental para se verificar quais são essas limitações.

#### 4.1 Orçamento do projeto

O custo inicial do projeto foi estimado em pouco mais de R\$300,00 (QUADRO 3), o que representa um valor no mínimo 50% inferior aos kits vendidos no mercado e internet, cujo preço mínimo parte dos R\$700,00.

A avaliação do orçamento do projeto é um fator importante no processo de desenvolvimento de produtos, isto para verificar a viabilidade de aplicação na área em que houver demanda, neste caso a universidade foco deste estudo. Essa avaliação deve ser realizada pois, o produto pode funcionar muito bem, mas financeiramente a instituição pode não ter condições de aplicação em todo o campus, o que não justificaria o projeto. Além disso, os resultados satisfatórios, podem ser aplicados em outras instituições e ou locais que necessitem de controle de acesso.

Quadro 3 – Custo aproximado do projeto

<b>Componentes da Fechadura RFID</b>	
<b>Item</b>	<b>Valor</b>
Impressão 3D (insumos e energia)	R\$ 40,00
Fechadura Eletroímã - 150 kg	R\$ 130,00
Fonte 12 V AC/DC	R\$ 22,00
KIT com resistores, capacitores, diodos e LED's	R\$ 60,00
Microcontrolador ESP 32	R\$ 50,00
Módulo Leitor RFID Rc522 Mifare 13,56Mhz	R\$ 25,00
Módulo WI-FI Esp 8260	R\$ 23,00
Relé 12 V DC	R\$ 10,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 360,00</b>

Fonte: Do autor (2022)

De acordo com avaliação dos custos é possível verificar o baixo custo de investimento e o uso de uma tecnologia própria que traz a real possibilidade de implantação do projeto na universidade, possibilitando assim a instalação deste sistema em mais salas de aulas.

Foi realizada uma avaliação comparativa das vantagens e desvantagens do modelo desenvolvido neste projeto e de um já existente no mercado (QUADRO 4). De acordo com Rosenfeld (2006) no desenvolvimento de produtos devem ser priorizados projetos de baixo custo e de alta eficácia. Somado a isso, deve haver uma investigação sobre a durabilidade do produto e seu período de vida útil.

Quadro 4 – Comparação de vantagens e desvantagens dos modelos

<b>Modelo</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Já existentes no mercado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilidade de aquisição;</li> <li>- Garantia;</li> <li>- Reconhecimento da funcionalidade do produto;</li> <li>- Experiência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor de aquisição;</li> <li>- Dificuldade e tempo de manutenção (encaminhar para a fabricante).</li> </ul>
<b>Projeto proposto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilidade de manutenção;</li> <li>- Valor de aquisição e de manutenção;</li> <li>- Adequação do produto de acordo com as necessidades da UFLA/usuários.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leva-se um tempo e vários testes até conseguir a perfeição e a instalação do produto;</li> <li>- Pouca experiência na prática em redação aos já existentes.</li> </ul>

Fonte: Do autor (2022)

#### **4.2 Percepção dos usuários quanto à utilização do sistema**

Os testes foram realizados por cinco pessoas que tiveram acesso à sala que foi o alvo do experimento, e para verificar suas percepções sobre a utilização do acesso através do sistema da fechadura eletrônica, o questionário de feedback foi aplicado.

A primeira questão foi verificar se todos já haviam tido acesso ao sistema, e todos responderam que sim, afirmaram também que não tiveram nenhum tipo de dificuldade para se obter o acesso, ou seja, assim que acionaram o sistema, a porta se abriu.

Quando foram questionados se já tiveram algum problema durante o acesso na fase de teste, apenas um dos participantes afirmou já ter tido problema com o sistema

*“Um dia, quando acabou a energia a porta se abriu sozinha (P1)”*

Todavia, após o relatado pelo participante, foi analisada a causa do incidente. A razão pela qual a porta se abriu de forma involuntária, deu-se pela suspensão da alimentação e por medida de segurança, a parametrização do sistema libera o acesso. Esse controle foi mantido, mas para isso, foi acrescentado ao desenho de hardware, uma bateria, tendo em vista, que a falta de energia é algo comum na universidade, por isso, houve a necessidade desse fornecimento de energia alternativo à energia elétrica.

Os participantes relatam que para ocorrer o acionamento do sistema, basta encostar ou aproximar o cartão no equipamento que automaticamente a porta se abre, momentaneamente, ou em um segundo, conforme relatado pelo P1.

Sobre as vantagens da utilização desse sistema para o controle ao acesso às salas, foram citadas:

- a) incremento considerável do nível de segurança;
- b) controle total do acesso de pessoas ao recinto;
- c) velocidade de autorização de acesso e gerenciamento remoto do sistema;
- d) praticidade.

Dentre as desvantagens da utilização do sistema, citou-se:

- a) desenvolvimento software específico de gestão das salas dos pavilhões de aula;
- b) contratempos em caso de esquecimento do cartão;
- c) resistências das pessoas ao novo.

No caso do custo como foi citado, vale verificar o custo e benefício da implantação do sistema, ou seja, será que o valor de custo de implantação valeria pelo fato da segurança e prevenção de roubos na instituição. Além disso, com controle de acesso outros benefícios poderão ser alcançados.

Já em relação aos contratempos que a pessoa terá, caso esqueça, ou mesmo perca o seu cartão em um determinado dia, também haverá a notificação de perda ou esquecimento do cartão. Caso tenha sido perda, se efetuará o registro e posterior bloqueio do mesmo, para que não possa ser utilizado por terceiros. Além disso, será disponibilizado um novo cartão de forma a não trazer prejuízos das atividades rotineiras dos indivíduos.

No que diz respeito à resistência ao novo, isto é bem certo, pois algumas pessoas, principalmente os mais idosos, têm certa dificuldade em aceitação do novo. Este fato de resistência é relatado por Hernandez e Caldas (2001), do qual afirmam que o implementar mudanças ou inovações, principalmente nas organizações, muitas vezes, têm de enfrentar resistências internas, das quais se destacam os funcionários, que já se sentem estáveis e não querem novas condutas na sua rotina diária, mesmo que seja comprovado os benefícios das mudanças. Desta forma a inserção do novo conceito deve ser organizada e elucidativa para com todos e todas da comunidade acadêmica e ou onde for replicado este projeto.

Sobre a questão se recomendam a utilização deste sistema em toda universidade, os participantes foram unânimes em afirmar que recomendariam, principalmente pelas vantagens

relatadas e, de acordo com o P2, facilitaria a logística de entrega de chaves para professores e técnicos. Porém, o P1 recomenda que haja a implantação em um número limitado de salas, como em duas ou três para que se realizasse teste piloto, para aferir mais parâmetros de uso do sistema.

Essa questão de teste em um número limitado de salas foi uma sugestão bem avaliada dada pelo P1, pois realmente há a necessidade de verificar outros parâmetros do sistema, o que foi limitado somente a uma sala, inclusive o sistema de registro e também verificar o acesso em salas que são constantemente utilizadas por muitos usuários, para verificar se não surgem outros tipos de problemas de acesso.

## 5 CONCLUSÃO

Diante da realização deste estudo, foi possível:

- a) criar um sistema de controle de acesso aos ambientes sem o uso de chaves;
- b) analisar e validar a leitura do cartão de identificação do usuário por meio de um leitor de cartões *radio frequency identification card* (RFID);
- c) realizar a validação do destrancamento da porta de sala de aulas através de uma fechadura eletromagnética a qual será monitorada por um sistema supervisorio desenvolvido especialmente para esta finalidade;
- d) realizar o gerenciamento e controle do sistema de acesso aos ambientes.

De acordo com o presente trabalho e resultados apresentados até o presente momento, é possível concluir que o projeto apresenta viabilidade técnica e financeira consideráveis, apresenta baixo custo de montagem e implementação quando comparado com o sistema oferecido no mercado aberto, além de ter potencial de controle de acesso relevante, perante as necessidades apresentadas.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de trabalhos futuros para complementar o que já foi realizado neste projeto, sugere-se a modificação do sistema para permitir o controle de equipamentos eletrônicos presentes na sala de aula, como o controle de computadores, *data-shows*, sistema de iluminação e controle da ventilação das salas, além de colocar mais uma forma de autenticação dos usuários, como o sensor de leitura biométrica por exemplo, tendo em vista que na fase de teste, um dos participantes citou que uma das desvantagens é a dificuldade que o indivíduo terá caso ele esqueça ou mesmo venha a perder o cartão.

Importante também ressaltar que a criação de uma sala piloto, faz-se interessante para colheita de informações, dados e defeitos que podem se apresentar ao longo do uso da solução de maneira prática. Tal sala pode ser selecionada a partir do critério de frequência de utilização da mesma, ou seja, deve-se selecionar uma sala cujo uso seja frequente e a diversidade de formas de utilização bastante diversa. Esta sala teste também poderá sanar os dados que ainda não foram coletados, como: qual será a capacidade de suporte do sistema para a inserção de usuários? E quanto será a capacidade de registro do sistema? Pois através destes dados, pode-se gerar protocolos de acessos, de exclusão de usuários que não acessam mais a sala, dentre outros fatores.

Por outro lado, o sistema possui bateria que o mantém no caso de falta de energia elétrica, todavia não se sabe ao certo por quanto tempo ele se mantém com essa bateria, caso haja vários acessos. Este fator pode ser um problema, pois suponhamos que esta sala é acessada constantemente por diferentes usuários que necessitem utilizá-la. Por outro lado, também existem as questões da falta de internet; os dados que podem estar armazenados no sistema e os que serão armazenados no sistema após o acesso; por quanto tempo ele conseguirá funcionar sem que se tenha o acesso a internet?

Acredita-se que a instalação futura de um sistema de vídeo monitoramento nas salas selecionadas poderá auxiliar na montagem do banco de dados, bem como no controle de falhas e manutenção do sistema de supervisão.

Ainda não foi desenvolvido *software* de controle específico para atender a demanda de grande número de salas, bem como a interface amigável para utilização deste *software*. Desta forma, é necessário que após o aprimoramento e a finalização da fase de teste deste modelo de sistema com fechaduras eletrônicas, seja desenvolvido o software de controle com grande capacidade, de forma a atender todas as demandas da universidade, que devido à sua extensão, possui muitas portas de salas, que devem ter os acessos restrito, principalmente salas de aulas

e laboratórios dotados de equipamentos eletrônicos caros, que necessitam de controle. No caso de laboratórios, uma alternativa seria liberar o acesso somente ao técnico responsável por aquele setor. Sendo assim, quando algum aluno precisasse utilizar a sala, ele solicitaria para o técnico, o que promoveria mais controle de acesso aos equipamentos de alto custo.

## REFERÊNCIAS

ACKOFF, R. L. **Creating de corporate future**. John Willey & Sons, 1981.

ALCALDE, E. **Prototipagem rápida aditiva: aplicação em dispositivo funcional de auxílio humano para membros superiores**. 2019. 141 f. / Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Taubaté (UNITAU), Taubaté, 2019.

AMARAL, Fernanda Vasconcelos; JULIANI, Jordan Paulesky; BETTIO, Raphael Winckler de. Internet das coisas aplicada no ambiente das bibliotecas: uma revisão sistemática da literatura internacional. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 25, p. 80-101, 2021.

AMIGO, R. C. **Modelos de referência para o processo de desenvolvimento de produtos: Novas possibilidades de representação**. 2013. 258f. Escola de Engenharia de São Carlos (USP), p. 258, 2013.

ANDRADE, A. L. L. **Usabilidade de interfaces web: avaliação heurística no jornalismo on-line**. Editora E-papers, 2007.

ARAÚJO, Danilo Dias. **Projeto Mecânico de um Aerogerador Horizontal Tripá**. 2015. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ / Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2015.

ARDUÍNO. **Arduíno UNO Rev. 3**. 2019. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 04 mar. 2022.

ASTM. **ASTM F42/ISO TC 261 Develops Additive Manufacturing Standards**. [S. l.:s. d.]. Disponível em: [https://www.astm.org/COMMIT/F42\\_AMStandardsStructureAndPrimer.pdf](https://www.astm.org/COMMIT/F42_AMStandardsStructureAndPrimer.pdf). Acesso em: 15 jan. 2022.

ATLAS RFID SOLUTIONS (Birmingham). **The beginner's guide to RFID systems**. 2017. Disponível em: <https://www.atlasrfidstore.com/rfid-beginnersguide>. Acesso em: 21 nov. 2021.

AUTO CORE ROBOTICA. **Cartão Tag RFID**. Disponível em: <https://www.autocorerobotica.com.br/cartao-tag-rfid-1356mhz#:~:text=%2D%20Padr%C3%A3o%20ISO%3A%20ISO%2014443%20%2F,x%2054%20x%200%2C9mm>. Acesso em: 27 maio 2022.

BARBOSA, Gibson Belarmino Nunes. **Sistema de Segurança para IoT baseado em agrupamento de Smart Cards gerenciados por FPGA**. 2017. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

BARROS, E.; CAVALCANTE, S. **Introdução aos sistemas embarcados**. Artigo apresentado na Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, p. 36, 2010.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos**. 2ª. ed. São Paulo: Editora Blucher, v. 1, 2000. Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5609792/mod\\_resource/content/2/BAXTER\\_projeto%20de%20produto.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5609792/mod_resource/content/2/BAXTER_projeto%20de%20produto.pdf). Acesso em: 22 out. 2021.

BOYER, STUART A. **SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition**. 2. ed. Durhan: Instrument Society of America, 1999.

BUTTERWORTH, M. **RFID in Singapore**. 1999. Disponível em: <https://www.thefreelibrary.com/RFID+IN+SINGAPORE.-a053980288>. Acesso em 06 maio 2022.

CACCAMI, M. C.; MULLA, M. Y. S.; OCCHIUZZI, C.; DI NATALE, C.; MARROCCO, G. Design and experimentation of a batteryless on-skin RFID graphene-oxide sensor for the monitoring and discrimination of breath anomalies. **IEEE Sens. Journal**, v. 18, p. 8893–8901, 2018.

CAIZZONE, S.; DIGIAMPAOLO, E. Passive RFID Deformation Sensor for Concrete Structures. In: **Proceedings...** 2014 IEEE RFID Technology and Applications Conference (RFID-TA), Tampere, Finland, 8–9 September 2014; pp. 127–130.

CALDARA, M.; NODARI, B.; RE, V.; BONANDRINI, B. Miniaturized and low-power blood pressure telemetry system with RFID interface. **Procedia Eng.** v. 87, p. 344–347, 2014.

CERANTO, F. A. A. **Desenvolvimento de produtos mecânicos de segurança no trabalho para o setor de transmissão de energia**. In: X Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. 2 a 4 de dezembro de 2020, Universidade Federal do Paraná. Disponível em: [https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/08092020\\_160839\\_5f304a2f57a04.pdf](https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/08092020_160839_5f304a2f57a04.pdf). Acesso em: 5 maio 2022.

CHASE, O. **Sistemas embarcados**. Mídia Eletrônica. v. 10, n. 11, p. 13, 2007. Disponível em: [http://www.maxpezzin.com.br/aulas/6\\_EAC\\_Sistemas\\_Embarcados/1\\_SE\\_Introducao.pdf](http://www.maxpezzin.com.br/aulas/6_EAC_Sistemas_Embarcados/1_SE_Introducao.pdf). Acesso em: 29 out. 2021.

CHEN, Yen-Sheng; JIANG, Tong-Yang; LAI, Fei-Peng. Automatic topology generation of 21 bit chipless radio frequency identification tags using a noniterative technique. **IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters**, v. 18, n. 2, p. 293-297, 2018.

CLARK, K. B.; FUGIMOTO, T. **Product Development Performance**. Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry. Boston: Harvard Business School Press, 1991.

COELHO, M. S. **Sistemas Supervisórios**. São Paulo: Instituto Federal Campus Cubatão. 2010.

COSTA, M.A. **Análise das práticas da gestão do processo de desenvolvimento de produtos em empresas de revestimento cerâmico do Polo de Santa Gertrudes-SP**. 2010.157 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - Departamento de PósGraduação em Engenharia de Produção- UFSCar, São Carlos, 2010.

CRIVELATTI, Felipe. **Projeto e execução de um mecanismo de cremalheira/pinhão para impressora 3D**. 2015. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2015.

CUI, L.; ZHANG, Z.; GAO, N.; MENG, Z.; LI, Z. Radio frequency identification and sensing techniques and their applications—A review of the state-of-the-art. *Sensors*, v. 19, n. 18, p. 4012-4019, 2019.

CULMONE, Costanza; SMIT, Gerwin; BREEDVELD, Paul. Additive manufacturing of medical instruments: A state-of-the-art review. *Additive Manufacturing*, v. 27, p. 461-473, 2019.

CUNHA, A. **RFID** – Etiquetas com eletrônica de ponta. embarcados, 2016. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/rfid-etiquetas-com-eletronica-de-ponta/>. Acesso em: 17 set. 2021.

CUNHA, J. L. P.; COIMBRA, M. P. Aplicação da ferramenta de radio frequency identification data–(RFID) no controle e rastreabilidade de bagagens nos aeroportos e companhias aéreas. *Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas*, v. 1, n. 3, p. 13-26, 2021.

DALABONA, G. F.; LINZMAYER, M. proposal of a methodology for the development of mechanical projects focused on micro and small enterprises. 2019. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

DOMINGUES, D. G. **O uso de metáforas na computação**. 2001. 156 f. Dissertação (Mestrado em Comunicação) – Escola de Comunicação e Arte da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27143/tde-06052004-193951/publico/O\\_Uso\\_de\\_Metaforas\\_na\\_Computacao.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27143/tde-06052004-193951/publico/O_Uso_de_Metaforas_na_Computacao.pdf). Acesso em: 15 ago. 2021.

ESPRESSIF. **About Espressif**. 2019. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/company/about-us/who-we-are>. Acesso em: 22 jun. 2021.

ESTUBLIER, J., LEBLANG, D., CLEMM, G., CONRAD, R., TICHY, W., HOEK, A.W. D. **Impact of the research community on the field of software configuration management: summary of an impact project report**. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, v.27 n.5, Setembro, 2002. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/234798397\\_Impact\\_of\\_the\\_research\\_community\\_on\\_the\\_field\\_of\\_software\\_configuration\\_management\\_summary\\_of\\_an\\_impact\\_project\\_repor](https://www.researchgate.net/publication/234798397_Impact_of_the_research_community_on_the_field_of_software_configuration_management_summary_of_an_impact_project_repor). Acesso em: 18 ago. 2021.

FERREIRA, A. J. P. L. **Open Source Software**. Departamento de Engenharia Informática - Coimbra, Portugal. p. 5, 2005. Disponível em: <https://student.dei.uc.pt/~ajfer/CP/CP%20Artigo%20-%20Open%20Source%20Software.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2021.

FINKENZELLER, Klaus. **RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication**. 3. ed. Reino Unido: John Wiley & Sons, 2010. 478 p.

FREITAS, D. T. M. de. **Análise comparativa entre sistemas de controle de versões**.

Trabalho de conclusão de curso em ciência da computação. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2010. Disponível em:

<https://www.ufjf.br/getcomp/files/2013/03/An%C3%A1lise-Comparativa-entre-Sistemas-de-Control-de-Vers%C3%B5es-Daniel-Tannure-Menandro-de-Freitas.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2021.

FREITAS, W. B. **As teorias do caos e da complexidade na gestão estratégica**. São Caetano do Sul: Universidade Municipal de São Caetano do Sul. 2005. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2005.

FURTADO, Thiago Bellotti. **Abordagem híbrida de recomendação de conteúdo baseado em tags adaptativas aplicada em bibliotecas digitais**. 2016. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

GARDAN, Julien. Smart materials in additive manufacturing: state of the art and trends. **Virtual and Physical Prototyping**, v. 14, n. 1, p. 1-18, 2019.

GENEROSO, Daniel João. **Elementos de máquinas**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina-Campos de Araranguá, 2009. Disponível em: [https://professor-marcelo-mota.webnode.com/\\_files/200000007-e4ec8e6e26/Apostila\\_elementos\\_de\\_maquinas.pdf](https://professor-marcelo-mota.webnode.com/_files/200000007-e4ec8e6e26/Apostila_elementos_de_maquinas.pdf). Acesso em: 30 mar. 2022

GOMES, J. F. B.; WILTGEN, F. Avanços na manufatura aditiva em metais: técnicas, materiais e máquinas. **Revista Tecnologia**, v. 41, n. 1, p. 1-16, 2020.

GRZEBIELUCKAS, C. et. al. Instrumento para identificação das necessidades do consumidor no processo de desenvolvimento do design: um estudo ilustrado com o projeto de um automóvel. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 18, n. 2, p.337-350, 2011.

HE, Q.; WU, Y.; FENG, Z.; SUN, C.; FAN, W.; ZHOU, Z.; YANG, J. Triboelectric vibration sensor for a human-machine interface built on ubiquitous surfaces. **Nano Energy**, v. 59, p. 689-696, 2019.

HERNANDEZ, J. M. da C.; CALDAS, M. P. Resistência à mudança: uma revisão crítica. **Revista de Administração de Empresas**, v. 41, n. 2, p. 31-45, 2001.

HESSEL, F. et al. **Implementando RFID na cadeia de negócios: tecnologia a serviço da excelência**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014.

HOLLIFIELD, B. **A High Performance HMI**. ISA Water & Wastewater and Automatic Controls Symposium. Orlando: [s.n.]. 2012.

HUNT, V. D.; PUGLIA, M.; PUGLIA, A. **RFID: A Guide to Radio Frequency Identification**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. 240 p

IBRAHIM, Dragan. **The Complete ESP32 Projects Guide**. 1a. ed. [S.l.]: Elektor Digital, 2017.

IEEE, Std 610.12 - **IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1990.

INOUE, Leonardo Yuji. **Interface IHM para controle e supervisão de entradas e saídas de um CLP via profibus**. 2018. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2018.

JIA, Xiaolin et al. RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT). In **Anais... INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSUMER ELECTRONICS, COMMUNICATIONS AND NETWORKS**, 2., 2012, Yichang. Proceedings.... Yichang: Cecnnet, 2012. p. 1282 - 1285. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6201508>. Acesso em: 21 nov. 2021

JUNG, C. F. Modelos de desenvolvimento de produtos. In: GRIEBELER, M. P. D. **Dicionário de Desenvolvimento Regional Português**. Uruguaiana, RS: Editora Conceito, 2021, p. 590-595.

JURIZATO, L. A.; PEREIRA, P. S. R. **Sistemas supervisórios**. v. 7778, p. 105–114, 2003.  
LIM, S.; SON, D.; KIM, J.; LEE, Y. B.; SONG, J. K.; CHOI, S., et al. Transparent and stretchable interactive human machine interface based on patterned graphene heterostructures. **Advanced Functional Materials**, v. 25, n. 3, p. 375-383, 2015.

KOLBAN, Neil. **Kolban's book on ESP32**. [S.l.]: Leanpub, 2018.

LOUGHBOROUGH UNIVERSITY. **Sheet Lamination**. [S. l.]: Additive Manufacturing Research Group. Disponível em: <https://www.lboro.ac.uk>. Acesso em: 06 jan. 2022.

MACHADO, M. C.; TOLEDO, N. N. **Criação de valor no Processo de Desenvolvimento de Produtos**: Uma avaliação da aplicabilidade dos princípios e práticas enxutas. *Revista Gestão Industrial*, v.2. n.3., p.142-153, 2006.

MAESTRELLI, G. A.; NAPOLEAO, G. S. **Sistema supervisor para monitoramento de energia elétrica residencial**. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

MAGALHÃES MALHONE, M.; FRIGERI, M. A importância do gerenciamento de configuração para o ciclo de vida do software: um estudo de caso baseado nas diretrizes da engenharia de software. **Revista Brasileira em Tecnologia da Informação**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 14 - 23, 2021.

MARWEDEL, Peter. **Embedded System Design**. 2. ed. Dortmund: Springer Publishing, 2011.

MAYHEW, Deborah J. **Principles and Guidelines in Software User Interface Design**. Englewood Cliffs (New Jersey), PTR Prentice Hall. 1992. 619p.

MÉTRAILLER, C.; MUDRY, P. A. ESPECIAL: an embedded systems programming language. In: **Proceedings of the 6th ACM SIGPLAN Symposium on Scala**. 2015. p. 51-55.

MIRA, J. E. **Desenvolvimento de um modelo de neurônio artificial com microcontrolador Wi-Fi autônomo com comunicação M2M para IoT**. 2019. 71 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado Mídia e Tecnologia) – Universidade do Estado de São Paulo, Bauru, 2019.

MOTT, A. **O que são sistemas supervisórios?** Automação Industrial. 2013. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/o-que-sao-sistemas-supervisorios/#comments>. Acesso em: 21/02/2022.

MUNIZ, S.; PLONSKI, G. A. Competitividade e aprendizagem tecnológica e organizacional: um elo indissociável. **Anais... XX ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Bauru, São Paulo, 2000.

MURTA, L. G. P. **Gerência de configuração no desenvolvimento baseado em componentes**. 213p. Tese de Doutorado, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

NASA. **Tests 3D-printed rocket engine fuel injector**. Londres: BBC News, 2013. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/technology-23313921>. Acesso em: 06 jul. 2021.

NORTEL. **RFID: entenda o que é, as aplicações e as vantagens**. (2017). Disponível em: <https://www.nortel.com.br/blog/rfid/>. Acesso em: 07 mar. 2021.

NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas: Uma abordagem integrada**. Porto Alegre: Artmed, 2013

OCLC, Online Computer Library Center. **The Internet of things: 50 billion connected devices and objects by the year 2020**. Next Space, Ohio, n. 24, Jan. 2015. Disponível em: [http://www.oclc.org/content/dam/oclc/publications/newsletters/nextspace/nextspace\\_024.pdf](http://www.oclc.org/content/dam/oclc/publications/newsletters/nextspace/nextspace_024.pdf). Acesso em: 26 set. 2021.

OPREA, A.; BÂRSAN, N.; WEIMAR, U.; BAUERSFELD, M.L.; EBLING, D.; WÖLLENSTEIN, J. Capacitive humidity sensors on flexible RFID labels. **Sensor. Actuat. B-Chem**, v. 132, p. 404–410, 2008.

PAULA, Aline Emidio de. **Projeto mecânico do sistema de transmissão de um veículo Baja**. 2013. 57 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013.

PENIDO, É de C. C; TRINDADE, R. S. **Microcontroladores**. Ouro Preto: IFMG, 2013. 80p. Disponível em: [http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifmg/tecnico\\_automacao\\_industrial/microcontroladores.pdf](http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifmg/tecnico_automacao_industrial/microcontroladores.pdf). Acesso em: 20 set. 2021.

PERGAMUM. **Tecnologia e características gerais**. 2015. Disponível em: <https://www.pergamum.pucpr.br/>. Acesso em: 10 dez. 2021.

PINHEIRO, José Mauricio Santos. **Introdução às Redes de Supervisão e Controle**. 2006. Disponível em:  
[https://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_redes\\_de\\_supervisao\\_e\\_controle.p hp](https://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_redes_de_supervisao_e_controle.p hp).  
Acesso em: 19 de setembro de 2021.

PINTO, B. P. **Desenvolvimento de uma ferramenta baseada em RFID para controle de estoque e controle de movimentações de equipamentos hospitalares**. 2013. 83 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

PONTES, E. R. **Desenvolvimento de experimentos para o ensino de sistemas embarcados**. 2017. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

PRESSMAN, R. S.; MAXIN, B. R. **Engenharia de Software: Uma abordagem profissional**. 7. ed. São Paulo: AMGH Editora Ltda, 2016.

PUJAR, S. M.; SATYANARAYANA, K.V. **Internet of Things and libraries**. *Annals of Library and Information Studies*, v. 62, Sept. 2015, p. 186-190. Disponível em:  
<http://op.niscair.res.in/index.php/ALIS/article/view/9800/>. Acesso em: 20 out. 2021.

QUARESMA DE ALMEIDA, J. G. **Interface Homem-Máquina para instrumentação e controle de ambiência em silos de armazenagem de grãos no contexto da internet das coisas**. 2018. 65 f. Monografia (Graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

REDWOOD, B.; SCHÖFFER, F.; GARRET, B. **The 3D printing handbook – technologies: design and applications**. Amsterdam: 3D Hubs B.V., 2017.

REIS, R. F. **Sistema de integração contínua e automatização de testes voltados ao desenvolvimento de produtos eletrônicos embarcados**. 2020. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Eletrônica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

RENNA, R. B.; CUNHA, T. E. B.; COELHO, T.C. **Tutorial sobre sistema de controle de acesso RFID**. 2014. 21 f. Tutoriais PET-Tele - Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2014.

RONCOLI, A. M.; REGATTIERI, C. R. O impacto de um sistema supervisor no gerenciamento da manutenção: um estudo de caso em uma indústria alimentícia. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 527–538, 2018.

ROSA, A. F. P.; DOS SANTOS, L. N.; ROYER, R. Análise do nível de maturidade do processo de desenvolvimento de produtos: um estudo de caso em uma empresa calçadista. **Brazilian Journal of Production Engineering-BJPE**, v. 8, n. 1, p. 118-130, 2022.

ROSÁRIO, J. M. **Princípios de Mecatrônica**. 1.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 355p.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos - Uma referência para melhoria do processo**. 1º. ed. São Paulo: [s.n.], 2006. 578 p. ISBN 9788502054462.

SÁ, J. G. P. **Construindo uma DSL para reconhecimento de gestos utilizando Kinect**. 2011. 75 f. Monografia (Graduação) – Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011. Cap. 2. Disponível em: <<https://www.cin.ufpe.br/~tg/2011-2/jgps.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2021.

SALGADO, E. G. et al. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 3, p. 344-356, 2009.

SALGADO, E. G. et al. Modelos de referência para desenvolvimento de produtos: classificação, análise e sugestões para pesquisas futuras. **Revista Produção Online**, v. 10, n. 4, p. 886-911, 2010.

SANTINI, Arthur Gambin. **RFID: Conceitos, Aplicabilidades e Impactos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.

SANTOS, Jean Willian; LARA JUNIOR, Renato Capelin de. **Sistema de automatização residencial de baixo custo controlado pelo microcontrolador ESP32 e monitorado via smartphone**. 2019. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

SANTOS, N. B. **Análise do processo de informatização da Biblioteca Central da UFPA**. 2008. 54 p. Monografia (Especialização em Administração de Sistemas de Informação) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1167/1/Monografia\\_An%c3%a1lise%20do%20processo%20de%20informatiza%c3%a7%c3%a3o%20da%20Biblioteca%20Central%20da%20UFPA.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1167/1/Monografia_An%c3%a1lise%20do%20processo%20de%20informatiza%c3%a7%c3%a3o%20da%20Biblioteca%20Central%20da%20UFPA.pdf). Acesso em: 27 out. 2021.

SANTOS, D. P. D. **Projeto mecânico de exoesqueleto robótico para membros inferiores**. 2011. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecatrônica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SHIGLEY, Joseph Edward, Tradução de CARVALHO, Edival Ponciano de. **Elementos de máquinas**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1984.

SIEGLE, J. H.; LÓPEZ, A. C.; PATEL, Y. A.; ABRAMOV, K.; OHAYON, S.; VOIGTS, J. Open Ephys: an open-source, plugin-based platform for multichannel electrophysiology. **Journal of Neural Engineering**, v. 14, n. 4, 045003, 2017.

SILVA, A. P. G.; SALVADOR, M. **O que são sistemas supervisórios?** Disponível em: [http://www.wectrus.com.br/artigos/sist\\_superv.pdf](http://www.wectrus.com.br/artigos/sist_superv.pdf). Acesso em: 15 nov. 2021.

SILVA, J. R. B.; CASILLO, L. A. Desenvolvimento de um sistema supervisor para telemetria de uma bomba de fluidos utilizando java, arduino e express-pcb. **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica**, v. 1, n. 1, p. 146-157, 2019.

SILVA, M. L. et al. Proposta de Quadro de Transferência Automático de baixo custo para Instalações Elétricas de pequeno porte. **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 11, n. 1, p. 26-38, 2018.

SILVA, P. C.; SANTANDREA, R. S.; BRANDÃO, L. C.; XAVIER, M. V. A.; VOLPINI, V. L. Manufatura aditiva: Revisão sistemática da literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 84502-84515, 2020.

SILVA, R. A. **Programando Microcontroladores Pic - Linguagem C**. [S.l.]: Ensino Profissional, 2007.

SILVA, S. L. et al. **Proposição de um modelo para caracterização das conversões do conhecimento no processo de desenvolvimento de produtos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade de São Paulo, São José dos Campos, 2002. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-26092003-163308/publico/SLSilva.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2021.

SOUZA, R. B. **Uma arquitetura para sistemas supervisórios industriais e suas aplicações em processo de elevação artificial do petróleo**. 2005. Disponível em: <ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/RodrigoBS.pdf>. Acesso em: 21/02/2022.

SOUZA, T. L. **Dispositivos inteligentes: o uso do RFID em bibliotecas**. 2019b. 102f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão da Informação e do Conhecimento) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2019a. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/13129>. Acesso em: 30 out. 2021.

SOUZA, Wesley Ricardo De. **Utilização do conceito de internet das coisas associada a tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) na gestão de estoque de facas de corte de uma indústria gráfica**. 2019a. 110 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência da Computação) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, 2019.

STALLMAN, R. **Open Sources: Voices from the Open Source Revolution**. oreilly. 1999. Disponível em: <https://www.oreilly.com/openbook/opensources/book/stallman.html>. Acesso em: 24 out. 2021.

STEFANIDIS, K.; TSAKONAS, G. **Integration of library Services with Internet of Things technologies**. Code4 Lib Journal, v. 30, n. 6, Oct. 15, 2015. Disponível em: [https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/8908/1/code4lib\\_printable.pdf](https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/8908/1/code4lib_printable.pdf). Acesso em: 27 out. 2021.

STEINKE, R. G. **Projeto de uma interface homem-máquina de uma colhedora de grãos com foco em usabilidade**. 2019. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Panambi, 2019.

STEWART, Duncan. **3D printing growth accelerates again: TMT Predictions 2019**. Deloitte, 2019. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/industry/technology/technology-mediaand-telecom-predictions/3d-printing-market.html>. Acesso em: 28 de junho de 2021.

TAKAHASHI, S. & TAKAHASHI, V. P. **Gestão de inovação de produtos: estratégia, processo, organização e conhecimento.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 2007.

TEODORO, M. L. **Desenvolvimento de equipamento semi-automático para destruição de cigarros e destinação sustentável.** 2022. 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Automação) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2022.

ZHANG, J.; TIAN, G. Y.; ZHAO, A. B. Passive RFID sensor systems for crack detection & characterization. **NDT&E International**, v. 86, p. 89–99, 2017.

TURNER, M.; NABER, J. The Development of a RFID Based Mixed Signal ASIC for the Wireless Measurement of Intraocular Pressure. In: **Proceedings...** 2010 18th Biennial University/Government/Industry Micro/Nano Symposium, West Lafayette, IN, USA, 28 June–1 July 2010; pp. 1–4.

TRINDADE, J. M. F.; FISCHER, L. G. **Uma Introdução à Gerência de Configuração de Software.** 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Leonardo-Fischer-3/publication/267948313\\_Uma\\_Introducao\\_a\\_Gerencia\\_de\\_Configuracao\\_de\\_Software/links/5576de4208aeb6d8c01c692d/Uma-Introducao-a-Gerencia-de-Configuracao-de-Software.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Leonardo-Fischer-3/publication/267948313_Uma_Introducao_a_Gerencia_de_Configuracao_de_Software/links/5576de4208aeb6d8c01c692d/Uma-Introducao-a-Gerencia-de-Configuracao-de-Software.pdf). Acesso em: 30 mar. 2022.

VALE, S. **Projeto mecânico:** descubra o que é e como desenvolver. *voitto*, 2021. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/projeto-mecanico>>. Acesso em: 22 out. 2021.

VOLPATO, N. **Manufatura aditiva:** tecnologias e aplicações da impressão 3D. São Paulo: Blucher, 2017.

VON KROGH, G.; SPAETH, S. The open source software phenomenon: Characteristics that promote research. **The Journal of Strategic Information Systems**, v. 16, n. 3, p. 236-253, 2007.

WANG, J.; LIN, M. F.; PARK, S.; LEE, P. S. Deformable conductors for human–machine interface. **Materials Today**, v. 21, n. 5, p. 508-526, 2018.

WANT, R. **An introduction to rfid technology.** IEEE pervasive computing, 2006. IEEE, v. 5, n. 1, p. 25–33, 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/3437143\\_An\\_introduction\\_to\\_RFID\\_technology](https://www.researchgate.net/publication/3437143_An_introduction_to_RFID_technology). Acesso em: 10 Set. 2021.

WHEELWRIGHT, S. C.; CLARCK, K. B. **Revolutionizing product development:** Quantum leaps in speed, efficiency and quality. New York: The Free Press, 1992.

WILTGEN, F. **Protótipos e prototipagem rápida aditiva sua importância no auxílio do desenvolvimento científico e tecnológico.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 10. COBEF, 10. São Carlos, 5-7 ago., 2019. Anais [...]. São Carlos: UFSCar. 2019.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking:** Banish waste and create wealth in your corporation. New York: Simon & Schuster, 1996.

YAKOUT, M, et al. **A review of metal additive manufacturing technologies**. *Solid State Phenomena*, [S. l.], p. 1–14, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.278.1>. Acesso em: 15 jul. 2021.

YAMASHITA, K. et al. Evaluation of surgical instruments with radiofrequency identification tags in the operating room. **Surgical Innovation**, v. 25, n. 4, p. 374-379, 2018.

XIAO, Z.; TAN, X.; CHEN, X.; CHEN, S.; ZHANG, Z.; ZHANG, H.; WANG, J.; HUANG, Y.; ZHANG, P.; ZHENG, L.; et al. An implantable RFID sensor tag toward continuous glucose monitoring. **IEEE J. Biomed. Health**, v. 19, p. 910–919, 2015.

ZARIFI, M. H.; DEIF, S.; DANESHMAND, M. Wireless passive RFID sensor for pipeline integrity monitoring. **Sens. Actuat. A-Phys.** v. 261, p. 24–29, 2017.

3D HUBS. **Metal 3D Printing**: additive manufacturing technologies compared. Amsterdam:3D HUBS, [S. d.]. Disponível em: <https://www.3dhubs.com/guides/metal-3d-printing/#metal-binder-jetting>. Acesso em: 08 jul. 2021.

## ANEXO A - Linguagem de programação utilizado

### A

Linguagem de programação utilizado

```
//RFID - Controle de Acesso com leitor RFID 13.56
//Biblioteca do protocolo SPI
#include <SPI.h>
//Biblioteca do RFID
#include <MFRC522.h>
/-importacao Necessaria para LCD + I2C/
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
//Pinos de definição
#define SS_PIN 10
#define RST_PIN 9
//Cria a instancia do RFID (mfr522)
MFRC522 mfr522(SS_PIN, RST_PIN);
//Aqui colocamos as Tags que desejamos autorizar
String tagsCadastrada[2] = {"24 B4 8B 19", "55 FC F9 0D"};
//-----Objeto do LCD + I2C
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
//Pinos do LED RGB
int ledVermelho =2;
int ledVerde =3;
int ledAzul =4;
//Esta parte do Rele é apenas 1 exemplo de utilidade-----
//neste caso precisaremos de fonte externa para o acionamento-----
//decidi não colocar para não complicar muito o exemplo-----
//basta tirar o comentario para usar-----
//int relay =7;
void setup()
{
  // Inicia a serial
  Serial.begin(9600);
```

```

//Inicia o LCD como 16 linhas e 2 colunas
lcd.begin(16,2);
//inicia a conexão SPI
SPI.begin();
// Inicia MFRC522
mfrc522.PCD_Init();
Serial.println();
//Inicia os pinos do LED RGB como saída
pinMode(ledVermelho, OUTPUT);
pinMode(ledVerde, OUTPUT);
pinMode(ledAzul, OUTPUT);
//Metodo inicial (Menu)
mensageminicial();
//Esta parte do Rele é apenas 1 exemplo de utilidade-----
//neste caso precisaremos de fonte externa para o acionamento-----
//decidi não colocar para não complicar muito o exemplo-----
//basta tirar o comentario para usar-----
//pinMode(relay, OUTPUT);
}
void loop()
{
//Aguarda proximidade do cartão / tag
if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
{
return;
}
//Seleciona o cartão / tag
if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
{
return;
}
//Mostra UID na serial
Serial.print("UID da tag :");
//String que armazenará o UID do cartão

```

```

String conteudo= "";
//variavel que coletará os bytes lidos
byte letra;
//dentro deste FOR, armazena byte a byte e
//concatena na variavel conteudo
for (byte i = 0; i < mfr522.uid.size; i++)
{
    Serial.print(mfr522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
    Serial.print(mfr522.uid.uidByte[i], HEX);
    conteudo.concat(String(mfr522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
    conteudo.concat(String(mfr522.uid.uidByte[i], HEX));
}
Serial.println();
//booleana que valida a tag lida
//como autorizada ou não
boolean tagVerificada = false;
//Limpa o LCD
lcd.clear();
//Seta o cursor para linha e coluna 0
lcd.setCursor(0,0);
Serial.print("Leitura : ");
//coloca o valor da variavel conteudo toda em Maiusculo
conteudo.toUpperCase();
//verifica se a tag lida coincide com uma das tags
//cadastrada no array
for(int indice =0; indice < sizeof(tagsCadastrada); indice++){
    //if (conteudo.substring(1) == "24 B4 8B 19") //UID 1
    if (conteudo.substring(1) == tagsCadastrada[0]) //UID 1
    {
        //Se sim imprime no LCD e na Serial
        Serial.println("Ola Thiago!");
        Serial.println("Acesso Liberado!");
        lcd.print("Ola Thiago!");
        lcd.setCursor(0,1);
    }
}

```

```

lcd.println("Acesso Liberado!");
//tag encontrada
tagVerificada = true;
//este metodo acende o led verde (autorizado)
//e liga o rele
tagValida();
delay(3000);
//Inicia o processo novamente
mensageminicial();
//limpa a String conteudo para fazer nova leitura
conteudo= "";
}
//if (conteudo.substring(1) == "55 FC F9 0D") //UID 1
//verifica se a tag lida coincide com uma das tags
//cadastrada no array
if (conteudo.substring(1) == tagsCadastrada[1]) //UID 1
{
//Se sim imprime no LCD e na Serial
Serial.println("Oi Arduino e Android! ");
Serial.println("Acesso Liberado!");
lcd.print("Oi Arduino e Android!");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.println("Acesso Liberado!");
//tag encontrada
tagVerificada = true;
//este metodo acende o led verde (autorizado)
//e liga o rele
tagValida();
delay(3000);
//Inicia o processo novamente
mensageminicial();
//limpa a String conteudo para fazer nova leitura
conteudo= "";
}

```

```

//caso o conteudo não seja "" e a tag Verificada
//esteja falsa.
//Informa o usuario que não tem acesso
if((tagVerificada == false)&&(conteudo != "")){

    //Se ambas condições forem verdadeira
    //imprime no LCD e na Serial uma mensagem de negação ao usuario
    Serial.println("Usuario Desconhecido! ");
    Serial.println("Acesso Negado!!");
    lcd.print("Usuario Negado!");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.println("Acesso Negado! ");
    //este metodo acende o led vermelho (nãp autorizado)
    //e matem o rele desligado
    tagInvalida();
    delay(3000);
    //Inicia o processo novamente
    mensageminicial();
    //limpa a String conteudo para fazer nova leitura
    conteudo= "";
}
}
}

//Metodo Inicial que informa ao usuario o que deve ser feito
void mensageminicial()
{
    Serial.println();
    Serial.println("Aproxime o seu cartao de leitor");
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Aproxime a sua");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("tag p/ Leitura!");
    digitalWrite(ledAzul,LOW);
}

```

```

digitalWrite(ledVermelho, HIGH);
digitalWrite(ledVerde, HIGH);

//Esta parte do Rele é apenas 1 exemplo de utilidade-----
//neste caso precisaremos de fonte externa para o acionamento-----
//decidi não colocar para não complicar muito o exemplo-----
//basta tirar o comentario para usar-----
//digitalWrite(relay, HIGH);
Serial.println();
}
//Metodo chamado quando a tag é valida e cadastrada
void tagValida()
{
digitalWrite(ledAzul,HIGH);
digitalWrite(ledVermelho, HIGH);
digitalWrite(ledVerde, LOW);
//Esta parte do Rele é apenas 1 exemplo de utilidade-----
//neste caso precisaremos de fonte externa para o acionamento-----
//decidi não colocar para não complicar muito o exemplo-----
//basta tirar o comentario para usar-----
//digitalWrite(relay, LOW);
}
//Metodo chamado quando a tag invalida / desconhecida
void tagInvalida()
{
digitalWrite(ledAzul,HIGH);
digitalWrite(ledVermelho, LOW);
digitalWrite(ledVerde, HIGH);
//Esta parte do Rele é apenas 1 exemplo de utilidade-----
//neste caso precisaremos de fonte externa para o acionamento-----
//decidi não colocar para não complicar muito o exemplo-----
//basta tirar o comentario para usar-----
//digitalWrite(relay, HIGH);
}

```