



Universidade Federal
de Campina Grande



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

LUIS FERNANDO NUNES MARQUES TORRES

DESENVOLVIMENTO DE UM CIRCUITO CONTROLADOR DE ACESSO POR RFID

Campina Grande, Paraíba
2018

LUIS FERNANDO NUNES MARQUES TORRES

DESENVOLVIMENTO DE UM CIRCUITO CONTROLADOR DE ACESSO POR RFID

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de bacharel em Ciências no domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eletrônica

Orientador:

Professor Raimundo Carlos Silveiro Freire, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba
2018

LUIS FERNANDO NUNES MARQUES TORRES

DESENVOLVIMENTO DE UM CIRCUITO CONTROLADOR DE ACESSO POR RFID

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de bacharel em Ciências no domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eletrônica.

Aprovado em: ____ / ____ / _____

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador, UFCG

Professor Raimundo Carlos Silverio Freire, D. Sc.

Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Campina Grande, Paraíba
2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, Aquele que criou todas as coisas e nos concede o dom da vida.

A minha família, em especial a meus pais Fernando e Ilma, meus irmãos Wesley e Jakelline, e a minha avó Maria José, que sempre fizeram o possível para me fornecer o apoio e auxílio que me permitiram chegar a esta etapa da vida. A Maria Helena pelas palavras de incentivo nos momentos difíceis.

A meu orientador, professor Raimundo Carlos Silveiro Freire, pela oportunidade que me deu de realizar o estágio no LIMC, pelos ensinamentos e pelo suporte fornecido junto ao LIMC de todo material necessário para realizar este estágio. Ao meu amigo doutorando Bruno pela paciência e ensinamentos fornecidos durante o estágio e por sempre dar uma ajuda.

A todos os funcionários do DEE, em especial a Tchai e Adail, pela prestatividade e cortesia que demonstraram durante minhas idas à coordenação.

RESUMO

Este relatório tem como objetivo sintetizar os conhecimentos adquiridos e apresentar as atividades realizadas durante o estágio supervisionado realizado no Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científica (LIMC), no período compreendido entre 16 de outubro de 2017 e 09 de março de 2018. As atividades desempenhadas no estágio se concentram na área da eletrônica com o desenvolvimento de um circuito controlador de acesso por identificação por radiofrequência (RFID) com a proposta da implementação de um novo sistema de acesso. As atividades foram divididas em duas etapas: a primeira projetar o circuito e calcular os componentes utilizados e a segunda confeccionar placa circuito impresso.

Palavras-chave: Identificação por radiofrequência, Sistema de acesso.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: NodeMCU ESP8266.....	3
Figura 2: Composição do NodeMCU ESP8266.....	6
Figura 3: SHIELD RFID RC522.....	7
Figura 4: <i>Tag</i> RFID de 13,56 MHz com encapsulamentos diferentes.....	8
Figura 5: Dispositivos conectados ao NodeMCU ESP8266.....	10
Figura 6: Modelo no <i>proto</i> board.....	11
Figura 7: Layout do circuito de controle de acesso por RFID.....	12
Figura 8: Placa impressa do circuito de controle de acesso por RFID.....	12
Figura 9: Componentes soldados na placa de circuito montado.....	13
Figura 10: Produto final do circuito de controle de acesso por RFID.....	13
Figura 11: Planta do LIMC.....	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo entre as placas de desenvolvimento da Espressif e Arduino.	4
Tabela 2: Especificações completas do NodeMCU ESP8266.4.....	4
Tabela 3: Especificações do SHIELD RFID RC522.....	7
Tabela 4: Descrição dos pinos do SHIELD RFID RC522.....	8
Tabela 5: Custos do projeto.....	14

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IoT *Internet of Things*

LIMC Laboratório de instrumentação e Metrologia Científica

RFID *Radio Frequency IDentification.*

UFCG Universidade Federal de Campina Grande

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
2	Apresentação do Laboratório.....	1
3	Objetivo do Estágio	2
3.1	Objetivo Geral.....	2
3.2	Objetivo Específico.....	2
4	Revisão Bibliográfica	3
4.1	NodeMCU ESP8266.....	3
4.2	Identificação Por Rádio Frequência.....	6
4.2.1	Shield RFID RC522.....	6
4.2.2	TAG RFID.....	8
5	Planejamento de Atividades	8
6	Resultado e Discussões.....	9
6.1	Elaboração do circuito	10
6.2	Projeto do circuito impresso	11
6.3	Instalação	14
6.4	Levantamento dos materiais e custos.....	14
7	Considerações finais.....	16
	Referências	17

1 INTRODUÇÃO

No curso de Engenharia Elétrica da UFCG, o estágio é uma disciplina obrigatória para a conclusão do curso e espera-se que os conhecimentos teóricos e práticos possam dar uma boa contribuição ao LIMC, e também seja importante para a formação profissional do futuro engenheiro.

Esse estágio teve como objetivo o projeto e o desenvolvimento de um circuito controlador de acesso ao ambiente do laboratório, pois atualmente não existe nenhum controle da frequência dos usuários, como também, é uma medida preventiva de segurança caso alguém deixe de participar do laboratório. Nesse estágio foi considerado aspectos técnicos e econômicos, onde o sistema projetado deve ter o menor custo possível e atender os requisitos de segurança e qualidade.

2 APRESENTAÇÃO DO LABORATÓRIO

O Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científica tem sede na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no campus sede em Campina Grande, Paraíba. Tem como membros professores, pesquisadores e estudantes de pós-graduação e graduação do Departamento de engenharia elétrica da UFCG, além de importantes colaborações com outros núcleos em institutos nacionais.

O LIMC surgiu em 1997, e atualmente é coordenado pelo professor Raimundo Carlos Silvério Freire, orientador deste estágio, e Jalberth Fernandes de Araújo, supervisor deste estágio. O laboratório possui atividades em eletrônica e microeletrônica tanto em ensino quanto em pesquisa. Dentre essas atividades, temos os seguintes grupos e linhas de pesquisa:

- Instrumentação eletrônica;
- Instrumentação para alta tensão;
- Instrumentação Biométrica;
- Sensores Termorresistivos;

- Processamento de Sinais de Sensores;
- Sistema de aquisição e transmissão de dados;
- Concepção de circuitos integrados;
- Conversores A/D e D/A;
- Computação e informação quântica;
- Redes de sensores sem fio;
- RFID;
- Sistemas inteligentes;
- Robótica;
- Reabilitação sensorial;
- Técnicas das oscilações forçadas.

3 OBJETIVO DO ESTÁGIO

3.1 OBJETIVO GERAL

- Melhorar e modernizar o acesso ao laboratório.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Desenvolver o módulo de leitura e controle, utilizando o acesso por RFID;
- Instalação do módulo de acesso e fechadura nas portas;
- Possibilitar o registro da frequência dos alunos.

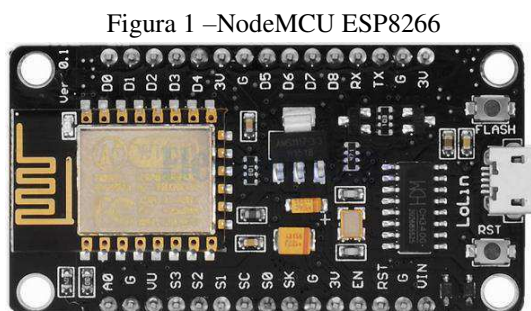
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em se tratando de um estágio cujas atividades tem por objetivo o desenvolvimento de um produto, no caso um circuito controlador de acesso com RFID, faz-se necessário observar na bibliografia, alguns componentes utilizados, bem como suas vantagens e desvantagens.

4.1 NODEMCU ESP8266

O microcontrolador ESP8266 fabricado pela Espressif, possui um microprocessador Tensilica L106, de 32 bits, operando com frequência padrão de 80 MHz, podendo chegar a 160 MHz. Possui suporte embutido a WiFi (802.11) e memória flash de 4 MB. A tensão nominal de operação é 3,3 V e apresenta uma corrente de consumo baixo, na ordem de 170 mA quando operando pacotes do protocolo WiFi. Apresenta alguns modos configuráveis de consumo de energia, fazendo com que a corrente de operação atinja 20 μ A no modo *sleep*.

Segundo [3], o NodeMCU é uma plataforma *open source* da família ESP8266 criado para ser utilizado no desenvolvimento de projetos de internet das coisas (do inglês, *Internet of Things – IoT*). Esta placa foi iniciada em 2014 e é bem interessante, pois ao contrário de alguns módulos desta família que necessitam de um conversor USB serial externo para que haja troca de informações entre computador e o módulo, o NodeMCU já vem com um conversor USB serial integrado, ele vem também com um regulador de tensão de 5 V para 3,3 V e tratamento de capacitâncias parasitas, de forma a criar um ambiente de desenvolvimento muito parecido com as placas Arduino®.



Fonte: MasterWalker, Eletronic Shop, Adaptada.

Contudo, uma comparação feita em 28 de fevereiro de 2018 por [5] entre o NodeMCU com o Arduino Due, que apresenta características semelhantes, percebemos na tabela 1 que o NodeMCU é uma placa bastante versátil, com bom custo-benefício e configurações adequadas para a maioria dos projetos em IoT.

Tabela 1: Comparativo entre as placas de desenvolvimento da Espressif e Arduino.

Características	NodeMCU	Arduino Due
Tensão de operação	3,3 V (digital)/ 1 V (analógico)	3,3 V
Frequência de operação	80 MHz/ 160 MHz	84 MHz
Processador	32 bits (Tensilica)	32 bits (ARM)
Microcontrolador	ESP8266	AT91SAM3X8E
Memória <i>Flash</i>	4 MB	512 kB
Portas Digitais de E/S	11	54
Módulo <i>Wireless</i>	<i>WiFi</i>	Nenhum
Módulo ADC	1 canal, 10 bits	12 canais, 12 bits
Módulo DAC	Nenhum	2 canais, 12 bits
Preço	US\$ 8,20	US\$ 49,95

Fonte: (ESPRESSIF, 2018) e (ARDUINO, 2018).

Vale ressaltar que o NodeMCU ESP8266 além de ser programado em LUA (linguagem de programação desenvolvida no Brasil), C, C++ e Python, também é compatível com o ambiente de programação (IDE) do Arduino.

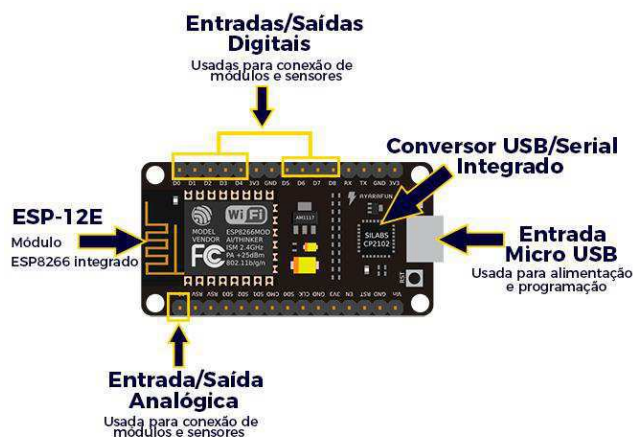
As especificações técnicas completas do NodeMCU ESP8266 encontram-se listadas na tabela 2, e na figura 2 a sua estrutura.

Tabela 2 – Especificações completas do NodeMCU ESP8266.

i. Modelo: NodeMCU v3 Lolin
ii. Processador(Controlador) ESP8266-12E
iii. Arquitetura RISC de 32 bits
iv. 4Mb de memória flash
v. 64Kb para instruções

vi. 96Kb para dados
vii. WiFi nativo padrão 802.11b/g/n
viii. Opera em modo AP, <i>Station</i> ou AP + <i>Station</i>
ix. Pode ser alimentada com 5VDC através do conector micro USB– Possui 11 pinos digitais (GPIO)
x. Possui 1 pino analógico com resolução de 10 bits
xi. Pinos digitais, exceto o D0 possuem interrupção, PWM, I2C e one wire
xii. Pinos operam em nível lógico de 3.3V
xiii. Pinos não tolerantes a 5V
xiv. Possui conversor USB Serial integrado
xv. Programável via USB ou WiFi (OTA)
xvi. Compatível com a IDE do Arduino
xvii. Compatível com módulos e sensores utilizados no Arduino
xviii. Tensão de operação: 4,5 V – 9 VDC
xix. Corrente de operação :270 mA
xx. Processador pode operar em 80MHz / 160MHz
xxi. Entrada analógica (ADC): 1 (limitado a 1,8V)
xxii. GPIO: função PWM, I2C e SPI
xxiii. Pinos UART: 2
xxiv. Potência de saída: +20dBm no modo 802.11b
xxv. Antena embutida
xxvi. Conexão micro USB (alimentação e programação)
xxvii. Suporta alimentação externa através do pino VIN
xxviii. Alcance: ~90m
xxix. Taxa de dados: 110 - 460800bps
xxx. Processador: Arm 32 bits
xxxi. Comunicação: TCP IP
xxxii. Criptografia: WEP, WPA, TKIP, AES
xxxiii. Modo de operação: STA / AP / STA+AP
xxxiv. Dimensões: 25mm(L) X 19mm(A) X 49mm(C)
xxxv. Peso: 8g

Figura 2 – Composição do NodeMCU ESP8266.



Fonte: MasterWalker, Eletronic Shop.

Os pontos que levaram a escolha do microcontrolador NodeMCU ESP8266 foram o seu suporte integrado a redes WiFi, tamanho reduzido e seu baixo consumo de energia.

4.2 IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA

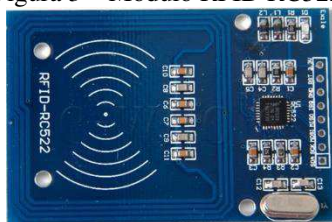
A identificação por radiofrequência (do inglês, *Radio Frequency IDentification - RFID*) é uma tecnologia que utiliza sinais de rádio para leitura e gravação de dados.

A forma mais comum de utilização do RFID é na identificação de produtos, onde uma etiqueta pode conter informações como código do produto, procedência, data de validade, fabricante, etc., mas a sua utilização não se restringe a isso. Podemos usar etiquetas RFID em animais para fins de rastreamento, em veículos no conhecido sistema Sem Parar, em passaportes, rastreamento de cargas, controle de acesso e em várias outras aplicações. Os componentes RFID utilizados foram o módulo de leitura/escrita módulo RFID RC522 e a etiqueta RFID.

4.2.1 MÓDULO RFID RC522

Como a tecnologia de controle de leitura das etiquetas foi baseada na plataforma NodeMCU ESP8266, um módulo que suporta a leitura de etiqueta que operam na frequência 13,56 MHz foi escolhido. Este chip, de baixo consumo e pequeno tamanho, permite sem contato ler e escrever em cartões. Este módulo está ilustrado na figura 3.

Figura 3 – Módulo RFID RC522.



Fonte: Clube do Hardware, Fóruns.

As especificações técnicas deste módulo encontram-se listadas na tabela 3 e a descrição dos pinos estão listadas na tabela 4.

Tabela 3 – Especificações do Módulo RFID RC522.

i. Baseado no chip MFRC522
ii. Consumo em funcionamento: 13 - 26mA / CC 3.3V
iii. Consumo em inatividade: 10 - 13mA / CC 3.3V
iv. Consumo em modo <i>sleep</i> : < 80uA
v. Pico de corrente: < 30mA
vi. Frequência de funcionamento: 13,56MHz
vii. Faixa de leitura: 0 a 60 mm (Cartão Mifare1)
viii. Interface: SPI
ix. Taxa de transferência de dados: 10Mbit/s máximo
x. Cartões suportados: Mifare1 S50, S70 Mifare1 MIFARE <i>Ultralight</i> , Mifare Pro, MIFARE DESFire
xi. Dimensões: 40 milímetros × 60 milímetros
xii. Temperatura de operação: -20 a 80 graus Celsius
xiii. Temperatura de armazenamento: -40 a 85 graus Celsius
xiv. Umidade: 5% a 95% de umidade relativa

Fonte: Retirado de [9].

Tabela 4 – Descrição dos pinos do módulo RFID RC522.

Pinos do shield	Descrição
RST	Reset
SDA	I2C - entrada / saída de linha de dados em série do barramento
MOSI	Entrada de dados
MISO	Saída de dados
SCK	<i>Clock</i>
+3.3 v	Vcc
GND	Terra
IRQ	Saída do pedido de interrupção

Fonte: Retirado de [3].

4.2.2 ETIQUETA RFID

Para o projeto foi escolhido uma etiqueta que opera utilizando o sistema *Near-Field*, e que operam em uma frequência de 13,56 MHz, definidas no padrão ISO/IEC 14443 A/MIFARE. A figura 4 ilustra algumas opções de *tag*.

Figura 4 – Etiqueta RFID de 13,56 MHz com encapsulamentos diferentes.



Fonte: Retirado de [9].

5 PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES

O estágio foi proposto para cumprir diversas etapas a um projeto de eletrônica, as quais estão resumidas nos itens abaixo:

1. Elaborar o circuito relacionado ao projeto;
2. Pesquisa dos materiais;
3. Custos;
4. Projetar placa de circuito impresso;
5. Fazer testes e validação do circuito;
6. Instalação.

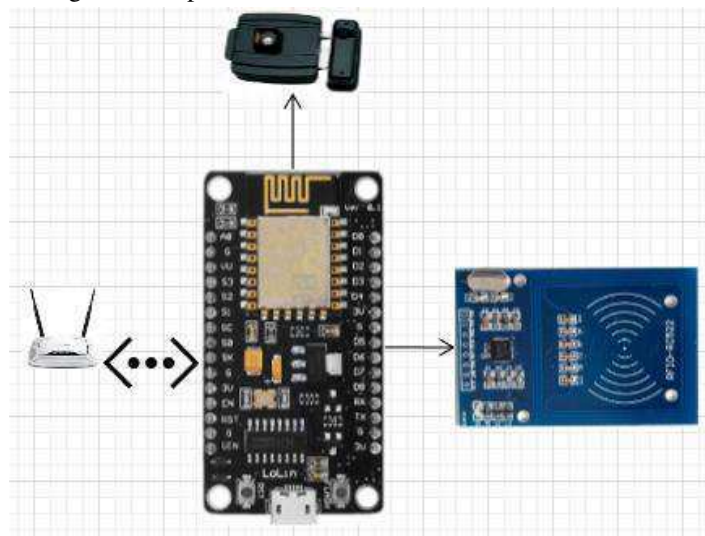
Esses tópicos foram considerados essenciais para a realização do projeto do circuito controlador de acesso, a partir de uma análise das necessidades do laboratório e dos recursos disponíveis.

6 RESULTADO E DISCUSSÕES

Esse sistema funciona com uma etiqueta com um chip, que pode ser um cartão ou um chaveiro. Por meio da identificação dos dados desta *tag*, é possível fazer o controle de acesso, que é um método bastante utilizado em registros de pontos de funcionários, transporte público, bibliotecas, entre outros.

O objetivo é criar um circuito controlador de acesso por RFID, que tenha possibilidade de se conectar com a rede a Internet e com o banco de dados onde será armazenado todos os dados das pessoas cadastradas no laboratório, porém este trabalho se limita ao desenvolvimento do circuito que controla a fechadura. Uma das razões de ter escolhido o controlador NodeMCU ESP8266 foi o fato dele ter o protocolo de comunicação *WiFi* 802.11 e seu baixo custo comparado a outros controladores, como o Arduino. Uma ideia geral dos dispositivos que estão ligados ao NodeMCU ESP8266, está representado na figura 5.

Figura 5: Dispositivos conectados ao NodeMCU ESP8266.



Fonte: Próprio autor.

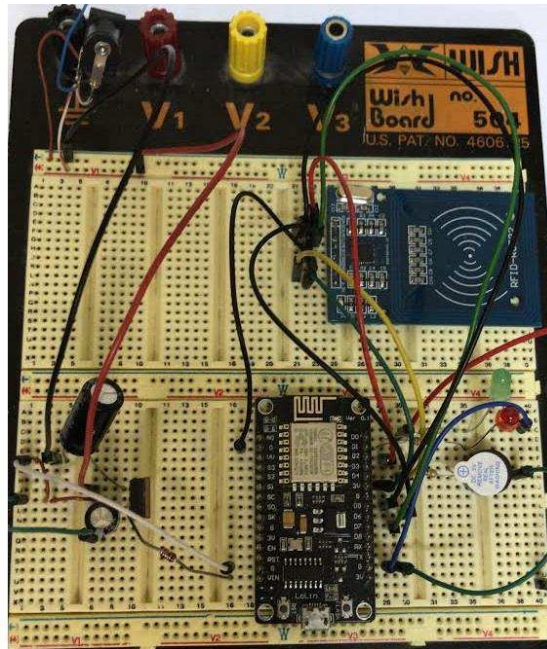
A elaboração do projeto está dividida nas seguintes etapas:

6.1 ELABORAÇÃO DO CIRCUITO

O circuito é composto basicamente de um leitor RC522, NodeMCU ESP8266, um regulador de tensão LM7806, um transistor TIP31C para ativar a fechadura, LED, Buzzer, Capacitores de 1000 μ F e 470 μ F, diodo 1N4148, Resistor de 15 Ω , 150 Ω e 220 Ω , conector macho e fêmea, fonte de 12 V com 2,5 A, conector *jack* P4 e uma fechadura elétrica stam de 12V. O funcionamento do sistema se dá quando se aproxima o cartão do leitor RC522, que emite um sinal de radiofrequência. A etiqueta energizada, que é o cartão, modula as informações gravadas em sua memória e envia esses dados ao leitor. O leitor do RFID recebe as informações enviadas pela etiqueta, decodifica e envia os dados ao servidor para ser validado ou não o acesso.

Inicialmente, montou-se um modelo no *protoboard* para verificar a comunicação entre o NodeMCU ESP8266 e o leitor RC522, com o objetivo de realizar alguns testes em seu protocolo de comunicação. A montagem desse teste está representada na figura 6.

Figura 6 – Modelo no *protoboard*.

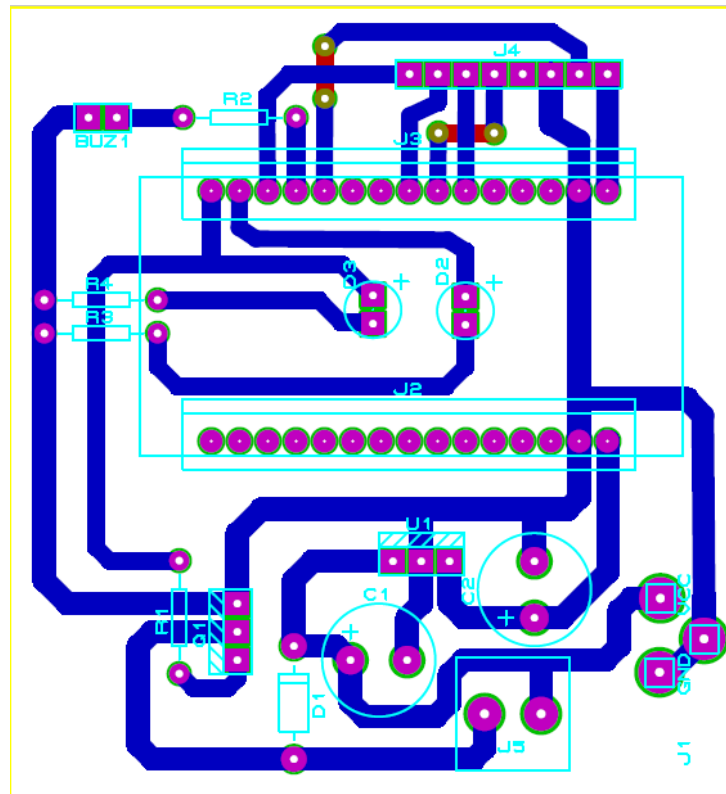


Fonte: Próprio Autor.

6.2 PROJETO DO CIRCUITO IMPRESSO

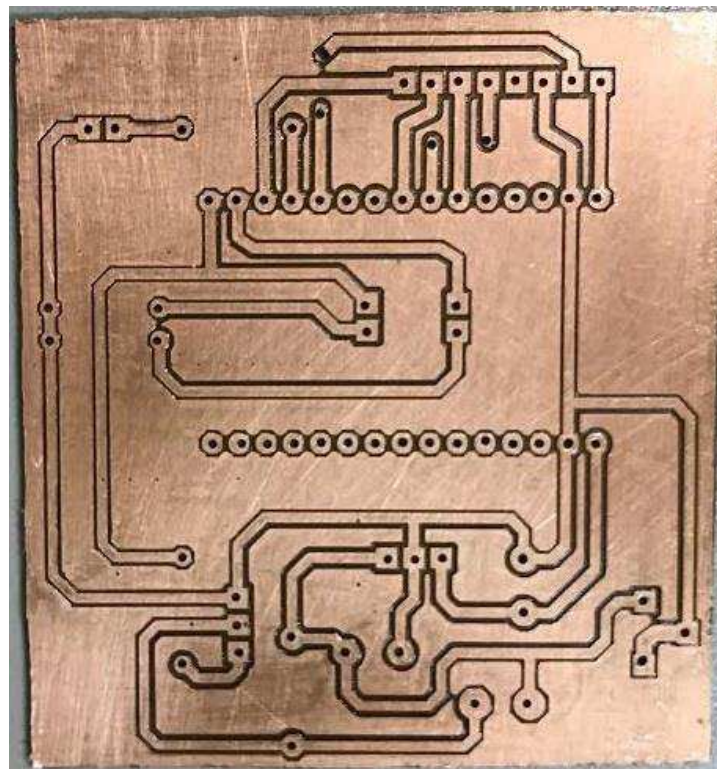
Após a montagem para teste no *proto-board*, desenvolveu-se o *layout* da placa e as atividades de fabricação das mesmas, incluindo a soldagem dos componentes e a realização dos devidos testes. O *layout* e a placa impressa, feita no próprio LIMC, do circuito de controle de acesso pode ser visto nas figuras 7 e 8, respectivamente:

Figura 7 – Layout do circuito de controle de acesso por RFID.



Fonte: Próprio autor.

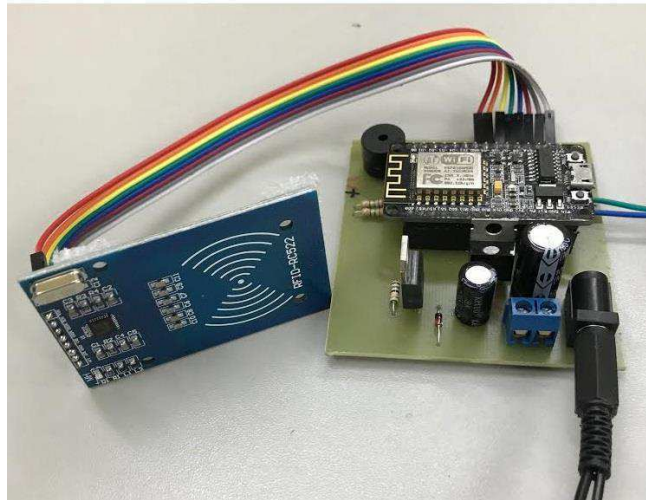
Figura 8 – Placa impressa do circuito de controle de acesso por RFID.



Fonte: Próprio autor.

Após os projetos de *layout* das placas, vieram as atividades de fabricação das mesmas, incluindo a soldagem dos componentes e a realização dos devidos testes. A placa do circuito desenvolvido pode ser representada na figura 9.

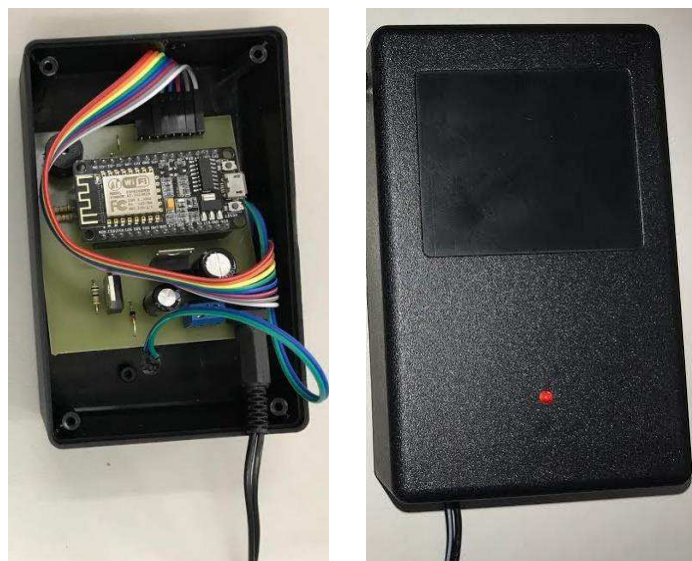
Figura 9 – Componentes soldados na placa de circuito montado.



Fonte: Próprio autor.

A ligação com o leitor RC522 foi feita com um *jumper* devido ao tamanho da caixa da montagem (7,5 cm x 11,5 cm), para que possa ser feito ajustes necessários para alocar todo o circuito dentro da caixa. O produto final do circuito controlador de acesso por RFID está representado na figura 10.

Figura 10 – Produto final do circuito de controle de acesso por RFID.

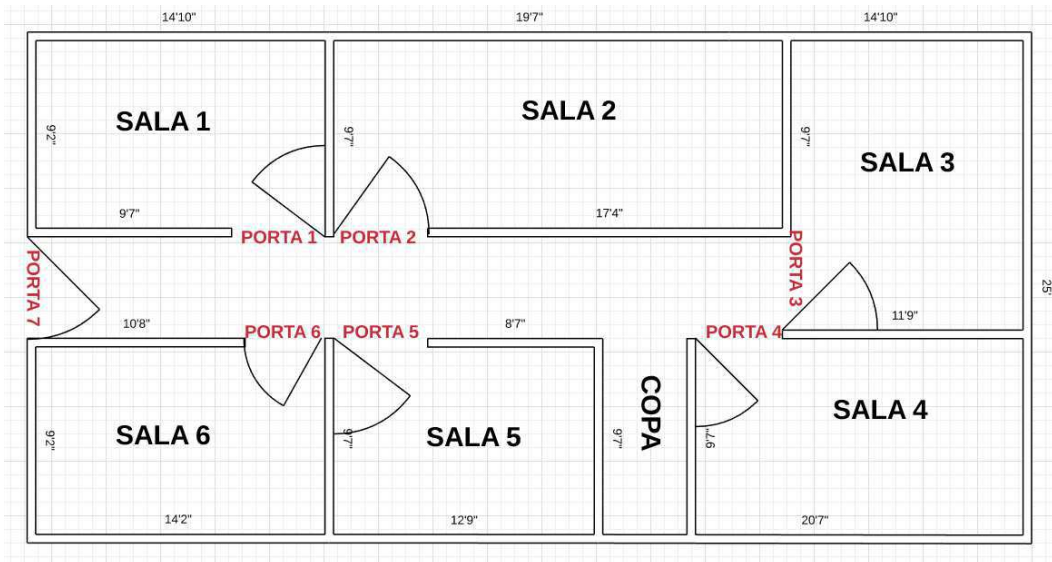


Fonte: Próprio autor.

6.3 INSTALAÇÃO

A instalação será feita em cada porta do laboratório, que tem uma distribuição de 6 salas e uma entrada principal. Cada porta deve receber um circuito de controle e cada aluno deve receber um cartão de acesso.

Figura 11 – Planta do LIMC.



Fonte: Próprio autor.

6.4 PESQUISA DOS MATERIAIS E CUSTOS

A tabela 5 apresenta faz uma análise do custo geral com a implantação do projeto.

Tabela 5: Custos do projeto.

	MATERIAL	PREÇO (R\$)	QUANTIDADE POR MONTAGEM	QUANTIDADE TOTAL	TOTAL (R\$)
1	NodeMCU ESP8266	R\$ 34,30	1	7	R\$ 240,00
2	SHIELD RFID RC522	R\$ 29,90	1	7	R\$ 205,10
3	Caixa para Montagem	R\$ 18,53	1	7	R\$ 129,71
4	TIP31C	R\$ 1,00	1	7	R\$ 7,00
5	Lm7805	R\$ 1,00	1	7	R\$ 7,00
6	Resistor 15 Ω	R\$ 0,15	1	7	R\$1,05

7	Resistor 150 Ω	R\$ 0,15	2	14	R\$2,10
8	Resistor 220 Ω	R\$ 0,15	1	7	R\$1,05
9	LED	R\$ 0,10	1	7	R\$ 0,70
10	Buzzer	R\$ 2,90	1	7	R\$ 20,30
11	Fonte 12 V	R\$28,00	1	7	R\$ 196,00
12	Barra de pinos	R\$ 1,90	1	7	R\$ 13,30
13	Jumper Fio	R\$ 16,00	1	1	R\$ 16,00
14	Diodo 1N4148	R\$ 0,20	1	7	R\$ 1,40
15	Conector Jack P4	R\$1,90	1	7	R\$13,30
16	Capacitor 1000 μ F	R\$1,00	1	7	R\$ 7,00
17	Capacitor 470 μ F	R\$ 0,50	1	7	R\$ 4,50
18	Fechadura elétrica	R\$ 115,00	1	7	R\$ 805,00
19	Conector Borne KRE 2 vias	R\$ 0,90	1	7	R\$ 6,30
TOTAL (R\$):		R\$ 251,86	TOTAL (R\$):		R\$ 1676,81

Fonte: Próprio autor.

Portanto, para realizar todo o projeto temos um custo considerável, que comparado ao preço de outro sistema parecido com o que foi feito, custa aproximadamente R\$ 300,00 por porta, ainda assim se torna viável. Vale lembrar que os leitores comerciais não vêm com a fechadura e no projeto feito do estágio o custo por unidade já vem com o valor da fechadura.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as atividades realizadas durante o estágio, incluindo as simulações, montagens, elaboração de relatório, projeto de *layout*, entre outras, foram importantíssimas no desenvolvimento do aluno, pois a possibilidade de ter adquirido experiência e realizado atividades tanto na teoria quanto na prática foi um aspecto muito positivo do estágio especialmente no âmbito de projetos.

O estágio é o momento em que o aluno confronta os conhecimentos adquiridos na universidade com a prática e as atividades requeridas pela área de atuação. Sob esse aspecto, é possível afirmar que as atividades desenvolvidas tanto ratificaram como necessitaram dos conhecimentos adquiridos no decorrer do curso.

A sequência de procedimentos adotados – iniciando-se com revisão bibliográfica sobre os dispositivos utilizados, partindo para a montagem e simulação dos circuitos – foram bastante estratégicas e geraram resultados bastante satisfatórios.

REFERÊNCIAS

- [1] NodMCU, **MasterWlaker Eletronic shop**. Disponível em: <<http://blogmasterwalkershop.com.br/nodemcu/nodemcu-uma-plataforma-com-caracteristicas-singulares-para-o-seu-projeto-iot/>>. Acesso em: 27 out. 2017.
- [2] NodMCU v3, **MasterWlaker Eletronic shop**. Disponível em: <<https://www.masterwalkershop.com.br/nodemcu-v3-lolin-wifi-esp8266-esp-12e>>. Acesso em: 27 out. 2017.
- [3] OLIVEIRA, Sérgio de, **Internet das coisas com Esp8266, Arduíno e Raspberry PI**. 1. Ed. Novatec, 2017.
- [4] NodMCU V3, **IOT MiniLab**. Disponível em : <<https://iotminilab.blogspot.com.br/2016/07/sensor-de-luminosidade-analogico-mini.html>>. Acesso em: 01 de Nov. 2017.
- [5] H. Albuquerque, “ Modelo matemático da curva de calibração de um sensor de vazão aplicado ao contexto da indústria 4.0”. Dissertação. Universidade Federal de Campina Grande, 2018.
- [6] ARDUINO. Arduino Due. **Arduino.cc**, 2018. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-due>>. Acesso em: 28 fevereiro 2018.
- [7] ESPRESSIF. ESP8266, 2018. Disponível em: <<https://www.espressif.com/products/hardware/esp8266ex/overview/>>. Acesso em: 28 fevereiro 2018.
- [8] INDIA MART. ESP8266 -12E WiFi Module. **IndiaMart**, 2018. Disponível em: <<https://www.indiamart.com/proddetail/esp8266-12e-wifi-module-16469774997.html>>. Acesso em: 28 fevereiro 2018.
- [9] BYTEFLOP, Componentes eletrônicos. Disponível em: <<https://www.byteflop.com.br/modulo-leitor-rfid-rc522>>. Acesso em 28 de fevereiro de 2018