



UFMT

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
DESENVOLVIMENTO DE UMA MINIESTAÇÃO  
AGROMETEREOLÓGICA BASEADA NO MÓDULO  
ESP8266**

**WELLINGTON SALES EUGÊNIO SANTOS**

**CUIABÁ - MT**

2017



UFMT

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
DESENVOLVIMENTO DE UMA MINIESTAÇÃO  
AGROMETEREOLÓGICA BASEADA NO MÓDULO  
ESP8266**

**WELLINGTON SALES EUGÊNIO SANTOS**

**Orientador:** Prof. Dr. Maurício Fernando Lima Pereira

Relatório de estágio apresentado ao Curso de  
Ciência da Computação, do Instituto de Compu-  
tação da Universidade Federal de Mato Grosso,  
como requisito para obtenção do título de Ba-  
charel em Ciência da Computação

**CUIABÁ - MT**

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**Título:** RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
DESENVOLVIMENTO DE UMA MINIESTAÇÃO  
AGROMETEREOLÓGICA BASEADA NO MÓDULO ESP8266

**Autor:** Wellington Sales Eugênio Santos

Trabalho aprovado em 27 de abril de 2016.

Comissão examinadora:

---

**Prof. Dr. Maurício Fernando Lima Pereira**  
Orientador

---

**Prof. Dr. Roberto Benedito de O. Pereira**  
Supervisor

---

**Prof. Ms. Nilton Hideki Takagi**  
Instituto de Computação - UFMT

---

**Prof. Dr. Elmo Batista de Faria**  
Instituto de Computação - UFMT

*Este trabalho é dedicado aos meus pais, irmãos,  
à minha namorada, e a todos que sempre me  
apoiaram em toda a trajetória percorrida pra  
chegar até aqui.*

---

# AGRADECIMENTOS

---

A Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais, Rosilene Castro e Leopoldino Silveira, por todo apoio e amor incondicional.

Aos meus irmãos Wendrio e Renan, por serem os melhores irmãos que alguém pode ter.

Aos professores Dr.Maurício F.L. Pereira e Dr.Roberto B.O. Pereira, que se tornaram grandes amigos e exemplos de dedicação ao próximo como multiplicadores do conhecimento, agradeço pela orientação e supervisão do trabalho desenvolvido.

Ao Professor da FAMEV Aloisio Bianchini pelas colaborações técnicas relacionadas à agricultura.

E a todos os outros professores do Instituto de Computação, em especial aos professores, Elmo Faria por todo apoio durante a realização deste trabalho, Nilton Takagi pela metodologia empregada em sala de aula tornando a sempre empolgante, Nielsen Simões, Andréia Bonfante, Claudia Martins, Josiel Maimone, Raul Teruel, Nelcilen Araújo e Cristiano Maciel.

A todos os amigos, colegas e familiares que me acompanharam durante toda a vida pessoal e acadêmica.

Ao Grupo de Pesquisa CAP pela oportunidade de fazer parte e me ajudar a desenvolver novos conhecimentos na área de computação embarcada.

Agradeço a minha namorada Janaine Cassol, que por todos os dias desde que nos conhecemos sempre me deu forças pra continuar em tudo que me proponho a fazer. Agradeço pelos sonhos, planos e momentos de diversões divididos juntos, e claro por toda a paciência comigo durante esse período final da graduação. Obrigado amor pelo incentivo, com certeza com a sua ajuda tudo se tornou mais fácil.

Um agradecimento especial aos técnicos do Instituto de Computação, em especial a Ieda Martins e Cesar Guarienti. E às tias da limpeza.

Meus sinceros agradecimentos à fabricante de componentes eletrônicos *Texas Instruments*<sup>1</sup>, pelo apoio em forma de fornecimento gratuito de componentes que fizeram parte do estudo para o desenvolvimento do trabalho.

E a todos que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui.

Gostaria de prestar agradecimentos à FAPEMAT (Processo 749775/2011) pelo apoio ao projeto.

---

<sup>1</sup> A Texas Instruments é uma empresa estado-unidense que desenvolve e fabrica semicondutores para fabricantes de eletrônicos. É líder no mercado na produção de DSPs, microcontroladores e conversores. A TI está sediada em Dallas, nos Estados Unidos.

*De tudo, ficaram três coisas:  
A certeza de que estamos sempre começando...  
A certeza de que precisamos continuar...  
A certeza de que seremos interrompidos antes de terminar...*

*Portanto devemos:  
Fazer da interrupção um caminho novo...  
Da queda um passo de dança...  
Do medo, uma escada...  
Do sonho, uma ponte...  
Da procura, um encontro...*

**Fernando Pessoa**

# RESUMO

Este trabalho aborda o desenvolvimento do hardware de uma miniestação agrometeorológica baseada na plataforma inteligente de conectividade ESP8266 para monitoramento de dados colhidos por sensores conectados a ela e transmissão dessas informações através de redes sem fio. Os dados monitorados pela miniestação são a umidade relativa e temperatura do ambiente, temperatura do solo, índice de radiação UV, precipitação, luminosidade, dentre outros que são extremamente importantes para o planejamento e execução das práticas agrícolas e ampliação das técnicas de agricultura de precisão. O trabalho também valida um módulo sensor de intensidade pluviométrica, usado para mensurar a quantidade de chuva incidente no período em que ocorre a precipitação. A miniestação foi validada utilizando o firmware desenvolvido por (NETO, 2016) em seu trabalho de conclusão de curso que utiliza a miniestação desenvolvida neste trabalho. Os dados monitorados são salvos em um cartão SD e paralelamente também enviados para um servidor, através de redes sem fio. A miniestação foi construída de forma a minimizar o consumo de energia, um dos seus pré-requisitos, uma vez que pretende-se implantá-la em campo, onde existe dificuldade em se ter uma fonte constante de energia. Além disso, considerou-se que ela deveria ser robusta o suficiente para suportar as variações climáticas. Pensando nisso, a acomodação da miniestação se deu utilizando uma caixa plástica rígida com um encaixe nas bordas, que a veda completamente ao ser tampada, evitando a entrada de água ou poeira. Os resultados mostraram que a estação construída, por utilizar um moderno e econômico microcontrolador, tem baixo consumo, baixo custo e permite a conexão de novos sensores através de entradas que utilizam o barramento I2C e finalmente possibilitam a utilização de transmissão sem fio através do padrão IEEE 802.11.

**Palavras chave:** miniestação agrometeorológica. esp8266. sistemas embarcados. agricultura de precisão.

# SUMÁRIO

|         |   |           |
|---------|---|-----------|
|         | <b>1 INTRODUÇÃO</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1     | <b>Justificativa</b>  | <b>2</b>  |
| 1.2     | <b>Objetivos Gerais</b>   | <b>2</b>  |
| 1.3     | <b>Objetivos Específicos</b>  | <b>2</b>  |
| 1.4     | <b>Organização do trabalho</b>  | <b>3</b>  |
|         | <b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1     | <b>Sistemas Embarcados</b>  | <b>4</b>  |
| 2.2     | <b>Agricultura de Precisão</b>  | <b>5</b>  |
| 2.3     | <b>Sensores</b>   | <b>5</b>  |
| 2.4     | <b>Precipitação</b>   | <b>6</b>  |
| 2.5     | <b>Pluviógrafo</b>  | <b>6</b>  |
| 2.6     | <b>Arduino</b>  | <b>6</b>  |
| 2.7     | <b>ESP8266</b>  | <b>7</b>  |
| 2.7.1   | <b>Barramento I2C</b>   | <b>9</b>  |
|         | <b>3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO</b>  | <b>12</b> |
| 3.1     | <b>Metodologia para construção do sistema</b>                                 | <b>12</b> |
| 3.1.1   | <b>Hardware</b>   | <b>12</b> |
| 3.1.2   | <b>Levantamento de Requisitos</b>   | <b>13</b> |
| 3.1.3   | <b>Componentes selecionados</b>   | <b>14</b> |
| 3.1.3.1 | <b>Sensor de temperatura DS18B20</b>  | <b>14</b> |
| 3.1.3.2 | <b>Sensor de temperatura e umidade DHT22</b>                                  | <b>16</b> |
| 3.1.3.3 | <b>Relógio de tempo real DS3231</b>   | <b>16</b> |
| 3.1.3.4 | <b>Conversor analógico/digital ADS1115</b>                                    | <b>17</b> |
| 3.1.3.5 | <b>ATtiny85</b>   | <b>18</b> |
| 3.1.4   | <b>Hardware da placa principal - miniestação</b>                              | <b>19</b> |
| 3.1.5   | <b>Hardware da placa do pluviógrafo</b>                                       | <b>21</b> |
| 3.1.6   | <b>Disponibilidade de conexão de novos sensores seguindo o barramento I2C</b> | <b>22</b> |
| 3.1.7   | <b>Firmware da miniestação</b>  | <b>23</b> |
| 3.1.8   | <b>Firmware do módulo sensor pluviógrafo</b>                                  | <b>24</b> |
|         | <b>4 RESULTADOS</b>   | <b>25</b> |
| 4.1     | <b>Confecções das placas e montagem do equipamento</b>                        | <b>25</b> |
| 4.1.1   | <b>Da placa da miniestação</b>  | <b>26</b> |

|       |  |           |
|-------|--|-----------|
| 4.1.2 | Módulo do Pluviógrafo . . . . .                | 30        |
|       | <b>5 CONCLUSÕES . . . . .</b>                  | <b>32</b> |
| 5.1   | <b>Dificuldades encontradas . . . . .</b>      | <b>33</b> |
| 5.2   | <b>Sugestões e trabalhos futuros . . . . .</b> | <b>33</b> |
|       | <b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>                   | <b>35</b> |

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Pluviógrafo Basculante . . . . .  | 6  |
| Figura 2 – Arduino Uno . . . . .   | 7  |
| Figura 3 – Sensores com Arduino enviando dados via esp8266 . . . . .   | 8  |
| Figura 4 – Sensores ligados diretamente ao esp8266 . . . . .   | 8  |
| Figura 5 – Esp8266-07 . . . . .  | 9  |
| Figura 6 – Condição de início e fim da transmissão do barramento I2C. (PHILIPS-SEMICONDUCTORS, 2013) . . . . . | 10 |
| Figura 7 – Condição de início e fim da transmissão do barramento I2C. (PHILIPS-SEMICONDUCTORS, 2013) . . . . . | 11 |
| Figura 8 – Sensor DS18B20. . . . .   | 15 |
| Figura 9 – Diagrama de blocos sensor DS18B20. (MAXIM-INTEGRATED, 2016)   | 15 |
| Figura 10 – Sensor de temperatura e umidade relativa DHT22. . . . .  | 16 |
| Figura 11 – Relógio de tempo real DS3231. . . . .  | 17 |
| Figura 12 – Conversor A/D ADS1115. . . . .   | 18 |
| Figura 13 – Microcontrolador ATtiny85. Fonte: Atmel. . . . .   | 18 |
| Figura 14 – Diagrama eletrônico da placa principal da miniestação . . . . .                                    | 20 |
| Figura 15 – Desenho da placa principal da miniestação. . . . .   | 21 |
| Figura 16 – Desenho eletrônico da placa do pluviógrafo. . . . .  | 22 |
| Figura 17 – Desenho da placa do pluviógrafo. . . . .   | 22 |
| Figura 18 – <i>Firmware</i> do módulo pluviógrafo. . . . .   | 23 |
| Figura 19 – <i>Firmware</i> do módulo pluviógrafo. . . . .   | 24 |
| Figura 20 – Placa após o processo de corrosão. . . . .   | 26 |
| Figura 21 – Placa após a soldagem dos componentes. . . . .   | 27 |
| Figura 22 – Caixa plástica escolhida para abrigar a miniestação. . . . .                                       | 27 |
| Figura 23 – Conectores Mike de 6 pinos. . . . .  | 28 |
| Figura 24 – Conectores já fixados na caixa. . . . .  | 28 |
| Figura 25 – Vista superior da caixa da miniestação. . . . .  | 29 |
| Figura 26 – Vista superior da caixa da miniestação com a placa soldada e posicionada dentro da caixa. . . . .  | 29 |
| Figura 27 – Placa pronta do módulo de coleta de dados do pluviógrafo. . . . .                                  | 31 |
| Figura 28 – Resultado obtido dos testes do pluviógrafo. . . . .  | 31 |

# LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Comparativo dos recursos oferecidos por cada plataforma. . . . . | 13 |
| Tabela 2 – Requisitos funcionais de hardware . . . . .                      | 14 |
| Tabela 3 – Características do sensor DS18B20. . . . .                       | 15 |
| Tabela 4 – Características do sensor DHT22. . . . .                         | 16 |
| Tabela 5 – Características do RTC DS3231. . . . .                           | 17 |
| Tabela 6 – Características do ADS1115. . . . .                              | 18 |
| Tabela 7 – Pinagem dos conectores . . . . .                                 | 30 |
| Tabela 8 – Comparação de preços entre miniestações comerciais . . . . .     | 33 |

---

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

|      |  |
|------|--|
| ADC  | <i>Analog-to-Digital Converter</i>             |
| ARM  | <i>Advanced RISC Machine</i>                   |
| CAP  | Computação em Agricultura de Precisão          |
| DIP  | <i>Dual In Line Package</i>                    |
| IC   | Instituto de Computação                        |
| I2C  | <i>Inter-Integrated Circuit</i>                |
| IoT  | <i>Internet of Things</i>                      |
| LCD  | <i>Liquid Crystal Display</i>                  |
| PWM  | <i>Pulse Width Modulation</i>                  |
| RTC  | <i>Real Time Clock</i> (Relógio de Tempo Real) |
| SD   | <i>Secure Digital</i>                          |
| UFMT | Universidade Federal de Mato Grosso            |
| USB  | <i>Universal Serial Bus</i>                    |

# CAPÍTULO 1

---

## INTRODUÇÃO

---

A cada momento surgem novas necessidades nas cidades, buscando sempre uma maior comodidade e rendimento diário. Essas necessidades podem estar relacionadas a novas formas de se comunicar ou de lidar com o ambiente, através da automatização de processos. No campo, o cenário não é muito diferente. Um exemplo disso, é o estado de Mato Grosso, que possui uma das áreas produtivas mais extensa do país se destacando pelo seu rendimento agrícola. Em MT, para se melhorar ainda mais este rendimento, profissionais da área vem buscando cada vez mais a implantação de novas tecnologias que permitam o monitoramento e que sejam capazes de fornecer dados, através dos quais é possível fazer análises criteriosas a respeito do solo, índice pluviométrico, incidência solar e outras variáveis climáticas.

Segundo (BANDERALI, 2012), esse monitoramento está relacionado ao acompanhamento das condições do tempo durante as várias fases da cultura. Se o agricultor faz o acompanhamento, ele tem condições de saber a hora certa de irrigar, pulverizar, colher, além de relacionar as fases mais críticas da cultura como o desenvolvimento vegetativo, o florescimento e a maturação. Caso tenha o acompanhamento do número de horas de molhamento foliar, ele poderá ficar atento ao desenvolvimento de doenças nas plantas.

O presente relatório trata das atividades desenvolvidas no estágio supervisionado, foi realizado no grupo de pesquisa CAP que fica localizado no Instituto de

Computação da Universidade Federal de Mato Grosso, com objetivo de desenvolver uma miniestação meteorológica de baixo custo utilizando a plataforma inteligente de conectividade ESP8266. A escolha e definição de como realizar o estágio se deu de acordo com a linha de pesquisa em Agricultura de Precisão seguida pelo grupo CAP, onde desde o seu início sempre foram realizadas pesquisas científicas em busca de novas formas de se coletar dados microclimáticos, armazenar esses dados, transmiti-los e por fim tratá-los e gerar formas de visualizações para que sejam aplicados aos fins que forem relacionados. Então, a miniestação desenvolvida neste trabalho segue todos os parâmetros e definições já conhecidas e investigadas pelo grupo.

## 1.1 Justificativa

Com todo o processo evolutivo dos sistemas computacionais, houve também um grande crescimento na área que envolvem arquiteturas de sistemas embarcados voltadas para automação, podendo essa arquitetura ter diversas finalidades, dentre elas a tratada neste trabalho, a coleta de dados de sensores, que tem como principal vantagem seu custo-benefício visto a grande quantidade de material auto-explicativo e de código aberto (hardware e software) (PEREIRA, 2013).

Assim, este trabalho vai além da necessidade de suprir as demandas do grupo de pesquisa CAP por miniestações agrometeorológicas, mas vem também fornecer uma miniestação coletora de dados de baixo custo, proporcionando que outros alunos de graduação e/ou pós graduação possam coletar dados para seus experimentos sem a necessidade de depender de equipamentos caros e, possivelmente, além das suas necessidades.

Portanto, o desenvolvimento deste equipamento se justifica pela contribuição ao grupo de pesquisa científica bem como a comunidade acadêmica em geral.

## 1.2 Objetivos Gerais

Como objetivo geral, tem-se o desenvolvimento do projeto e construção do hardware de uma miniestação coletora de dados climáticos e o levantamento de dispositivos sensores para compor a miniestação.

## 1.3 Objetivos Específicos

Para a construção da miniestação temos os seguintes objetivos específicos:

- Investigar conceitos de agricultura de precisão;

- Projetar o hardware da miniestação, que se adequa as necessidades de custo, gasto de energia e comunicação sem fio, definidas no projeto coordenado pelo grupo CAP;
- Construir a miniestação projetada com seus respectivos conectores e ligações para os sensores.

## **1.4 Organização do trabalho**

Este relatório está organizado e dividido em seções que contempla uma revisão de literatura, onde são abordados os conceitos teóricos relativo ao trabalho. Também tem-se uma seção Desenvolvimento, onde é mostrado todo o processo utilizado para desenvolver o trabalho seguindo as premissas determinadas pelo grupo CAP, bem como as técnicas e métodos envolvidos. Na seção Resultados são apresentadas a formas como as metas para o trabalho foram atingidas durante o período de estágio.

## CAPÍTULO 2

---

# REVISÃO DA LITERATURA

---

Neste capítulo é apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre os temas envolvidos no projeto, que são necessários para o desenvolvimento da miniestação agrometeorológica.

### **2.1 Sistemas Embarcados**

Um sistema embarcado ou embutido é um sistema microprocessado constituído por hardware, software e periféricos, geralmente utilizado para a execução de uma tarefa específica, podendo assim ter um tamanho reduzido em relação a sistemas computacionais utilizados pela maioria das pessoas. Embora muitas vezes passe de forma despercebida, nossa sociedade atualmente vive rodeada por diversos dispositivos deste tipo.

Diferente dos sistemas computacionais pessoais, sistemas embarcados são construídos de forma que possam trabalhar de forma autônoma não possuindo uma interface com o usuário. Diferente dos computadores pessoais, os sistemas embarcados geralmente são projetados para não serem programados pelo usuário final. Segundo (GERUM; YAGHMOUR, 2003), sistemas embarcados podem ser classificados de acordo com quatro critérios: tamanho, conectabilidade, requisitos de tempo e interação com o usuário.

## 2.2 Agricultura de Precisão

A agricultura de precisão pode ser entendida como um conjunto de tecnologias cujo o objetivo é aumentar a eficiência, com base no manejo diferenciado de áreas na agricultura (QUEIROZ et al., 2000), utilizando técnicas que permitem conhecer, localizar geograficamente e delimitar áreas de diferente produtividade, através da utilização de sensores e sistemas computacionais específicos, permitindo que os produtores sejam capazes de identificar a variabilidade dentro de um campo (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002) e possam tomar decisões quanto ao manejo do solo, insumos e culturas de modo adequado às variações espaciais e temporais em fatores que afetam a produtividade da mesma (EMBRAPA, 1997).

Ainda segundo (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002) a agricultura de precisão promete grandes benefícios para os usuários deste sistema como:

- redução do grave problema do risco da atividade agrícola;
- redução dos custos da produção;
- tomada de decisão rápida e certa;
- controle de toda situação, pelo uso da informação;
- maior produtividade da lavoura;
- mais tempo livre para o administrador; e
- melhoria do meio ambiente pelo menor uso de defensivo.

## 2.3 Sensores

Um ponto importante neste trabalho é o desenvolvimento de sensores capazes de mensurar fenômenos da natureza, transformando os em dados quantitativos para que possam ser posteriormente analisados. Para isto é preciso destacar como ocorre seu funcionamento, sendo eles classificados em analógicos e digitais, podendo ser comparados aos cinco sentidos humanos, que fazem a tradução de ocorrências físicas para a mente, que são: a visão, a audição, o tato, o paladar e o olfato (PEREIRA, 2013).

Analogamente aos sentidos humanos, os sensores são dispositivos eletrônicos que transformam essas sensações do mundo físico em sinais elétricos. Esses sinais, quando diferentes da faixa de leitura ou provenientes de ambientes hostis, passam por um condicionamento a fim de fornecer melhorias do sinal lido. A principal forma de condicionamento utilizada, neste trabalho, é a amplificação do sinal obtido, que permite o aumento da resolução e a sensibilidade do mesmo.

## 2.4 Precipitação

Precipitação é a água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre (TEIXEIRA, 2010). Dentre as várias formas de precipitação, este relatório abordará a mensuração da chuva que é caracterizado por três grandezas: altura pluviométrica, duração e intensidade.

A altura pluviométrica corresponde a altura da lâmina d'água em milímetros que se formaria no solo caso não houvesse escoamento ou evaporação dessa água. A duração é o período de tempo da chuva do seu início ao fim. A intensidade é a grandeza que visa caracterizar a variabilidade temporal, expressa em milímetros por hora (mm/h) (TEIXEIRA, 2010).

## 2.5 Pluviógrafo

Um pluviógrafo é um instrumento para quantificar a precipitação, dentre os diversos tipos de pluviógrafos existentes, o basculante é um dos mais utilizados no Brasil, contando com uma superfície de recepção de 200cm<sup>2</sup> (FRAGA, 2012).



Figura 1 – Pluviógrafo Basculante

Os pluviógrafos basculantes (Figura 1) são dotados de um mecanismo coletor que possui formato afunilado, um recipiente triangular (bascula) com dois compartimentos, uma haste que sustenta ímã na parte inferior do compartimento se movimenta sobre o interruptor magnético que registra quantos movimentos foram feitos durante a coleta da precipitação.

## 2.6 Arduino

O Arduino, mostrado na Figura 2, é um kit de desenvolvimento de baixo custo e programação facilitada por haver diversos exemplos disponibilizados na internet e por ter uma diversidade de bibliotecas já prontas. Apesar de possuir um hardware simples, possui

total robustez para diferentes tipos de utilização. Composto de um microcontrolador AVR de 8 bits, o ATMEGA328. Possui seus conectores expostos de forma padrão o que permite que o kit possa ser interligado a outros módulos ou Shields. Dentre os módulos pode-se citar, por exemplo, o uso de cartão SD, sensores de temperatura e de umidade, controle de motores, display de LCD, dentre outros. Através dos conectores padrão tem-se acesso aos pinos de E/S do microcontrolador, os quais são utilizados inclusive para ligar outros hardwares e montar uma aplicação em si. O Arduino UNO, possui 14 pinos de entradas analógicas, onde 6 desses pinos podem ser utilizados para gerar sinais PWM (Modulação por largura de pulso), e outros 6 pinos de entrada analógica, utilizados para ler dados dos sensores. Sua alimentação, assim como a gravação, pode ser feita via conexão USB disponível na placa ou através de uma fonte externa de 7.5v a 12v.

Juntamente com a plataforma de hardware do Arduino, pode-se utilizar o ambiente de desenvolvimento Arduino, que fornece um ambiente de código aberto de fácil programação e de gravação do código na placa. O ambiente é baseado no compilador avr-gcc e outros softwares de código aberto. Essas características do Arduino e de seu ambiente de programação facilitam a interação com outros projetos e o aprimoramento de bibliotecas de software.

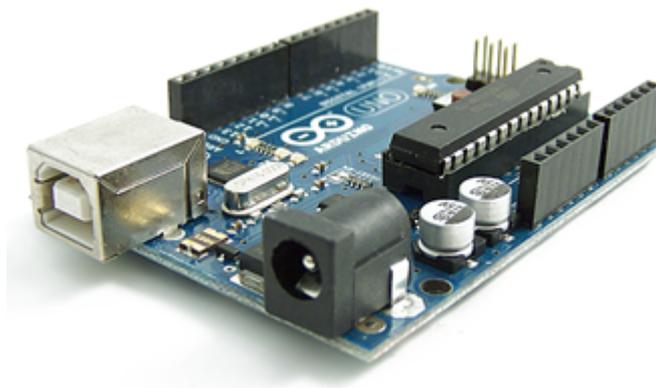


Figura 2 – Arduino Uno

## 2.7 ESP8266

A plataforma inteligente de conectividade ESP8266 possui um microcontrolador e uma interface WiFi formando um módulo baixo custo, que pode ser adicionado por meio de uma conexão serial UART, a um sistema microcontrolado dando-lhe acesso a internet sem fio, tal como mostrando na Figura 3.

A plataforma por possuir um microcontrolador de 32bits e capacidade de armazenamento na própria placa, permite que ele seja integrado a sensores e dispositivos

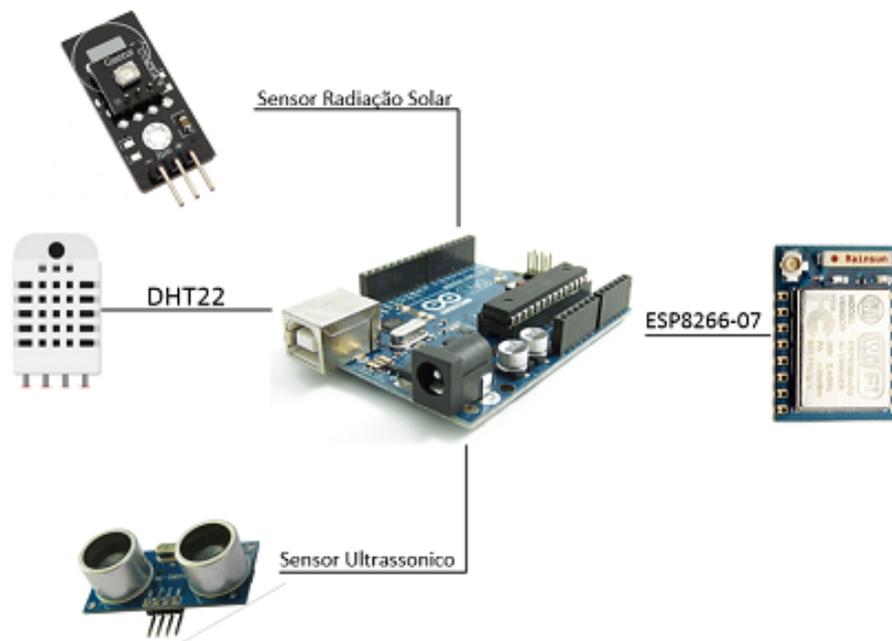


Figura 3 – Sensores com Arduino enviando dados via esp8266

de diversas finalidades (interruptores inteligentes, sistemas de iluminação, aplicações de iot) sem a necessidade de muitos componentes externos, como apresenta a Figura 4.

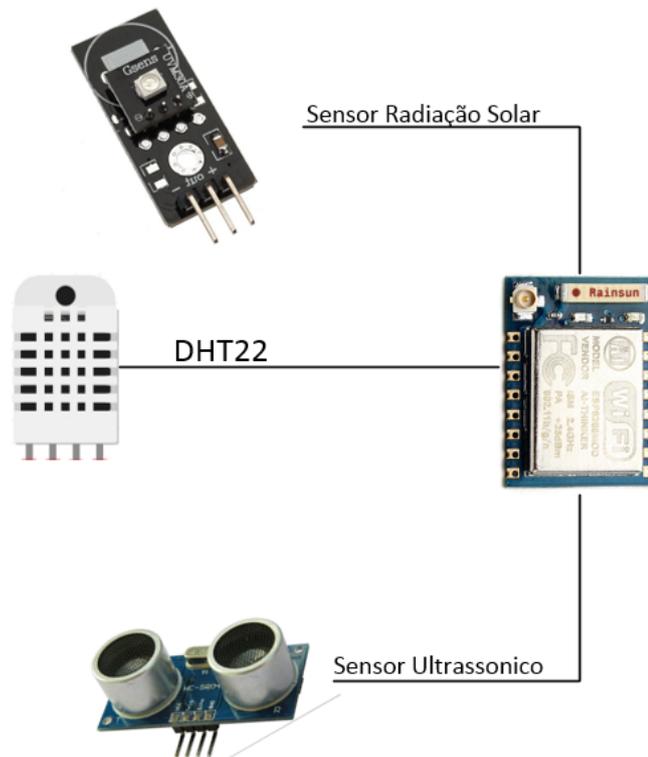


Figura 4 – Sensores ligados diretamente ao esp8266

Por ter sido desenvolvido com foco em dispositivos móveis, eletrônicos vestíveis e internet das coisas (IoT - *Internet of Things*), o ESP8266 possui um baixíssimo consumo de energia, variando de 10uA quando em modo sleep e chegando a no máximo 215mA quando está operando em sua capacidade máxima, sendo capaz de operar em três modos: modo ativo, modo *sleep* e modo *deep sleep*. Quando está configurado para atuar em modo *sleep*, apenas o RTC e o sistema de *watchdog* permanecem ativos no chip. O RTC pode ser programado para 'acordar' o módulo em determinado intervalo de tempo, ou ainda poder se reativar apenas quando houver algum evento específico acontecer.

Assim como o Arduino, o ESP8266 pode utilizar o mesmo software para sua programação, possuindo inclusive compatibilidades nas bibliotecas. Existem diversos modelos de ESP8266 disponíveis. No modelo 07, apresentado na Figura 5, tem-se 9 portas GPIO (General Purpose In Out) que são portas programáveis de entrada e saída utilizadas no interfaceamento entre o microcontrolador e outros dispositivos.



Figura 5 – Esp8266-07

Possui ainda uma porta ADC, onde de acordo com o manual do ESP8266, tem resolução de 10 bits. Isto significa que a sua leitura analógica irá retornar um valor entre 0 e 1024. O ADC presente no microcontrolador converte apenas voltagem entre 0 e 1 volt. Portanto, antes de aplicar qualquer tensão no seu pino A0, é necessário que seja feito fazer um divisor de tensão para reduzir a tensão de 3,3V para 1V.

### 2.7.1 Barramento I2C

O barramento I2C é um barramento serial multimestre que foi criado pela Philips Semiconductors na década de 80 para conexão e comunicação entre dispositivos (IRAZABAL, 2003). O I2C utiliza apenas dois fios para a transmissão de informações entre dispositivos, sendo eles o SDA (Serial DATA) que é por onde os dados realmente trafegam e o SCL (Serial CLOCK) que é a linha de clock determinada geralmente pelo dispositivo mestre.

O barramento I2C possui algumas vantagens, sendo elas:

- Permite a conexão e desconexão de novos dispositivos ao barramento sem que estes interfiram nos outros dispositivos que continuam conectados.
- Consumo de corrente extremamente baixo.
- Imunidade a ruídos.
- Ampla faixa de tensão de alimentação.
- Um mesmo dispositivo pode ser utilizado em diferentes projetos.
- Possui todo o endereçamento dos dispositivos realizados via software.

O barramento I2C define que a transmissão seja feita apenas um byte por vez, sendo o número de dispositivos suportados limitados apenas pela capacitância máxima do barramento que é de 400pF (PHILIPS-SEMICONDUCTORS, 2013).

Uma das vantagens do padrão I2C é que ele não fixa a velocidade de transmissão, pois ela será determinada pelo circuito mestre. A taxa de velocidade de transmissão varia de 100kbit/s (modo Standard), 400Kbit/s (modo Fast) 3.4Mbit/s (no modo High-speed). A comunicação entre os dispositivos mestre e escravo do I2C é feita mediante a condição de início (START) e a de fim (STOP) como mostrado na Figura 6

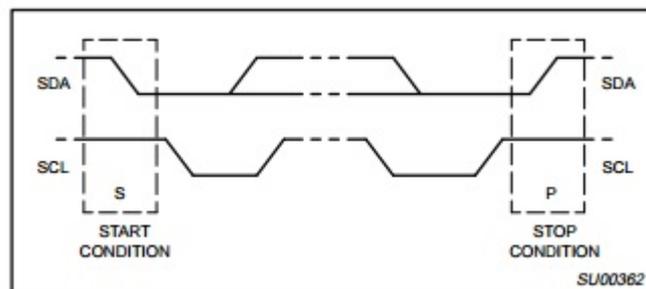


Figura 6 – Condição de início e fim da transmissão do barramento I2C. (PHILIPS-SEMICONDUCTORS, 2013)

Durante a transmissão dos dados um pulso de clock é gerado para cada bit transmitido Figura 7, onde todo bit transmitido vem junto com um código de validação (ACK), para casos em que a informação não é recebida corretamente pelo dispositivo, se isso ocorrer ele deve manter o estado baixo (LOW) na linha do SCL, forçando uma espera no transmissor até que o receptor possa retomar a recepção dos dados.

No fim da transferência é gerado um pulso pelo mestre e o transmissor deve liberar o barramento durante a transmissão do clock ACK.

No próximo capítulo será apresentado como foi realizado o desenvolvimento do trabalho, descrevendo os métodos, ferramentas e técnicas utilizadas.

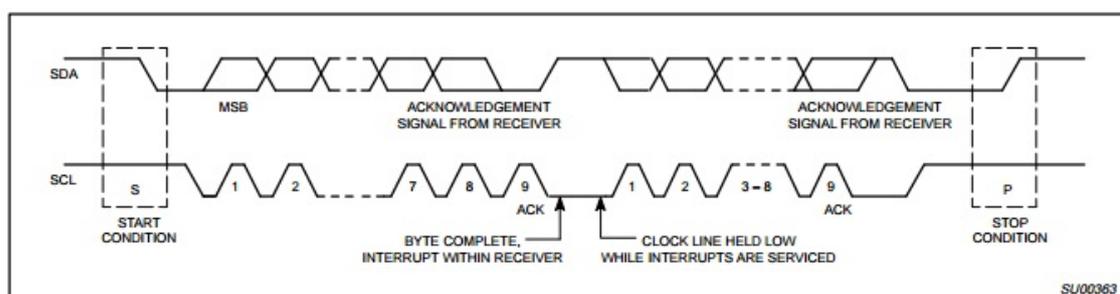


Figura 7 – Condição de início e fim da transmissão do barramento I2C. (PHILIPS-SEMICONDUCTORS, 2013)

## CAPÍTULO 3

---

# DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

---

A seguir será apresentado como este trabalho foi desenvolvido, descrevendo os métodos, técnicas e ferramentas utilizadas ao longo do tempo.

Destaca-se que para a elaboração dos diagramas eletrônicos e *layouts* foi utilizado o *software Eagle*<sup>1</sup> em sua versão 7.2 para *Windows*. A versão pode ser utilizada gratuitamente quando se deseja fazer o desenho do esquemático e geração de layout da placa de dimensões de até 10cm × 10cm.

### 3.1 Metodologia para construção do sistema

#### 3.1.1 Hardware

Os principais fatores que influenciaram na escolha da arquitetura a ser utilizada neste trabalho foram: disponibilidade dos componentes eletrônicos no grupo de pesquisa CAP, relação consumo de energia por benefício, bibliotecas disponíveis para a construção do hardware e software e facilidade de programação.

No que tange ao consumo de energia versus benefícios, ainda que consuma quase seis vezes mais, como mostra a Tabela 1<sup>2</sup>, o ESP8266 leva vantagem em relação à

---

<sup>1</sup> Disponível em : <http://www.cadsoftusa.com/download-eagle/>

<sup>2</sup> Fonte: Adaptado de (PEREIRA, 2013)

plataforma Arduino, visto que ele por ser tanto um microcontrolador quanto um transceptor, a um custo bastante baixo. Contudo, é interessante lembrar que o Arduino possui uma gama de placas em formato de *Shield*, que pode lhe conferir o mesmo poder de conexão, porém o custo será superior, superando muitas vezes o custo do próprio Arduino.

|                             | <i>Esp8266</i>     | <i>Arduino</i> |
|-----------------------------|--------------------|----------------|
| Arquitetura                 | RISC - 32 bits     | AVR - 8bits    |
| Memória RAM                 | 96KB               | 2KB            |
| Memória Flash programável   | 512KB              | 32KB           |
| Velocidade                  | 80MHz <sup>3</sup> | 16MHz          |
| Portas Digitais             | 9                  | 14             |
| Portas A/D                  | 1                  | 6              |
| Resolução A/D               | 10bits             | 10 bits        |
| Consumo de energia (mA)     | 170mA              | 30mA           |
| Preço em dólar <sup>4</sup> | \$2.48             | \$6.99         |

Tabela 1 – Comparativo dos recursos oferecidos por cada plataforma.

O sistema de hardware desenvolvido foi pensado de forma que houvesse uma placa principal, sendo a própria miniestação, e um conjunto de placas que formariam os sensores que posteriormente serão interligados na placa através de conectores específicos que seguem um padrão de comunicação pré-definido.

A ideia de estrutura do hardware pode ser vista de forma simplificada na Figura 4, que tem como referência a placa da miniestação e os sensores que serão agregados a mesma.

### 3.1.2 Levantamento de Requisitos

Para efetuar o levantamento de requisitos do hardware, foi realizada uma pesquisa para descobrir as demandas e necessidades relacionadas à uma miniestação. Parte dos requisitos levantados foram aproveitados da própria necessidade do grupo CAP que ao longo dos últimos dois anos tem trabalhado no desenvolvimento de um sistema de comunicação em rede sem fios através de um conjunto de miniestações.

Os requisitos funcionais levantados estão apresentados na Tabela 2 apresentados a seguir:

<sup>3</sup> Pode chegar a até 160MHz.

<sup>4</sup> Data de referência dos preços: 15 de abril de 2016, site pesquisado: <http://www.ebay.com>

| <b>Requisito</b>  | <b>Descrição</b>   |
|---|--|
| <b>[RF 001] Sistema microcontrolado.</b>                  | O sistema deve possuir um microcontrolador que atenda o perfil baixo consumo e baixo custo.                          |
| <b>[RF 002] Sistema de proteção contra sobrecarga.</b>    | O equipamento deve possuir componente previna contra sobrecarga e queima do circuito.                                |
| <b>[RF 003] Sistema de obtenção de data e hora.</b>       | O equipamento deve possuir relógio de tempo real e bateria dedicada para evitar a perda de data e hora.              |
| <b>[RF 004] Armazenamento de dados removível.</b>         | O equipamento deve possuir uma forma de armazenamento em forma de cartão de memória que possibilite sua remoção.     |
| <b>[RF 005] Conexão de sensores a placa principal.</b>    | O sistema deve conter um conjunto de conectores do tipo Mike para a conexão a fim de facilitar a fixação dos mesmos. |
| <b>[RF 006] Sistema de comunicação sem fio.</b>           | O sistema deve possuir hardware para comunicação sem fio.  |
| <b>[RF 007] Padronização dos sensores.</b>                | O sistema deve possuir placas externas capazes de ler o sensor e enviar os dados via protocolo I2C.                  |
| <b>[RF 008] Sistema de expansão de portas analógicas.</b> | O sistema deve possuir um sistema I2C para a leitura de dados analógicos e convertê-los em dados digitais.           |

Tabela 2 – Requisitos funcionais de hardware

### 3.1.3 Componentes selecionados

Atendendo aos requisitos funcionais de hardware foram selecionados os seguintes componentes para a construção do equipamento.

#### 3.1.3.1 Sensor de temperatura DS18B20

O sensor DS18B20, apresentado na Figura 8, é um termômetro digital que mede e fornece a temperatura em graus Celsius, como visto na Tabela 3, com uma resolução que varia de 9bits a de 12bits. O sensor DS18B20 comunica com o microcontrolador através de um barramento *one-wire*, que por definição necessita apenas de dois pinos para efetuar a comunicação, sendo eles a linha de dado e o terra para comunicação com o microcontrolador.

Além disso o sensor pode ser alimentado pela próprio pino de dados conforme mostra a Figura 9, como se fosse uma alimentação parasita, tornando desnecessário uma fonte externa de energia. Cada sensor possui um código de identificação de 64bits,

fornecendo assim a possibilidade de se ligar vários outros sensores do mesmo tipo neste barramento. Facilitando assim o controle de vários outros sensores plugados na mesma miniestação.(MAXIM-INTEGRATED, 2016).



Figura 8 – Sensor DS18B20.

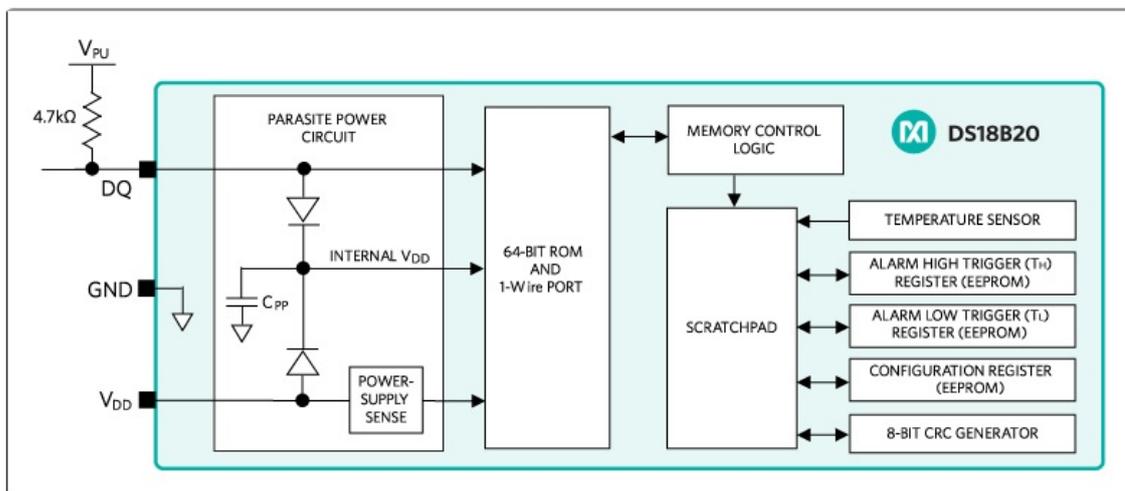


Figura 9 – Diagrama de blocos sensor DS18B20. (MAXIM-INTEGRATED, 2016)

| Característica         | Valor típico             |
|------------------------|--------------------------|
| Tensão de alimentação  | 3V - 5,5V                |
| Sinal de saída         | Digital em um barramento |
| Faixa de leitura       | -55°C a +125°C           |
| Precisão               | +/-0.5°C                 |
| Consumo de energia     | 1.5mA                    |
| Preço no Mercado Livre | R\$10.00                 |

Tabela 3 – Características do sensor DS18B20.

### 3.1.3.2 Sensor de temperatura e umidade DHT22

O DHT22, visto na figura 10, é um sensor digital de temperatura e umidade relativa do ar, encapsulado em uma estrutura de plástico, tendo ele um baixo consumo energético, conforme pode ser visualizado na Tabela 4 .



Figura 10 – Sensor de temperatura e umidade relativa DHT22.

Os sensores DHT22, se comunicam com o microcontrolador através de um protocolo próprio semelhante ao 1-wire. Esse tipo de sensor já vem calibrado de fábrica e mantém essa calibração numa memória interna do tipo *EPROM OTP* (PEREIRA, 2013).

| Característica         | Valor típico                                    |
|------------------------|---|
| Tensão de alimentação  | 3V - 5,5V                                       |
| Sinal de saída         | Digital em um barramento                        |
| Faixa de leitura       | Umidade: 0 – 100%RH e Temperatura: -40 – 125 °C |
| Precisão               | Umidade: +/- 2% e Temperatura: +/-0.2 °C        |
| Consumo de energia     | 2.1mA   |
| Preço no Mercado Livre | R\$20.00  |

Tabela 4 – Características do sensor DHT22.

### 3.1.3.3 Relógio de tempo real DS3231

O DS3231, mostrado na Figura 11, é um relógio de tempo real (RTC), extremamente preciso e de baixo consumo que se comunica através do protocolo I2C (tabela 5). O dispositivo conta com um sistema de alimentação próprio que é utilizado quando o sistema de alimentação via fonte é interrompida. O RTC mantém informações sobre segundos, minutos, horas, dia, data, mês e ano. A data no final do mês é automaticamente ajustada durante meses com menos de 31 dias, incluindo correções para ano bissexto. O

relógio opera tanto no formato de 24 horas ou de 12 horas com um indicador AM/PM. (MAXIM-INTEGRATED, 2016)

| Característica           | Valor típico       |
|--------------------------|--------------------|
| Tensão de alimentação    | 3,3V               |
| Interface de comunicação | I2C                |
| Consumo de energia       | < 500uA            |
| Dimensões                | 38mm x 22mm x 14mm |
| Preço no Mercado Livre   | R\$7.00            |

Tabela 5 – Características do RTC DS3231.

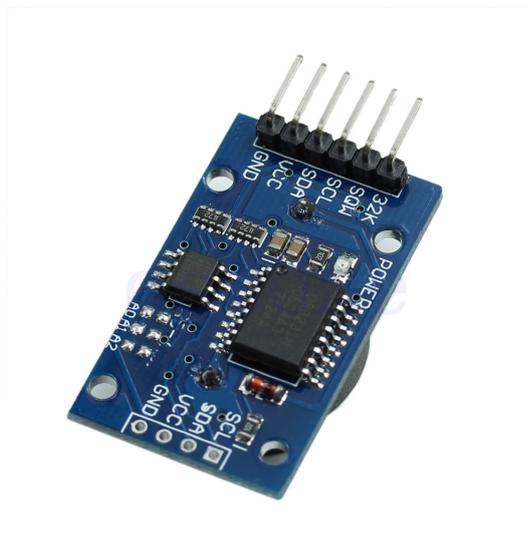


Figura 11 – Relógio de tempo real DS3231.

### 3.1.3.4 Conversor analógico/digital ADS1115

O ADS1115 (Figura12) é um conversor analógico/digital de baixo consumo de energia, como mostra a Tabela 6 com 16bits de resolução, com amplificador interno de até 16 vezes para sinais de baixa amplitude, possui 4 entradas e é capaz de realizar 860 amostras por segundo. Esta placa usa sistema de endereçamento de 7bits selecionáveis entre 0x48-0x4B, o que permite utilizar até quatro placas dessas na mesma miniestação e então obter até 16 entradas analógicas (TEXAS-INSTRUMENTS, 2013).

| Característica           | Valor típico |
|--------------------------|--------------|
| Tensão de alimentação    | 2V - 5V      |
| Interface de comunicação | I2C          |
| Consumo de energia       | 150uA        |
| Resolução dos canais A/D | 16bits       |
| Preço no Ebay            | \$2.50       |

Tabela 6 – Características do ADS1115.



Figura 12 – Conversor A/D ADS1115.

### 3.1.3.5 ATtiny85

O ATtiny85, figura 13, é um microcontrolador AVR de 8 bits, de arquitetura RISC, com um total de 120 diferentes tipos de instruções em seu conjunto. A maioria delas utiliza apenas um ciclo de clock para execução. O microcontrolador também possui 32 registradores de 8 bits de uso geral. Neste trabalho foi utilizado com encapsulamentos *DIP* de 8 pinos (ATMEL, 2009)<sup>5</sup>.

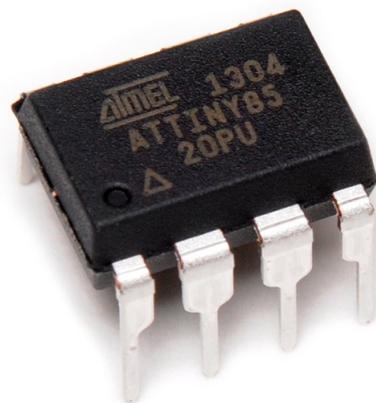


Figura 13 – Microcontrolador ATtiny85. Fonte: Atmel.

<sup>5</sup> Adaptado de (PEREIRA, 2013)

### 3.1.4 Hardware da placa principal - miniestação

Partindo dos requisitos levantados, que foram descritos na Tabela 2, a placa principal possui um relógio com bateria própria (pilha modelo CR2032), capaz de manter a data e hora em caso de falta de energia, conexão para o sensor DHT22, meio de armazenamento utilizando um cartão SD, conversor analógico digital para possíveis sensores analógicos, conectores para os sensores, conector para os pinos RX/TX para efetuar a gravação, botões para configuração do modo gravação e *reset*. Além disso, na miniestação desenvolvida tem-se um sistema de alimentação que proverá energia para todo o sistema, contando com fusível para proteção contra sobrecarga e regulador para rebaixar a tensão ao nível adequado. O sistema será alimentado por uma bateria de 12V, que estará dentro da caixa que abrigará a miniestação e será regulada para fornecer 5V em sua saída.

Pensando nas necessidades futuras onde, pode ser necessário a adição de novos sensores, foram adicionados pontos extras de conexão tanto para sensores analógicos quanto para sensores digitais que trabalham no sistema de comunicação I2C ou até mesmo para a inclusão de novos sensores de temperatura DS18B20.

A Figura 14 mostra o o esquemático da placa principal da miniestação desenvolvida ao longo desse trabalho de estágio.

A alimentação de energia do circuito é feito através de um conector do tipo borne representado no esquemático como sendo o J1. O DHT22 está representado na placa pelo conector SV9, as ligações do barramento I2C podem ser visualizadas nos conectores CN2 a CN5, ao lado pode ser visualizado os conectores SV1 a SV4 para acesso ao conversor AD, e de SV5 a SV8 ficaram reservados para a conexão *one-wire*.

A partir do diagrama eletrônico apresentado na Figura 14, foi elaborado o desenho da placa, medindo 9,5 cm largura por 9,0 cm de comprimento, estando assim dentro do limite estabelecido pelo software Eagle para que se pudesse utilizar a versão gratuita. Tem-se na Figura 15 a visualização da placa em seu tamanho real.

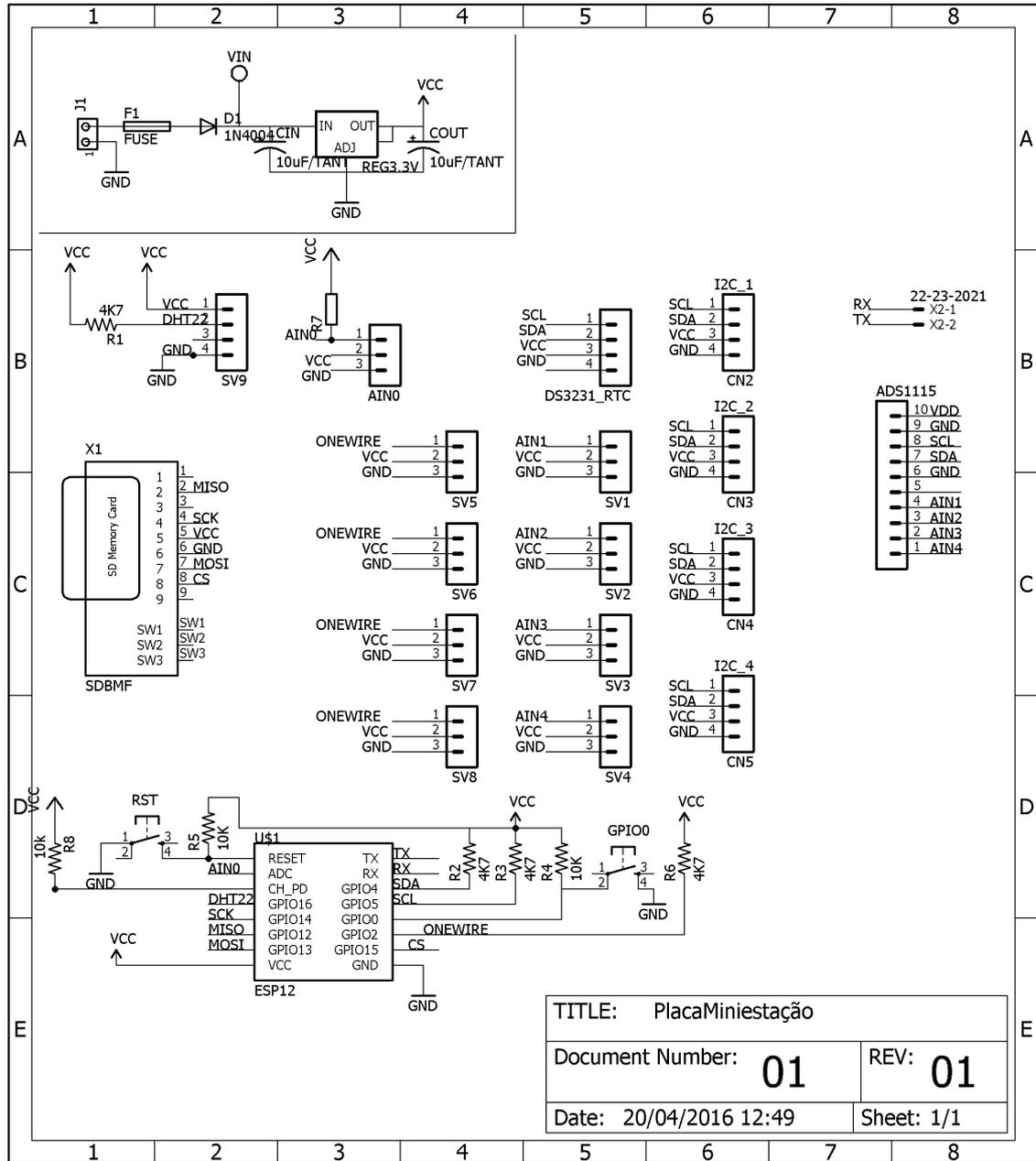


Figura 14 – Diagrama eletrônico da placa principal da miniestação

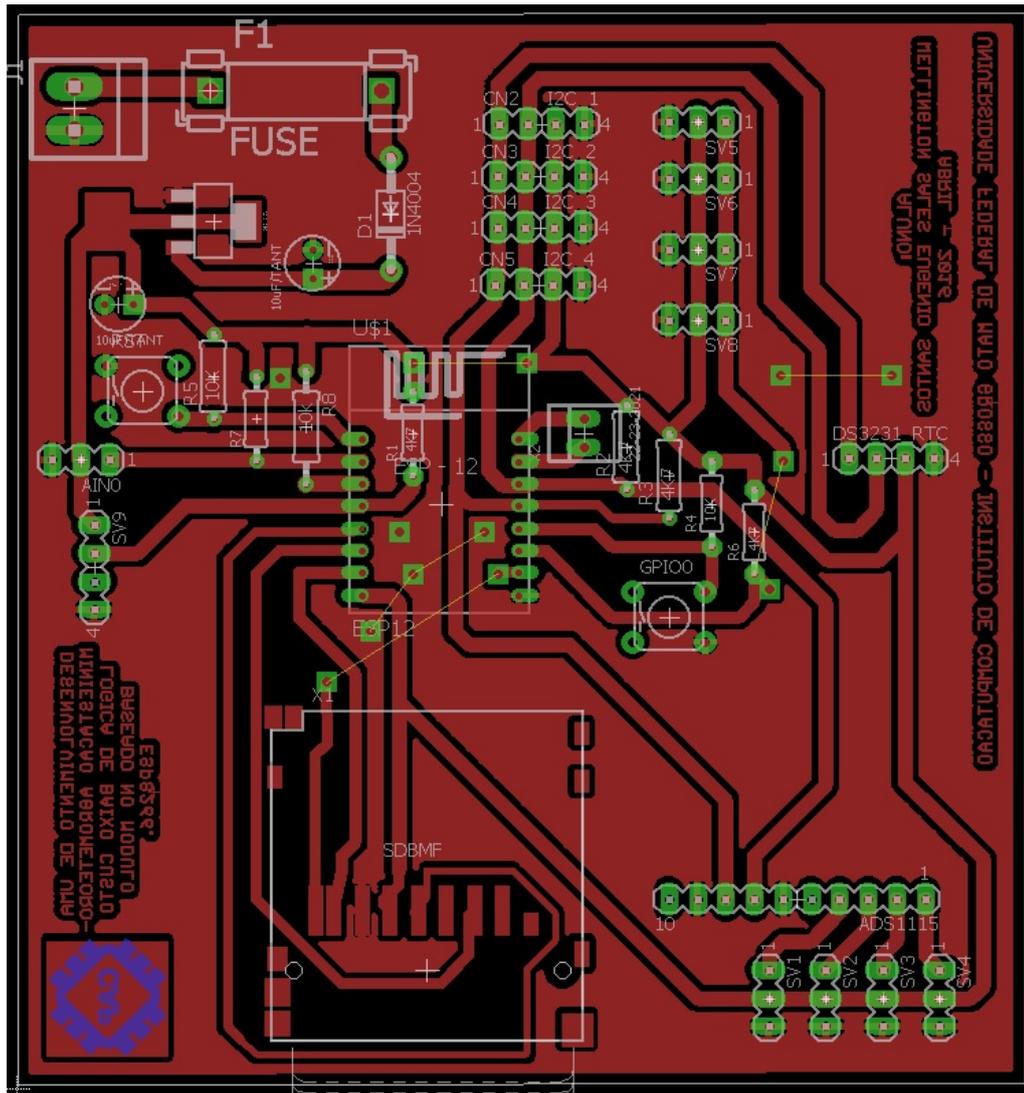


Figura 15 – Desenho da placa principal da miniestação.

### 3.1.5 Hardware da placa do pluviógrafo

A placa do pluviógrafo possui um microcontrolador ATTINY85 e conectores para a ligação do sensor até a placa principal utilizando o protocolo de comunicação I2C, tal como exibe Figura 16. Dessa forma, os dados coletados pelo microcontrolador são trabalhados e organizados e posteriormente enviados a miniestação. A ideia de construir o sensor dessa forma partiu da escassa quantidade de pinos do ESP8266 modelo 07, visto que para compor toda a placa principal foi necessário a utilização de todas as GPIO's disponíveis.

Após a construção, gerou se o desenho da placa que ficou com 3,2 cm de largura por 2,8 cm de comprimento.

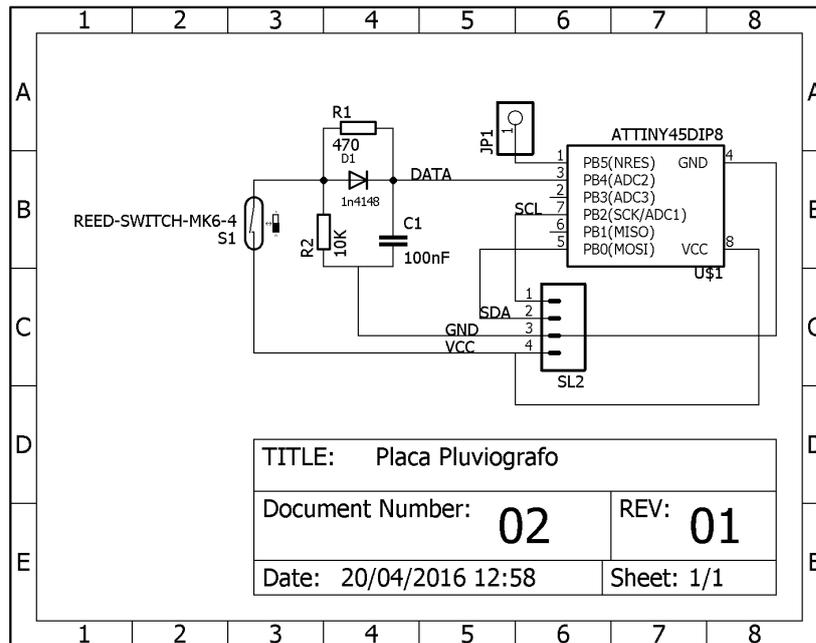


Figura 16 – Desenho eletrônico da placa do pluviógrafo.

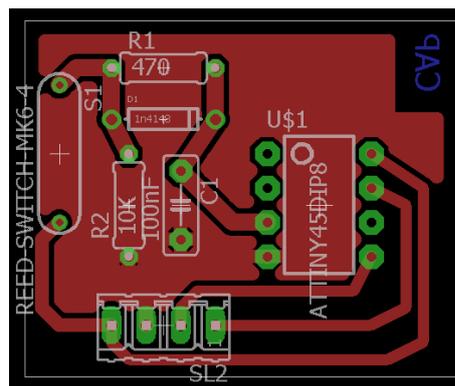


Figura 17 – Desenho da placa do pluviógrafo.

O esquemático da placa foi desenvolvido para já realizar o *debounce* via hardware utilizando um circuito RC (resistor-capacitor) para a temporização da duração do chaveamento do *reedswitch*, evitando assim possíveis ruídos (GANSSLE, 2008).

### 3.1.6 Disponibilidade de conexão de novos sensores seguindo o barramento I2C

Foi pensado numa estrutura para a inclusão de vários outros sensores, limitados em sua quantidade apenas pelo barramento. Nessa estrutura, os dados dos sensores serão lidos pelo ATTINY85 que fará o tratamento desses valores lidos e o transmitirá via protocolo I2C para a miniestação. Partindo do princípio, que o barramento I2C suporta até 127 conexões em seu barramento, pode se ter uma grande número de novos tipos de

variáveis de dados sendo coletados, respeitando-se os limites do barramento. Desta forma tem-se a ideia de que com mínimas modificações, a miniestação possa atuar em diferentes ambientes onde haja a necessidade de coleta de dados, armazenamento e transmissão sem fio dos mesmos.

### 3.1.7 Firmware da miniestação

O *firmware* para a coleta e transmissão dos dados foram desenvolvidos no ambiente de desenvolvimento da plataforma Arduino que facilita a programação do ESP8266. O firmware visto na figura 18 foi desenvolvido por (NETO, 2016) está organizado em 7 funções.

```
void relógio( ) {
    configura relógio data e hora;
    coleta data e hora;
}

void ScanI2C( ) {
    busca por dispositivos conectados;
}

void SaveOnSD( ) {
    verifica se há algum arquivo do dia;
    Se não há arquivo então {
        Cria arquivo;
        Salva arquivo;
    }
}

void InitSDCard( ){
    verifica se o cartão pode ser iniciado;
}

void getI2Cdata( ) {
    solicita dados de um endereço;
    recebe o dado e trabalha;
}

void configura ( ){
    configura Cliente;
    inicia SDcard;
}

Void loop(){
    pega dados da I2C;
}
```

Figura 18 – *Firmware* do módulo pluviógrafo.

### 3.1.8 Firmware do módulo sensor pluviógrafo

Inicialmente foi gravado o bootloader do Arduino no microcontrolador ATtiny, para efetuar esta gravação foi utilizado um Arduino Uno como um gravador ISP (BUECHLEY, 2013). O ambiente de programação utilizado também é o da plataforma Arduino. O *firmware* de coleta desenvolvido por (NETO, 2016) está organizado em três funções como mostrado na Figura 19.

```
void sendToMaster(){
  Prepara os dados para enviar;
  Envia os dados requisitados pela I2C;

void Setup(){
  Inicia em modo escravo;
  Aguarda chamada do mestre;
  Inicializa a porta de leitura do reedswitch;
}

int getBucketMovements () {
  Lê o estado da porta do reedswitch;
  Se( reedswitch==0 e diferente do estado anterior){
    Inicia a contagem dos movimentos;
    ValorAnterior = Valor Atual;
  Senão{
    ValorAnterior = ValorAtual;
  }
}
```

Figura 19 – *Firmware* do módulo pluviógrafo.

Após o desenvolvimento, o *firmware* foi gravado no ATtiny e então testado, o mesmo se comportou como esperado enviando os dados coletados quando solicitado, os dados foram validados utilizando um ímã simulando a bascula mudando de posição, os pulsos contados manualmente foram os mesmos registrados e enviados pelo módulo.

No capítulo 4 serão apresentados todos os resultados obtidos durante a realização do estágio, mostrando os resultados da confecção dos circuitos, montagem e testes da miniestação.

## CAPÍTULO 4

---

### RESULTADOS

---

A partir deste capítulo apresenta-se os resultados obtidos no estágio, após o período de organização dos requisitos, desenvolvimento de circuitos da miniestação (esquemáticos e placas). Inicialmente, são mostrados os resultados da confecção dos circuitos, montagem da miniestação e os testes de funcionamento.

#### **4.1 Confecções das placas e montagem do equipamento**

Nesta seção apresentam-se os resultados referente a confecção das placas utilizadas na miniestação. Após a geração da placa no Eagle, e depois de todo o processo de transferência térmica e corrosão das placas de fenolite utilizando o percloro de ferro (LOPES, 2016).

A placa da miniestação levou cerca de pouco mais de cinco minutos para a corrosão completa. Já a placa do pluviógrafo, por ser menor, consumiu cerca de dois minutos. Os resultados que serão apresentados a seguir, foram considerados satisfatórios em relação ao seu custo-benefício.

### 4.1.1 Da placa da miniestação

O resultado da placa após o processo de transferência térmica e corrosão pode ser conferido na Figura 20. Este processo de fabricação das placas se mostrou muito satisfatório dentro do que era esperado para um primeiro protótipo, não necessitando de nenhuma correção adicional após a corrosão.

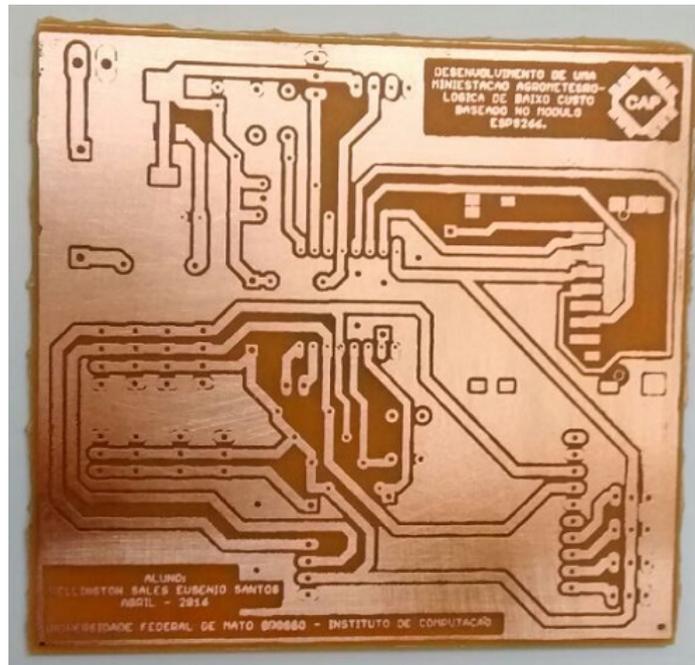


Figura 20 – Placa após o processo de corrosão.

Após o processo de corrosão, soldagem dos componentes e limpeza da placa, ela assumiu a seguinte forma, conforme a Figura 21. O custo total<sup>1</sup> aproximado ficou em R\$78,00. Este valor foi estipulado de acordo com os valores dos componentes eletrônicos adquiridos no Brasil, porém pode chegar a menos de um terço quando adquiridos em sites de compras como o *eBay*.

A placa da miniestação está acomodada numa caixa da Patola (Figura 22), fabricante de caixas plásticas padrões para diversos tipos de dispositivos, que foi desenvolvida para ser uma caixa de alarme. A escolha deste modelo deu-se pelo seu formato e por já vir com um encaixe próprio para o tipo de bateria que será utilizada para a alimentação de energia do circuito, fornecendo assim uma maior robustez ao projeto.

<sup>1</sup> Cotação de preços realizada no mês de março de 2016.

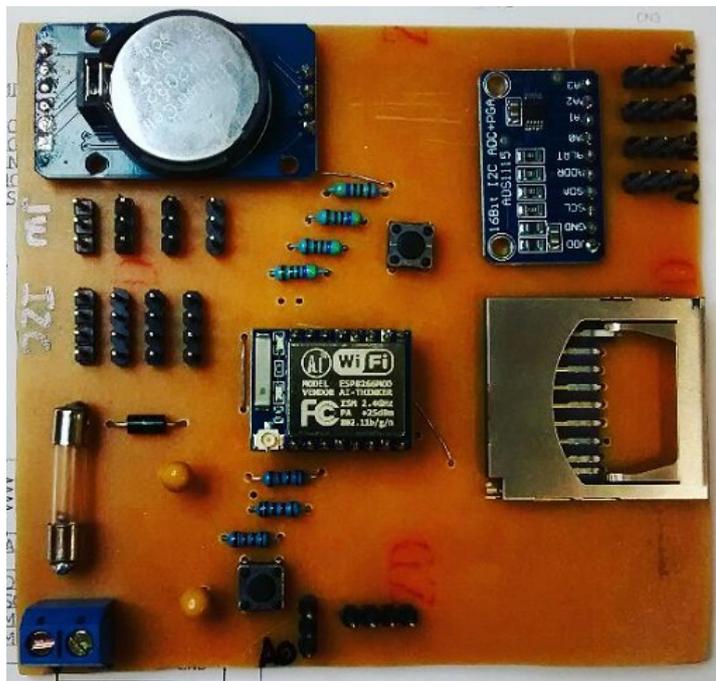


Figura 21 – Placa após a soldagem dos componentes.



Figura 22 – Caixa plástica escolhida para abrigar a miniestação.

Após a escolha da caixa foram feitas demarcações na mesma de forma que fosse encontrado a melhor localização para os conectores, e então foram definidos a quantidade de conectores do tipo Mike que seriam utilizados. O conector Mike (Figura 23) foi escolhido, pois possui seis pinos, para as entradas analógica e dos sensores DS18B20, cada conector ficou conectado a duas entradas, pois dessa forma pode-se otimizar a localização e proporcionar um menor custo ao projeto final (Figura24), cada conexão permite a ligação de um ou dois sensores sem a necessidade de configuração extra, devendo esta ser feita apenas na firmware da miniestação. Para o sensor I2c foram utilizados um conector para cada conexão devido a necessidade de quatro pinos (GND, VCC, SDA, SCL).



Figura 23 – Conectores Mike de 6 pinos.



Figura 24 – Conectores já fixados na caixa.

Após a fixação dos conectores, todos os fios foram soldados e preparados para serem soldados na placa da miniestação, a bateria selecionada encaixou perfeitamente conforme previsto (Figura 25 e 26).



Figura 25 – Vista superior da caixa da miniestação.



Figura 26 – Vista superior da caixa da miniestação com a placa soldada e posicionada dentro da caixa.

Para facilitar o cabeamento de um novo sensor foi criada a Tabela 7, com o mapa da pinagem e cores dos fios utilizados nos conectores e suas respectivas divisões.

| Pino | Cor do Fio | Função         |
|------|------------|----------------|
| 1    | Preto      | GND            |
| 2    | Verde      | RX             |
| 3    | -          | -              |
| 4    | Branco     | TX             |
| 5    | Vermelho   | VCC            |
| 6    | Azul       | Dados do DHT22 |

(a) Pinagem do conector DHT22 e Gravação

| Pino | Cor do Fio | Função |
|------|------------|--------|
| 1    | Vermelho   | VCC    |
| 2    | Vermelho   | VCC    |
| 3    | Preto      | GND    |
| 4    | Amarelo    | Dados  |
| 5    | Amarelo    | Dados  |
| 6    | Preto      | GND    |

(b) Pinagem do conector AD

| Pino | Cor do Fio | Função |
|------|------------|--------|
| 1    | Branco     | SDA    |
| 2    | Azul       | SCL    |
| 3    | -          | -      |
| 4    | Vermelho   | VCC    |
| 5    | Preto      | GND    |
| 6    | -          | -      |

(c) Pinagem do conector I2C

| Pino | Cor do Fio | Função |
|------|------------|--------|
| 1    | Vermelho   | VCC    |
| 2    | Vermelho   | VCC    |
| 3    | Preto      | GND    |
| 4    | Amarelo    | Dados  |
| 5    | Amarelo    | Dados  |
| 6    | Preto      | GND    |

(d) Pinagem do conector 1-wire

Tabela 7 – Pinagem dos conectores

#### 4.1.2 Módulo do Pluviógrafo

Assim como a placa da miniestação o módulo do sensor utilizado para mensurar a pluviosidade também foi construído através do método de transferência térmica. O custo final deste módulo ficou em cerca de R\$12,50, tendo como base os valores cotados no Brasil.

O módulo foi construído para ser extremamente compacto e funcional (Figura 27), inicialmente terá a responsabilidade de coletar o movimento da bascula do pluviógrafo, que gerará um pulso quando fechar o circuito através da chave *reedswitch* a cada transição e posteriormente quando solicitado, enviar os dados para o ESP8266. Porém é previsto num trabalho futuro, realizar o tratamento dos dados coletados no próprio ATtiny e enviar já a informação pronta para a miniestação. O *firmware* funcionou como projetado e através de testes feitos em laboratório obteve-se o resultado conforme mostrado na Figura 28.

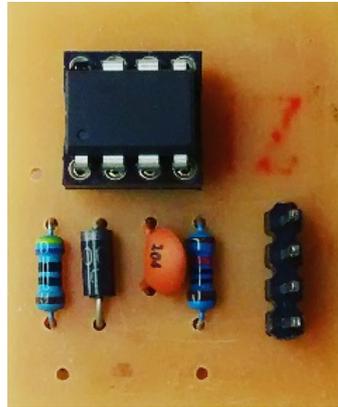


Figura 27 – Placa pronta do módulo de coleta de dados do pluviógrafo.

A screenshot of a serial terminal window titled "Serial | COM3". The window displays a series of JSON data packets received from the pluviograph module. The packets are formatted as follows: {"endereco\_sensor": "4", "id\_sensor": "12", "data": "01/1/0", "horario": "23:1:34", "movimento": "4"}. The time and movement values change in each packet, indicating continuous data collection. The terminal window includes standard controls like "Connect", "Dtr", "Rts", "Auto-Scroll", "Auto-Recon", "Auto-Clear", "Echo Off", "No line ending", and "9600".

```
Serial | COM3
{"endereco_sensor": "4", "id_sensor": "12", "data": "01/1/0", "horario": "23:1:34", "movimento": "4"}
{"endereco_sensor": "4", "id_sensor": "12", "data": "01/1/0", "horario": "23:1:36", "movimento": "4"}
{"endereco_sensor": "4", "id_sensor": "12", "data": "01/1/0", "horario": "23:1:38", "movimento": "4"}
{"endereco_sensor": "4", "id_sensor": "12", "data": "01/1/0", "horario": "23:1:40", "movimento": "4"}
{"endereco_sensor": "4", "id_sensor": "12", "data": "01/1/0", "horario": "23:1:42", "movimento": "4"}
{"endereco_sensor": "4", "id_sensor": "12", "data": "01/1/0", "horario": "23:1:44", "movimento": "4"}
{"endereco_sensor": "4", "id_sensor": "12", "data": "01/1/0", "horario": "23:1:46", "movimento": "4"}
{"endereco_sensor": "4", "id_sensor": "12", "data": "01/1/0", "horario": "23:1:48", "movimento": "4"}
{"endereco_sensor": "4", "id_sensor": "12", "data": "01/1/0", "horario": "23:1:50", "movimento": "4"}
{"endereco_sensor": "4", "id_sensor": "12", "data": "01/1/0", "horario": "23:1:52", "movimento": "4"}
{"endereco_sensor": "4", "id_sensor": "12", "data": "01/1/0", "horario": "23:1:54", "movimento": "4"}
|
```

Figura 28 – Resultado obtido dos testes do pluviógrafo.

## CAPÍTULO 5

---

# CONCLUSÕES

---

Todos os anos surgem novas tecnologias na área de sistemas embarcados, além de novas plataformas, novos conceitos, sistemas mais inteligentes e mais baratos. Mas, tudo não passa de uma simples plataforma, se não forem aplicados à resolução de problemas. Assim com essa visão, concluímos que o trabalho desenvolvido é capaz de resolver problemas de coleta de dados de diversas áreas a um baixo custo, principalmente quando se compara os preços de tecnologias existentes no mercado com o custo final da miniestação . Pesquisando em sites especializados em vendas de sensores voltados a agricultura, foram encontradas miniestações mais simples custando dez vezes mais, que o valor estipulado na construção da estação que foi proposta neste trabalho (Tabela 8). Isso mostra que através da inovação e da pesquisa, pode-se ser mais competitivo e criar tecnologia nacional a baixo custo.

Na estação desenvolvida, além do baixo custo, tem-se a vantagem de poder adicionar novos sensores, conforme surjam as necessidades, o que não ocorre de forma intuitiva em parte das versões comerciais encontradas. E quando oferecidas estas opções, o custo do sensor é bastante elevado.

Após todo o trabalho, observa-se que o ganho de experiência pelo aluno foi imenso, pois pode aliar os conhecimentos adquiridos durante a graduação e aplicá-los em

problemas reais, chegando ao ponto de desenvolver um produto que após pequenos ajustes pode ser tranquilamente comercializado.

É interessante reforçar que para o Grupo de Pesquisa CAP, a finalização desta miniestação trouxe a possibilidade de continuar seguindo na linha de pesquisa, focando agora na implementação de softwares de roteamento de dados nas redes sem fio e fechar parcerias com outros grupos para trabalhar os dados e aplicar o equipamento em campo.

| <i>Marca</i>      | <i>Modelo</i>     | <i>Custo em R\$</i> | <i>Quantidade de Sensores</i> | <i>Possibilidade de adicionar novos sensores</i> |
|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|--|
| Oregon Scientific | Wmr200a           | R\$2990,00          | 4                             | Não  |
| IMPAC             | IPWH-108D         | R\$1407,99          | 4                             | Não  |
| Davis             | Pro2 6153         | R\$11700,00         | 4                             | Não  |
| Libelium          | Smart Agriculture | R\$7625,36          | 6                             | Sim  |

Tabela 8 – Comparação de preços entre miniestações comerciais

## 5.1 Dificuldades encontradas

Durante o desenvolvimento do trabalho uma grande dificuldade que ocorreu foi já após ter toda a miniestação projetada ter que trocar o CI ADS1115 fornecido pela *Texas Instruments*, a princípio achou-se que seria possível conseguir soldar o CI na placa, porém ao roteá-la no *Eagle*, observou-se que o componente por ser muito pequeno, ficou sem roteamento e então este foi feito a mão. Ao imprimir a placa para então passar para o processo de termotransferência notou-se que a proximidade da trilha era tamanha que no processo de transferência o toner acabava derretendo demais e as trilhas se juntavam, provocando um curto-circuito. Para a resolução do problema, o orientador e o supervisor sugeriram a troca na forma de aquisição dos sinais analógicos, e então foi comprado um módulo já pronto, porém de tamanho muito maior, foi refeita a parte das conexões e então foi finalizado e gerada uma nova placa.

## 5.2 Sugestões e trabalhos futuros

Como sugestão de trabalhos futuros, pode-se:

- Trocar o sistema de alimentação feita por uma bateria de alarme, por baterias do tipo células de notebook, que são menores e mais leves e oferece a não necessidade de regulagem para rebaixar a tensão para 5V.

- Implementar junto ao sistema um carregador de baterias utilizando painéis solares, o que deixaria o sistema ainda mais independente quando utilizando em campo.
- Implementar *firmware* de reconhecimento do sensor automaticamente, onde ao plugar o sensor a miniestação verificaria endereços disponíveis e atribuiria um endereço a ele. Como por exemplo, na tabela de endereços da miniestação o último valor é 0X48 e um sensor X com um endereço 0XFF (último endereço variando de 0 a 255) pré gravado é plugado na miniestação e este é reconhecido como um novo sensor, a miniestação recebe o nome do sensor "sensorX\_funçãoY" e cria um campo no arquivo pra ele, verifica a tabela de endereços e atribui o próximo endereço a ele no caso 0X49. E assim fará a cada novo sensor plugado.
- Desenvolvimento de uma interface gráfica para visualização dos dados e possíveis configurações do sistema.

---

## REFERÊNCIAS

---

- BANDERALI, M. A agricultura inteligente. 2012. Disponível em: <<http://www.agsolve.com.br/dicas-e-solucoes/a-agricultura-inteligente>>. 1
- BUECHLEY, L. *Programming an Attiny w/ Arduino 1.6*. 2013. Disponível em: <<http://highlowtech.org/?p=1695>>. 24
- EMBRAPA. *Tecnologia em mecanizacao no Brasil: equipamentos e sistemas para o futuro*. [S.l.]: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. 5
- FRAGA, A. P. J. Pluviômetro de bóia automático. 2012. Disponível em: <[http://meteorologia.florianopolis.ifsc.edu.br/formularioPI/arquivos\\_de\\_usuario/20092D.pdf](http://meteorologia.florianopolis.ifsc.edu.br/formularioPI/arquivos_de_usuario/20092D.pdf)>. 6
- GANSSELE, J. G. A guide to debouncing. 2008. Disponível em: <<http://www.eng.utah.edu/~cs5780/debouncing.pdf>>. 22
- GERUM, P.; YAGHMOUR, K. *Building embedded linux systems*. Shroff Publishers & Distributors Pvt Ltd, 2003. 4
- IRAZABAL, S. B. J.-M. Application note an10216-01 i2c manual. 2003. Disponível em: <[http://www.nxp.com/documents/application\\_note/AN10216.pdf](http://www.nxp.com/documents/application_note/AN10216.pdf)>. 9
- LOPES, J. M. A. Guia para a elaboração de placas de circuito impresso. 2016. Disponível em: <[http://www.cee.uma.pt/hardlab/wp-content/uploads/tutorials/guia\\_placas\\_circuito\\_impreso\\_v1.pdf](http://www.cee.uma.pt/hardlab/wp-content/uploads/tutorials/guia_placas_circuito_impreso_v1.pdf)>. 25
- MAXIM-INTEGRATED. Ds18b20 programmable resolution 1-wire digital thermometer. 2016. Disponível em: <<http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>>. viii, 15, 17
- NETO, E. J. K. Desenvolvimento de um firmware para o hardware de uma mini-estação agrometeorológica operando sobre tcp/ip. *Instituto de Computação - Universidade Federal de Mato Grosso*, 2016. v, 23, 24

- PEREIRA, R. B. de O. *Implementação por sistemas embarcados de protótipo parametrizável para coleta de dados microclimáticos georreferenciados*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Mato Grosso, dez. 2013. 2, 5, 12, 16, 18
- PHILIPS-SEMICONDUCTORS. The i2c-bus and how to use it. 2013. Disponível em: <[http://www.i2c-bus.org/fileadmin/ftp/i2c\\_bus\\_specification\\_1995.pdf](http://www.i2c-bus.org/fileadmin/ftp/i2c_bus_specification_1995.pdf)>. viii, 10, 11
- QUEIROZ, D. d. et al. Agricultura de precisão na produção de grãos. *BORÉM, A.; GIUDICE, MP; QUEIROZ, DM; MANTOVANI, EC*, p. 1–41, 2000. 5
- TEIXEIRA, C. A. *APOSTILA DE HIDROLOGIA APLICADA*. [S.l.]: Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Curitiba Departamento Acadêmico de Construção Civil - DACOC, 2010. 6
- TEXAS-INSTRUMENTS. Ultra-small, low-power, 16-bit analog-to-digital converter with internal reference. 2013. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1115.pdf>>. 17
- TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. *Ciência Rural*, v. 32, n. 1, p. 159–163, 2002. 5