



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Botucatu



**MARCOS ROBERTO RUYBAL BICA**

**SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS E COMUNICAÇÃO SEM FIO PARA  
MONITORAMENTO DE TEMPERATURA EM SILO DE ARMAZENAMENTO DE GRÃOS**

**Botucatu**

**2019**



**MARCOS ROBERTO RUYBAL BICA**

**SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS E COMUNICAÇÃO SEM FIO PARA  
MONITORAMENTO DE TEMPERATURA EM SILO DE ARMAZENAMENTO DE  
GRÃOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura)

Orientador(a): Prof. Dr. Alexandre Dal Pai

**Botucatu**

**2019**

B583s

Bica, Marcos Roberto Ruybal

Sistema de aquisição de dados e comunicação sem fio para monitoramento de temperatura em silo de armazenamento de grãos /

Marcos Roberto Ruybal Bica. -- Botucatu, 2019

60 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Alexandre Dal Pai

1. Instrumentação eletrônica. 2. Aquisição de dados. 3. Armazenamento de grãos. 4. Temperatura. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: **“SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS E COMUNICAÇÃO SEM FIO PARA MONITORAMENTO DE TEMPERATURA EM SILO DE ARMAZENAMENTO DE GRÃO”**

AUTOR: MARCOS ROBERTO RUYBAL BICA

ORIENTADOR: ALEXANDRE DAL PAI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

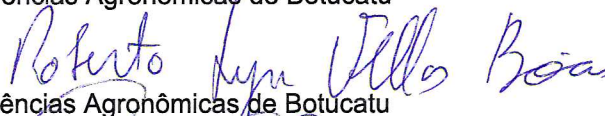
Prof. Dr. ALEXANDRE DAL PAI

Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Prof. Dr. FRANCISCO SÉRGIO DOS SANTOS

Engenharia da Computação / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo



Botucatu, 04 de novembro de 2019.



***A minha família muito especial***

***Sílvia, Gabriel, Mariana e Miguel***

***Dedico***



## **AGRADECIMENTOS**

**A DEUS.**

**Aos meus pais, José Gomes Bica (*in memorian*) e Jeanete Marly Ruybal Bica.**

**A minha esposa Sílvia pela compreensão e força, aos meus filho Gabriel, Mariana e Miguel por terem acreditado junto comigo nessa jornada.**

**Ao Professor Dr. Alexandre Dal Pai, por todo o ensinamento e perseverança, fatores primordiais para a realização deste trabalho.**

**Aos amigos do grupo de pesquisa, Marcus Vinícius, Matheus, José Rafael e Domingos, pela ajuda mutua nos trabalhos.**

**Aos amigos professores do Instituto Federal Francisco Sérgio e Adriano, pelo companheirismo, nos estudos e nas jornadas na estrada.**

**Aos técnicos de laboratório Firmo e Marcelo, sem vocês as instalações seriam mais difíceis.**

**Ao Professor Dr. Roberto Lyra por acreditar e permitir a realização do experimento nas dependências da Fazenda Lageado.**

**Aos Professores do Instituto Federal pelo apoio prestado.**

**Muito Obrigado!**



***“Escrever não significa converter o real em palavras, mas sim fazer com que a  
palavra seja real (Augusto Roa Bastos)”***



## RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento e implantação de um sistema de aquisição de dados de temperatura, em um silo de armazenamento de grãos, carregado com milho. Os dados foram coletados no silo por um sistema Arduino ao qual são acoplados os sensores de temperatura. Após a leitura os dados são transmitidos via rádio e exibidos em tempo real em uma tela de computador criada especificamente para que o usuário do sistema consiga identificar os pontos de medição rapidamente. Essa informação é importante para subsidiar o operador do sistema na tomada de decisão sobre intervir ou não no processo de aeração dos grãos para manter a qualidade do produto armazenado. Os dados coletados são armazenados e podem compor uma série histórica do comportamento da temperatura dos grãos durante o armazenamento, bem como serem utilizados em pesquisas acadêmicas. A parte experimental deste trabalho, corroborou para a validação do mesmo. O sistema contou com 12 sensores distribuídos dentro do silo, e as leituras foram realizadas com intervalo de 15 minutos no período entre 16 de julho e 18 de outubro de 2018. Nesse período foram coletados 104640 medidas de temperatura, que permitiram realizar diversas análises. Foi verificado que o sistema pode ser usado para avaliar como foi o comportamento térmico dos grãos e quais foram as reações do milho depois de atuações para diminuição da temperatura. A partir da variação de temperatura entre o volume do silo sem grãos e com a presença dos mesmos é possível estimar o volume ocupado pelo grão no mesmo.

**Palavras-chave:** Termometria. Microcontrolador. Comunicação sem fio.



## ABSTRACT

This paper presents the development and implementation of a temperature data acquisition system in a grain storage silo loaded with corn. Data were collected in the silo by an Arduino system to which the temperature sensors are coupled. After reading the data is transmitted by radio and displayed in real time on a computer screen specifically designed so that the system user can identify the measuring points quickly. This information is important to support the system operator in deciding whether or not to intervene in the grain aeration process to maintain the quality of the stored product. The collected data are stored and can compose a historical series of grain temperature behavior during storage, as well as being used in academic research. The experimental part of this work corroborated its validation. The system had 12 sensors distributed inside the silo, and the readings were taken with a 15-minute interval between July 16 and October 18, 2018. During this period 104640 temperature measurements were collected, which allowed to perform various analyzes. It was verified that the system can be used to evaluate how was the thermal behavior of the grains and what were the reactions of the corn after actions to decrease the temperature. From the temperature variation between the volume of the silo without grains and with their presence it is possible to estimate the volume occupied by the grain in it.

**Keywords:** Thermometry. Microcontroller. Wireless Communication.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de aquisição de dados.....	23
Figura 2 - Esquema de ligação Termopar.....	25
Figura 3 - Resistor NTC e Curva Característica do componente.....	25
Figura 4 - Sensor de temperatura eletrônico.....	26
Figura 5 - Microcontrolador e Arquitetura interna.....	28
Figura 6 - Arduino mega 256.....	28
Figura 7 - Módulos de comunicação.....	30
Figura 8 - Exemplo de Sistema supervisório.....	31
Figura 9 - Sensor de temperatura DS18B20.....	32
Figura 10- Identificação dos sensores e valores de temperatura individual.....	33
Figura 11 - Arduino UNO.....	34
Figura 12 - Esquema de ligação dos sensores de temperatura.....	35
Figura 13 - Módulo Xbee.....	35
Figura 14 - Gabinete.....	36
Figura 15 - Diagrama de ligação.....	37
Figura 16 - Montagem experimental.....	37
Figura 17 - Layout interface.....	38
Figura 18 - Placa de interface.....	38
Figura 19 - Sensor montado.....	39
Figura 20 - Proteção do sensor.....	39
Figura 21 - Representação dos sensores dentro do silo.....	40
Figura 22 - Envio de comando.....	41
Figura 23 - Dados enviados ao computador.....	41
Figura 24 - Fluxograma.....	42
Figura 25 - Tela Principal da aplicação.....	43
Figura 26 - Detalhe de escolha do intervalo de tempo.....	43
Figura 27 - Detalhe dos botões de comando.....	44
Figura 28 - Dados em planilha de cálculo.....	45
Figura 29 - Gráficos da leitura dos 6 sensores no dia 14/08/18.....	47
Figura 30 - Gráfico - Sensor 1 temperatura média horária durante 31 dias.....	48
Figura 31 - Gráficos temperaturas entre os dias 16/07 e 18/10/19.....	49
Figura 32 - Gráficos de comparação entre sensores.....	50



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADC	Conversor Analógico Digital
IDE	Ambiente Integrado de Desenvolvimento
GSM	Sistema Global para Comunicação Móvel
NTC	Coeficiente de Temperatura Negativo
PTC	Coeficiente de Temperatura Positivo
USB	Barramento Universal Serial
WI-FI	Fidelidade sem Fio
IOT	<i>Internet Of Things</i>



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
1.1	Objetivo.....	22
1.2	Justificativa.....	22
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>23</b>
2.1	Sensores.....	24
2.1.1	Sensores digitais.....	24
2.1.2	Sensores analógicos.....	24
2.2	Condicionador de sinal.....	27
2.3	Hardware de aquisição.....	27
2.3.1	Datalogger.....	27
2.3.2	Microcontroladores.....	27
2.4	Comunicação.....	29
2.5	Processamento.....	30
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
3.1	Sensor de Temperatura do interior do silo.....	32
3.2	Plataforma Arduíno.....	34
3.3	Modulo de comunicação.....	35
3.4	Aplicativo de comunicação e armazenamento de dados.....	36
3.5	Gabinete de Montagem.....	36
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
4.1	Placa de interface.....	38
4.2	Instalação dos sensores.....	39
4.3	Funcionamento do sistema de aquisição.....	40
4.4	Aplicativo de processamento.....	43
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
5.1	Custo de montagem.....	51
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>
	REFERÊNCIAS.....	53
	APÊNDICE A - Código fonte.....	55
	APÊNDICE B - Tela principal.....	60



## 1 INTRODUÇÃO

Segundo dados do IBGE, no ano de 2017, enquanto os setores de serviço e indústria tiveram retração da ordem de -0,9% e -0,2% em relação ao PIB, respectivamente, o setor agropecuário teve um crescimento acumulado de 14,5% (GAMA, 2017).

Dentro das atividades da agropecuária, um dos destaques é a produção de grãos, principalmente pelo volume de produção e dos valores monetários envolvidos, porém, problemas com logística, gerenciamento de riscos, infraestrutura de portos e armazenagem, comprometem a rentabilidade dos produtores (DAVID et al., 2018). O produtor não tem como intervir em todos os problemas mas, pelo menos um deles está ao seu alcance, que é o armazenamento. Além da disponibilidade, uma das tarefas importantes no armazenamento é a manutenção da integridade dos grãos e um dos indicadores dessa qualidade é a temperatura (ELY, 2018). A temperatura da massa granular adequada para inibir o desenvolvimento de fungos é de 20°C, aliada a 60% de umidade relativa do ar intragranular (SILVA, 2014).

O monitoramento da temperatura da massa granular é importante para que ações preventivas sejam adotadas no sentido de evitar o aquecimento dos grãos e com isso garantir a integridade dos mesmos.

Em muitos casos, o monitoramento é realizado de forma manual: onde uma pessoa responsável pela manutenção do sistema de armazenamento dirige-se ao silo empunhando um terminal, que é plugado a tomadas para realizar a leitura dos sensores de temperatura que ficam dispostos em diferentes alturas. Essa informação é transcrita em uma planilha, para posterior análise e tomada de decisão.

O processo de aquisição de dados está facilitado pela popularização dos sistemas microcontrolados e com o acesso a sensores eletrônicos que dispensam calibração, além da facilidade do acoplamento desses dispositivos a sistemas de comunicação sem fio. Todas essas condições permitem a criação de sistemas de monitoramento de temperatura interna em silos com custo atraente e com informação das condições de temperatura e umidade relativa em tempo real, facilitando e otimizando tanto o trabalho do operador, como permitindo o registro dos dados. O sistema contará com uma placa microcontrolada do tipo Arduino, sensores de temperatura eletrônicos, um sistema de comunicação sem fio e um software

especialmente desenvolvido para apresentação das informações na tela de um computador para acompanhamento e o arquivamento.

Portanto como hipótese é que as tecnologias disponíveis para o processo de aquisição de dados de variáveis possam ser utilizadas no controle de temperatura de armazenagem de grãos em silos, o que permite garantia da qualidade de armazenamento de grãos.

### **1.1 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é desenvolver e avaliar um sistema de monitoramento da temperatura da massa granular em um silo. As informações de temperatura serão apresentadas e armazenadas em arquivo de texto.

### **1.2 Justificativa**

O experimento será instalado no silo da fazenda Lageado, onde a atividade de aferição da temperatura é manual e ocorre uma vez ao dia. O registro da informação é feito em uma planilha. Este modo de controle pode auxiliar o produtor a tomar decisão caso ocorra o aquecimento dos grãos, porém, todo o processo é manual e o método não apresenta um histórico da evolução da temperatura. Verifica-se que ocorre falta de leitura por motivos diversos. O sistema de monitoramento proposto, visa suprir essa ausência de monitoramento e cria um banco de dados de informações sobre o comportamento térmico dos grão.

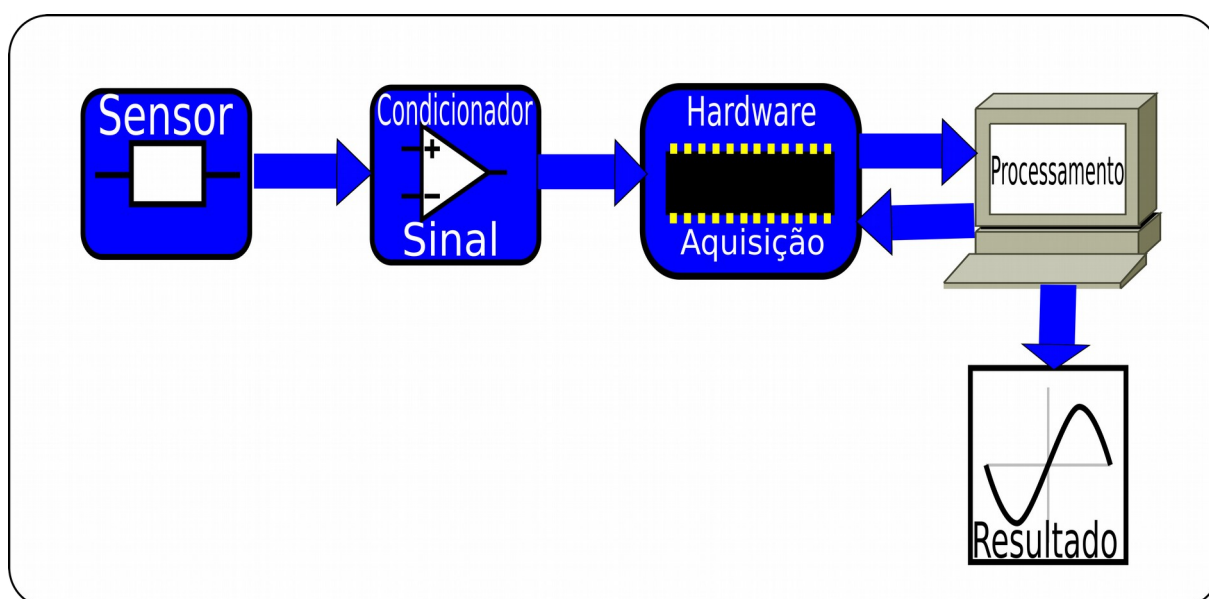
## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Conhecer o comportamento e a variação de grandezas físicas envolvidas em um processo facilita a tomada de decisão, bem como permite às pessoas envolvidas no controle, estudo ou pesquisa referente a esses fenômenos. Quando o registro dessas informações é realizado por um sistema de aquisição de dados, as ações ou domínio do conhecimento passam a ser realizados em tempo real.

A evolução da eletrônica e a popularização de sistemas programáveis de custo acessível facilitou o acesso aos sistemas de aquisição de dados, o que levou vários autores e pesquisadores desenvolverem seus próprios dispositivos. FOLEA et al. (2014) propõe a construção de um *datalogger* de baixo custo, usando um microcontrolador para aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar. O equipamento adquire os dados e armazena em memória. Apresenta as informações em tela e também é equipado com uma impressora para imprimir pequenos relatórios. Através de uma porta USB, os dados podem ser enviados para um computador. O autor prevê a possibilidade de completar o projeto com um sistema de comunicação por WI-FI ou GSM.

Os sistemas de aquisição de dados são compostos por sensores, dispositivos de condicionamento dos sinais, um *hardware* de aquisição e sistemas de armazenamento e processamento das informações. Conforme apresentado na Figura 1.

**Figura 1 - Sistema de aquisição de dados**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

## 2.1 Sensores

Sensores são elementos específicos que transformam uma determinada variável física de interesse (ou faixas de operação dessa variável) em uma grandeza passível de processamento. Uma observação a ser feita é que, em geral, a variável de interesse é transformada em uma grandeza elétrica, uma vez que com os recursos oferecidos pela eletrônica pode-se efetuar uma série de processamentos posteriores (BALBINOT, 2006, p 13).

### 2.1.1 Sensores digitais.

São considerados sensores digitais todo dispositivo que é capaz de assumir dois estados distintos e que muda de estado quando ocorre alguma alteração no meio em que o sensor encontra-se instalado. São bastante úteis em sistemas de controle discretos, nos quais a informação desejada é a variação do estado. Um exemplo são os sensores de presença que acusam quando um movimento ocorre em um ambiente ou, um termostato, que serve para a regulação de temperatura de refrigeradores, estabelecendo um controle de ligar o aparelho quando a temperatura fica abaixo da temperatura desejada e torna a ligar quando a temperatura fica acima do valor programado.

Apesar de serem considerados sensores, esses dispositivos não são adequados para sistemas de aquisição de dados, pois a informação que é possível coletar é se o sistema está ligado ou desligado. No máximo é possível verificar quanto tempo o sistema ficou ativo e quanto inativo.

### 2.1.2 Sensores analógicos

Os sensores podem ser categorizados quanto a natureza do sinal a ser medido. Dessa forma, afirma-se que sensor analógico é todo aquele que é capaz de apresentar o resultado em faixas contínuas de valores ao longo do tempo de amostragem. São sensores analógicos os medidores de temperatura, pressão, umidade, luminosidade e de outras variáveis que sejam contínuas no tempo.

Para o presente trabalho o sensor de interesse é o que mede temperatura. Nesta categoria de sensores é possível encontrar alguns modelos, a saber:

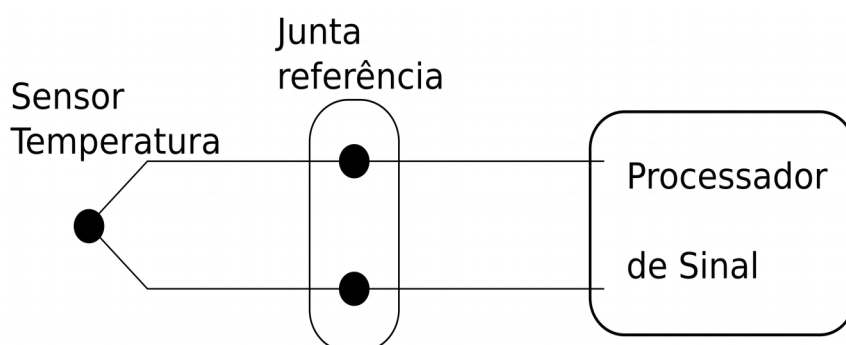
Termopares;

Termistores;

Eletrônicos.

Os termopares são construídos a partir da fusão de dois metais heterogêneos e que, quando uma de suas extremidades é submetida a uma temperatura diferente da outra extremidade, ou de uma fonte de temperatura conhecida (junta fria), uma força eletromotriz é gerada e uma corrente elétrica circula pelo circuito e, por meio desta corrente é possível identificar a temperatura a qual a junção foi submetida. O esquema de ligação pode ser visualizado na Figura 2 (THOMAZINI, 2008).

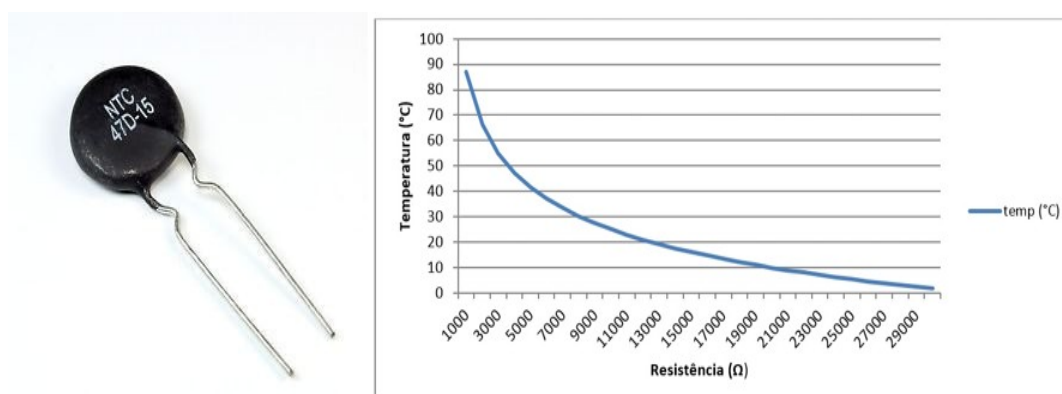
**Figura 2 - Esquema de ligação Termopar**



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Os termistores são componentes semicondutores, cuja resistência elétrica varia de acordo com a temperatura a que são submetidos. Eles podem ter o coeficiente de variação positivo PTC ou negativo NTC. Para a utilização tanto dos PTCs quanto os NTCs, deve-se levar em conta a faixa de trabalho do componente, pois a variação da resistência dos termistores não é linear, bem como são necessários circuitos de comparação e condicionamento de sinais, que podem aumentar as dificuldades de implementação do sistema. Na Figura 3 estão apresentados um NTC e a curva característica do componente (THOMAZINI, 2008).

**Figura 3 - Resistor NTC e Curva Característica do componente**



**Fonte:** Adaptado pelo autor – TERMISTOR (2019)

Os sensores eletrônicos ganharam muito espaço nas aplicações de controle de temperatura, devido as suas características de terem respostas lineares dentro da faixa de trabalho, dispensam rotinas de calibração, uma vez que eles já são construídos para formatarem os sinais elétricos de acordo com a variação de temperatura, e são totalmente compatível com os dispositivos de hardware de aquisição de dados. Em destaque é importante citar dois modelos destes sensores: o LM35 fabricado pela Texas Instruments e o DS18B20 fabricado pela Maxim Dallas. Na Figura 4 é apresentado o sensor LM35.

**Figura 4 - Sensor de temperatura eletrônico**

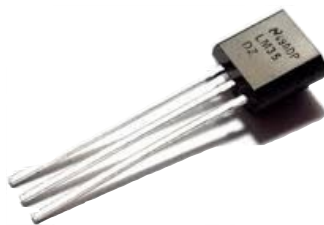


Foto: Marcos R. R. Bica - 2018

O LM35 é um sensor que apresenta como resultado da leitura da temperatura um valor de tensão elétrica com a relação de  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  e pode ser usado em ambientes com temperaturas de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $125^{\circ}\text{C}$  (TEXAS, 2017). O DS18B20 tem a mesma aparência externa do LM35, porém a informação que este sensor envia para o sistema já é condicionada no formato digital, com resolução entre 9 e 12 bits. Essa forma de apresentação dos dados é uma vantagem em relação ao modo analógico do LM35, pois como a resposta do sensor Lm35 é de  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  e o próprio comprimento do cabo elétrico que o liga ao sistema de aquisição pode consumir essa energia, deturpando a informação, além de que cada sensor exige uma entrada exclusiva para leitura da informação. Já a informação que o sensor DS18B20 envia tem os níveis lógicos representados por valores de tensão elétrica bem definidos. O nível lógico baixo é representado por 0 volt enquanto o nível lógico alto é representado pro 5 volts, diminuindo a possibilidade de deformação do sinal, além de requerer um hardware mais simples e com menor custo.

Torres et al.(2015) utilizaram sensores eletrônicos para mensurar dados de temperatura e umidade relativa do ar em seu trabalho e os resultados obtidos apresentaram valores compatíveis com o resultado esperado, demonstrando

viabilidade na utilização desses sensores tendo em vista o custo financeiro reduzido e a precisão apresentada.

## **2.2 Condicionador de sinal**

Alguns sensores necessitam de um circuito auxiliar para que o sinal proveniente da sua resposta ao estímulo tenha sua amplitude amplificada ou reduzida, a fim de tornar esse sinal compatível com o hardware de aquisição. Alguns dispositivos de aquisição, possuem circuitos próprios dispensando a utilização dos circuitos de condicionamento de sinal.

## **2.3 Hardware de aquisição**

Esta etapa do sistema de aquisição de sinais é executada por um equipamento que realiza a interface entre o sensor/condicionador de sinais e o sistema de processamento. Podem ser empregados dispositivos fabricados especificamente para esta tarefa, como os *dataloggers*, até componentes mais simples e de custo bem mais atraente, que são os microcontroladores.

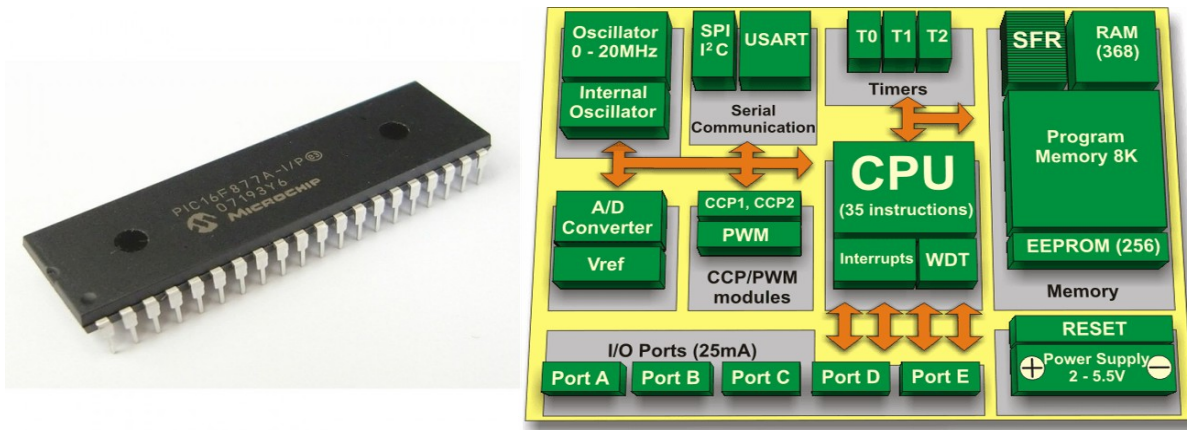
### **2.3.1 Datalogger**

Os *dataloggers* tem como vantagens a versatilidade no interfaceamento com os sensores e a possibilidade do usuário fazer sua programação, porém são equipamentos comerciais de alto custo e com hardware e software proprietários além de não aceitar acessórios de armazenamento de dados e comunicação que não sejam os fornecidos pelo próprio fabricante.

### **2.3.2 Microcontroladores**

Componentes eletrônicos construídos em pastilhas de silício, onde milhões de transistores são dispostos de forma que em sua arquitetura sejam implementados diversos recursos apropriados para realizar tarefas sequenciais e facilitarem o trabalho de aquisição de sinais. A utilização dos microcontroladores, requer maior conhecimento de eletrônica e condicionamento de sinais pelo desenvolvedor o que pode ser considerado por muitos pesquisadores como uma desvantagem, porém seu custo muito menor que o de um datalogger e as novas ferramentas de programação e desenvolvimento tem mudado essa opinião. Na Figura 5 é apresentado um microcontrolador e o esquema de sua arquitetura interna.

**Figura 5 - Microcontrolador e Arquitetura interna**



Fonte: Adaptado pelo autor – MARTELTECNOLOGIA (2018)

Os microcontroladores são aplicados em uma variedade muito grande de equipamentos: eletrodomésticos, automóveis, sistemas de automação de máquinas, robótica entre outros. Atualmente, o microcontrolador pode ser encontrado e aplicado como um componente em uma plataforma de eletrônica embarcada, ou em plataformas de prototipagem que ajudam o desenvolvimento de sistemas microcontrolados, sem que o projetista seja um especialista em eletrônica. A plataforma mais popular do momento é o Arduino, composto de uma placa de prototipagem, que pode receber diversos acessórios, além de uma IDE (*Integrated Develop Enviroment*) que permite ao usuário escrever as funções que serão executadas em linguagem de programação própria e transferir esse programa para a memória do sistema.

**Figura 6 - Arduino mega 256**



Fonte: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) (2018)

Torres et al.(2015) utilizaram uma plataforma de prototipagem Arduino UNO, que teve desempenho satisfatório para um sistema de aquisição de dados meteorológicos de baixo custo.

## **2.4 Comunicação**

Entre o hardware de aquisição de dados e o computador que realiza o processamento da informação é necessário que se estabeleça um canal de comunicação. Este canal pode ser por meio de cabos elétricos, dispositivos de memória (Pen Drive ou Cartão de memória), por meio ótico (Infravermelho) ou por sistemas sem fio via ondas eletromagnéticas.

Os sistemas com cabos ou dispositivos de memória são amplamente utilizados. Os cabos podem ser usados em sistemas onde os dispositivos ficam próximos ou em ambiente preparado para esse fim. Um exemplo de utilização são os ambientes industriais que dispõe de redes de cabos. Os dispositivos de memória são utilizados em sistemas de fácil acesso por pessoas que podem periodicamente realizar a coleta dos dados. Os meios óticos são pouco empregados, pois dependem de posicionamento dos equipamentos para que os feixes de luz incidam diretamente nos receptores. Não são apropriados para instalações externas pois podem sofrer interferência de outras fontes de luz infravermelha. Os sistemas sem fio são os mais apropriados para as aplicações onde o dispositivo de aquisição fica em locais remotos ou de difícil acesso.

Dentre os dispositivos de comunicação sem fio para aplicação em sistemas de aquisição de dados é importante destacar os módulos que utilizam rádio frequência como meio de transporte dos dados. As limitações desses dispositivos são as distâncias e obstáculos entre emissor e receptor. A escolha dos dispositivos que devem ser usados em sistemas com microcontroladores deve levar em conta a maior compatibilidade entre eles. Neste ponto destacam-se os sistemas Lora e Xbee, apresentados na Figura 7.

**Figura 7 - Módulos de comunicação**

Foto: Marcos R. R. Bica - 2018

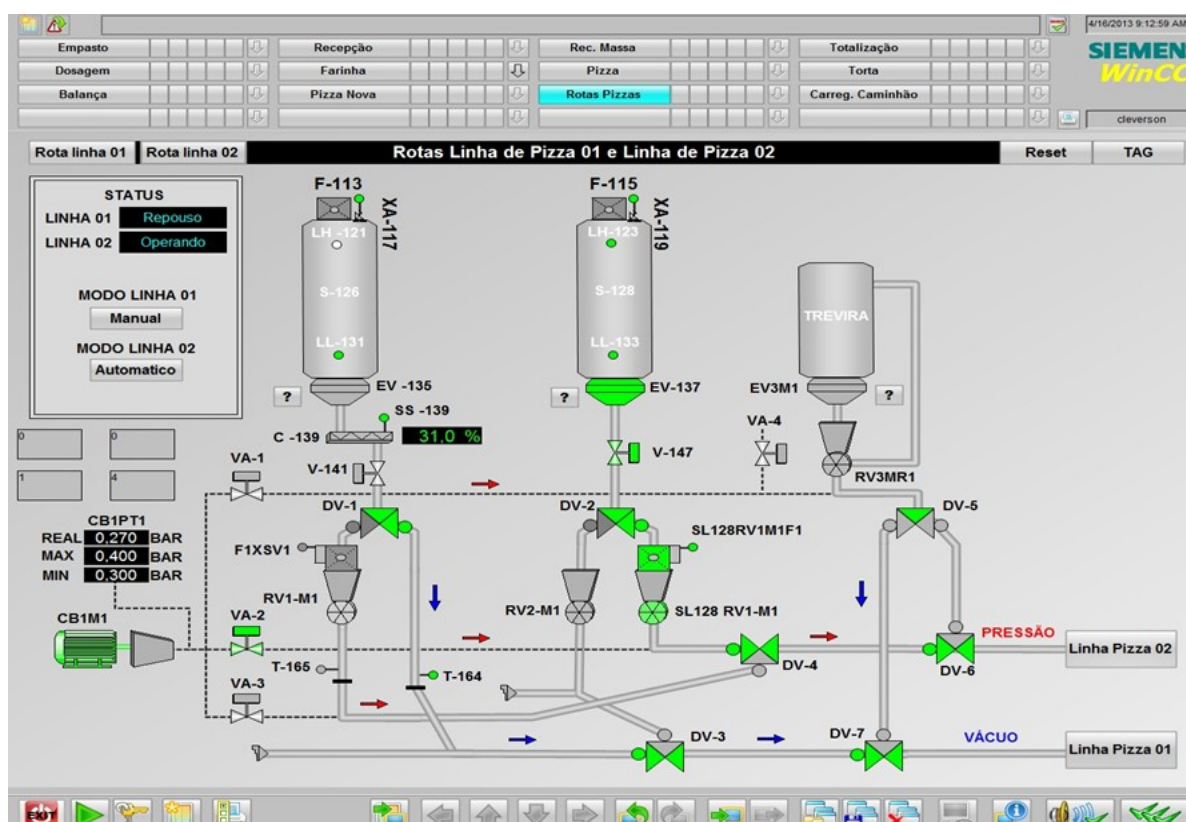
Ambos são totalmente compatíveis com os microcontroladores e Arduino e podem ser aplicados aos projetos de comunicação sem fio. As limitações ficam restritas a melhor comunicabilidade em função da distância ou obstáculos físicos entre a unidade coletora de dados e o sistema de armazenamento. Santos et al. (2017) utilizaram módulos Xbee para criar uma rede com 5 microcontroladores, que atuavam como interface de um sistema de monitoramento de geração de energia fotovoltaica e um computador que realizava todo o processo de armazenamento, monitoramento e análise dos dados de geração e consumo da energia elétrica. Com pontos de comunicação que tinham distâncias variando entre 32 e 260 metros, os módulos atenderam as necessidades de comunicação confiável e eficiente.

## 2.5 Processamento

O processamento dos dados obtidos via sistema de aquisição é executado por um programa previamente criado e instalado em um computador pessoal. Atualmente existem diversas linguagens de programação que podem ser utilizadas, das quais podemos citar JAVA, Python, C# (C sharp), Delphi. O programa criado deve ter interação com a porta de comunicação do PC que será interligada com o sistema de aquisição. O programa pode apenas receber e armazenar os dados para serem analisados em outras ferramentas computacionais, ou realizar a análise prévia. Estes sistemas também podem funcionar como interface de comunicação com o usuário, apresentado em tela os valores dos dados lidos em tempo real subsidiando a intervenção do operador, tal como acionamento de dispositivo de

maneira remota. Nesse caso o programa é chamado de supervisor. Os programas supervisórios tem a finalidade de mostrar as variáveis de controle de um sistema automatizado, as ações que estão ocorrendo por exemplo, o acionamento de um motor ou uma válvula, os níveis de tanques de produtos, temperaturas de processos entre outros. Na Figura 8 pode ser observado a imagem de uma tela de um programa supervisor de controle de uma máquina que produz pizza.

**Figura 8 - Exemplo de Sistema supervisor**



Fonte: SOLUÇÕES INDUSTRIAIS (2019)

Ferrasa et al.(2010), propuseram o monitoramento de temperatura e umidade em silo graneleiro com comunicação por rádio frequência. Segundo os autores, a comunicação por rádio frequência foi um diferencial importante, pois elimina ligações por fio que, em ambientes externos, é indesejável. No seu estudo foram empregados microcontrolador, sensores analógicos e a criação de um sistema supervisor em Java. Segundo o autor o equipamento desenvolvido apresentou confiabilidade na comunicação em distâncias não superiores a 15 metros, fato superado por Santos et al.(2017) com o emprego dos módulos Xbee. O custo de desenvolvimento do protótipo apesar de muito atraente, já pode ser superado com a utilização das tecnologias disponíveis, além da simplificação do sistema eletrônico final.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O sistema de termometria desenvolvido conta com:

- Sensores de temperatura;
- Uma placa de desenvolvimento Arduino;
- Os módulos de comunicação sem fio;
- Um laptop;
- Um aplicativo desenvolvido na linguagem de programação C#;
- Um silo com capacidade de 700 toneladas.

#### 3.1 Sensor de Temperatura do interior do silo

O sensor escolhido para monitorar a temperatura no interior do silo foi o modelo DS18B20, fabricado pela *Dallas Semiconductor*. Seu formato é o mesmo de um transistor com encapsulamento TO 92, com 3 terminais, conforme apresentado na Figura 9.

**Figura 9 - Sensor de temperatura DS18b20**

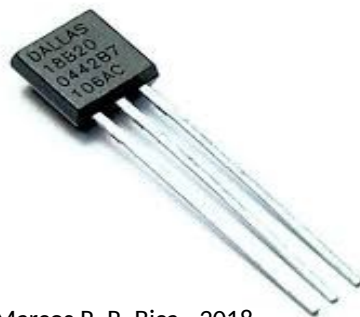


Foto: Marcos R. R. Bica - 2018

Fonte : Elaborado pelo autor.

Este sensor trabalha na faixa de medição entre -55 e 125°C Celsius, com acurácia de +/- 0,5°C na faixa entre -10 e 85°C. É equipado com um ADC que pode ser programado para resolução entre 9 e 12 bits. A informação da temperatura medida é enviada ao sistema leitor por um canal digital com um único fio, utilizando um protocolo próprio de comunicação chamado *one wire* (MAXIM, 2018). Estes sensores possuem uma identificação própria o que permite que por meio do programa do hardware de aquisição, os sensores sejam identificados separadamente permitindo ao sistema saber qual informação de temperatura

pertence a qual sensor. Quando o sistema é inicializado uma rotina de identificação é processada, e a identificação dos sensores é armazenada no sistema, conforme pode ser verificado na figura 10.

Esse modo de comunicação, aliado ao fato dos dados serem enviados no formato digital, diminuem a possibilidade de perdas de informação mesmo com o sensor instalado a mais de 15 metros de distância do dispositivo de aquisição. Outro aspecto é o fato do sensor poder ser instalado em rede, o que facilita a montagem. É possível com apenas 3 fios interligar todos os sensores em um único canal de entrada do microcontrolador(BICA et al., 2018).

Os sensores DS18B20 foram utilizados em rede para demonstrar a condutividade térmica em uma barra de latão, onde foram instalados 5 sensores ao longo da barra e todos interligados em um único canal de comunicação com um Arduino (AMORIM et al., 2015).

**Figura 10- Identificação dos sensores e valores de temperatura individual**

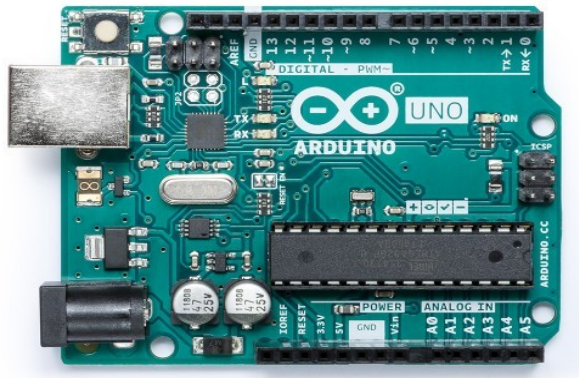
```
Locating devices...Found 3 devices.
Parasite power is: OFF
Device 0 Address: 28EE29C513150174
Device 1 Address: 28FFDEA690150171
Device 2 Address: 28FF45DE311801D6
Device 0 Resolution: 12
Device 1 Resolution: 12
Device 1 Resolution: 12
Requesting temperatures...DONE
Device Address: 28EE29C513150174 Temp C: 31.69
Device Address: 28FFDEA690150171 Temp C: 26.06
Device Address: 28FF45DE311801D6 Temp C: 33.25
Requesting temperatures...DONE
Device Address: 28EE29C513150174 Temp C: 31.69
Device Address: 28FFDEA690150171 Temp C: 26.00
Device Address: 28FF45DE311801D6 Temp C: 33.38
Requesting temperatures...DONE
Device Address: 28EE29C513150174 Temp C: 31.69
Device Address: 28FFDEA690150171 Temp C: 25.94
Device Address: 28FF45DE311801D6 Temp C: 33.44
Requesting temperatures...DONE
Device Address: 28EE29C513150174 Temp C: 31.69
Device Address: 28FFDEA690150171 Temp C: 26.62
Device Address: 28FF45DE311801D6 Temp C: 33.06
Requesting temperatures...DONE
Device Address: 28EE29C513150174 Temp C: 31.69
Device Address: 28FFDEA690150171 Temp C: 28.00
Device Address: 28FF45DE311801D6 Temp C: 32.56
```

**Fonte:** BICA (2018).

### 3.2 Plataforma Arduino

A plataforma Arduino foi escolhida para desenvolver o equipamento por ser de fácil aquisição, programação simples e por atender os requisitos de hardware, facilitando a execução do protótipo. O modelo definido foi o UNO apresentado na Figura 11.

**Figura 11 - Arduino UNO**

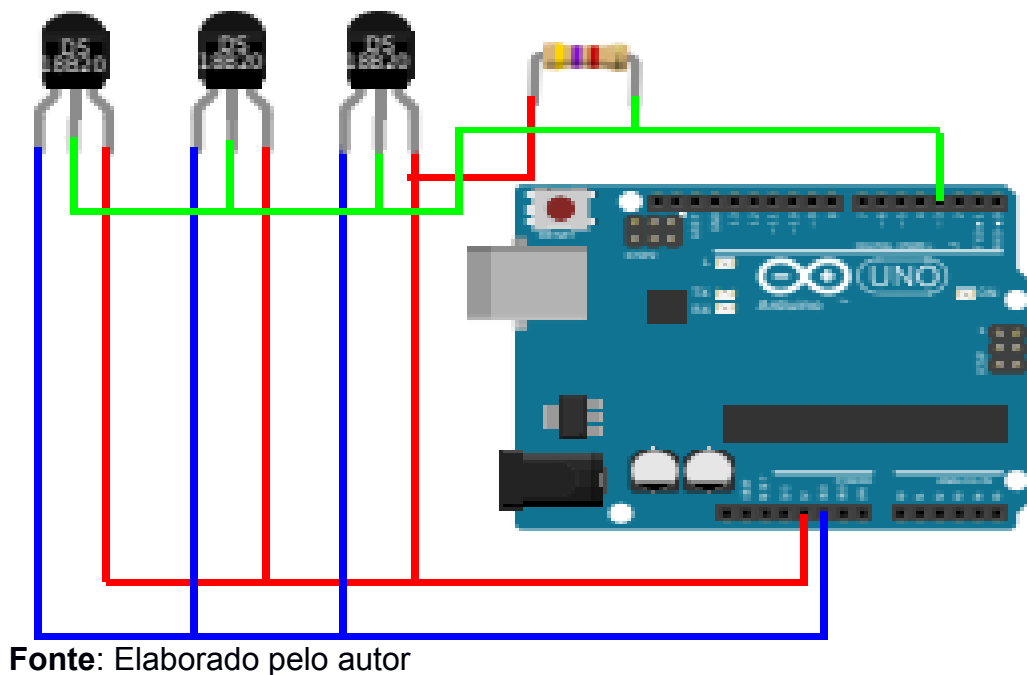


**Fonte:** arduino.cc (2018)

O Arduino é o elemento intermediário no sistema. É o responsável por receber a informação dos sensores de temperatura e enviar ao *Laptop*, onde a informação da temperatura é apresentada ao usuário e armazenada. Por meio do Arduino também é possível acionar remotamente o exaustor de aeração do silo. A placa Arduino UNO possui um canal de comunicação serial, 13 portas de entrada e saída digitais, 6 portas analógicas e um processador ATMEGA 328P, recursos suficientes para a execução do trabalho.

O modo como os sensores foram ligados pode ser visualizada na Figura 11. No sistema instalado no silo são 12 sensores, dispostos em duas colunas de 6 sensores distantes entre si em 2 metros que foram instalados dentro do silo, porém na Figura 11 foram representados apenas 3 sensores para exemplificar a forma de instalação.

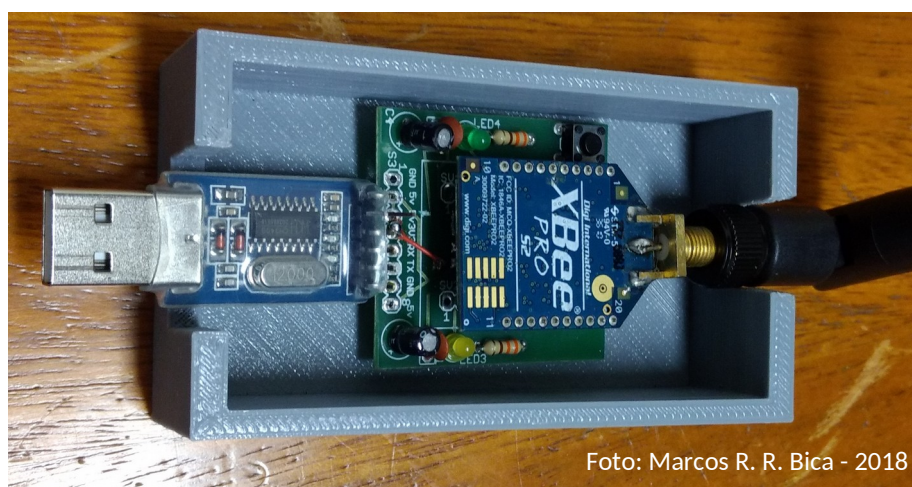
**Figura 12 - Esquema de ligação dos sensores de temperatura**



### 3.3 Módulo de comunicação.

O comunicador utilizado é o Xbee, do modelo ProS2b com frequência de comunicação em 2.4GHz, programados no modo de comunicação transparente. Um módulo ficará ligado ao arduino no silo e outro em um computador no escritório de vendas da fazenda modelo da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP Botucatu. Na Figura 12 é apresentado o módulo que foi ligado ao computador.

**Figura 13 - Módulo Xbee**



### 3.4 Aplicativo de comunicação e armazenamento de dados.

Para desenvolver o aplicativo que foi executado no computador para apresentar em tempo real os valores de temperatura e armazenar a informação coletada foi usada a linguagem de programação C# (C Sharp) que é fornecida na ferramenta Visual Studio versão 12 da Microsoft. A linguagem C# é apropriada para desenvolvimento de programação orientada à objeto, e por ser uma evolução da linguagem C, facilita o desenvolvimento de aplicações tipo supervisorio. Esta ferramenta já possui um ambiente de desenvolvimento que facilita escolher o *layout* de telas inserção de figuras e funções pré programadas principalmente para manipular as portas de comunicação do computador.

### 3.5 Gabinete de Montagem

A placa Arduíno junto com o módulo de comunicação foram montados em um gabinete metálico Figura 14, que foi instalado na parte superior do silo, com finalidade de proteção dos equipamentos contra chuva e sol. O gabinete foi equipado com um ventilador para refrigerar os componentes eletrônicos, e com um sensor de temperatura LM35, com o qual será realizado o monitoramento da temperatura interna do gabinete.

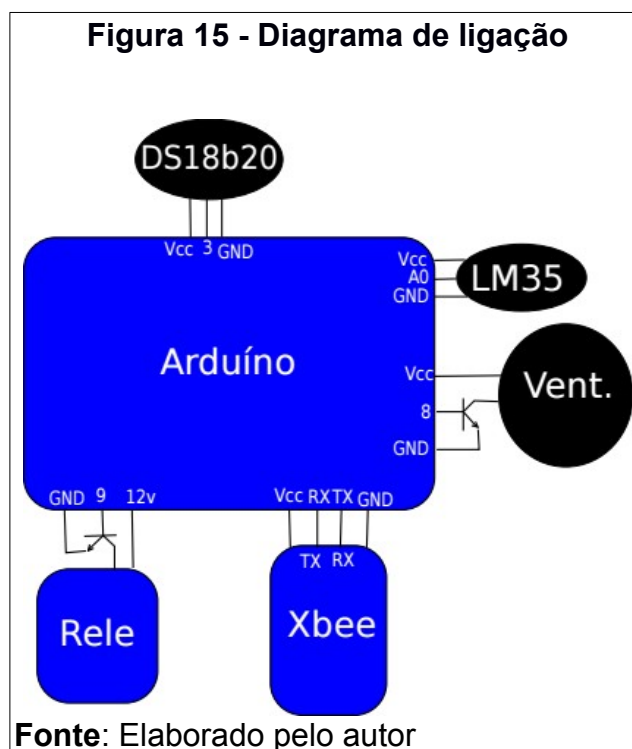
**Figura 14 - Gabinete**



Foto: Marcos R. R. Bica - 2018

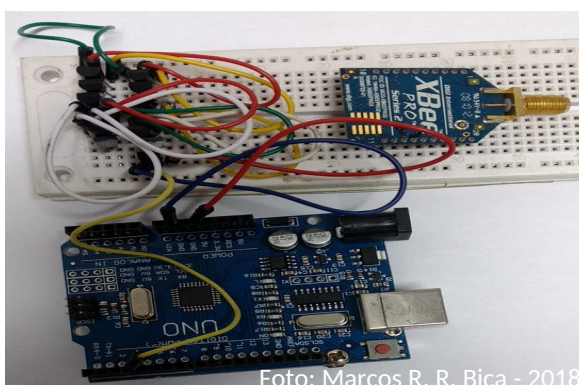
## 4 RESULTADOS

A concepção do sistema foi iniciada pelo planejamento dos componentes que foram agregados ao sistema o qual está apresentado na Figura 15 em diagrama de blocos.



Os sensores DS18b20 foram ligados ao pino 3 do arduíno, o sensor LM35 ao pino analógico A0, o ventilador é comandado pelo pino 8 e o relé que pode acionar uma carga de maior potência, como o exaustor de aeração é controlado pelo pino 9. A comunicação com o Xbee é realizada pelos pinos RX e TX. Para que todas essas interligações não sejam feitas por fios inseridos em bornes como a maioria dos protótipos concebidos com Arduíno e como é visualizado na Figura 16, foi elaborada uma placa de interface especificamente para esse projeto.

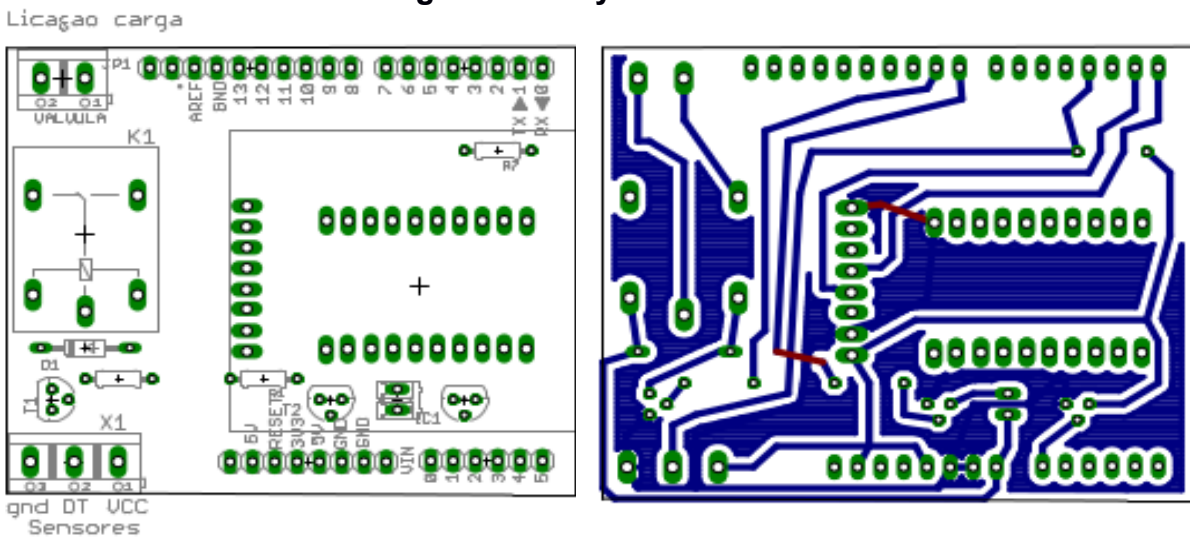
**Figura 16 - Montagem experimental**



#### 4.1 Placa de interface

A placa de interface foi desenhada e construída para receber externamente apenas a ligação do ventilador, do comando para o exaustor e dos sensores de temperatura. Todos os outros componentes estão inseridos nela de modo que a montagem final ficou isenta de muitas ligações periféricas. Na Figura 17 é possível observar a distribuição dos componentes e suas interligações.

**Figura 17 - Layout interface**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Após a confecção e montagem o resultado é apresentado na Figura 18.

**Figura 18 - Placa de interface**

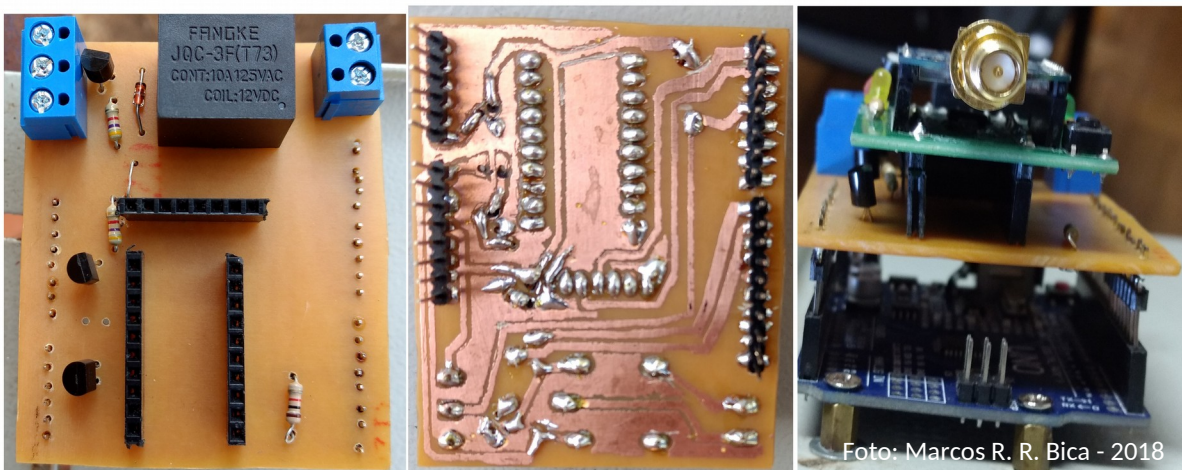
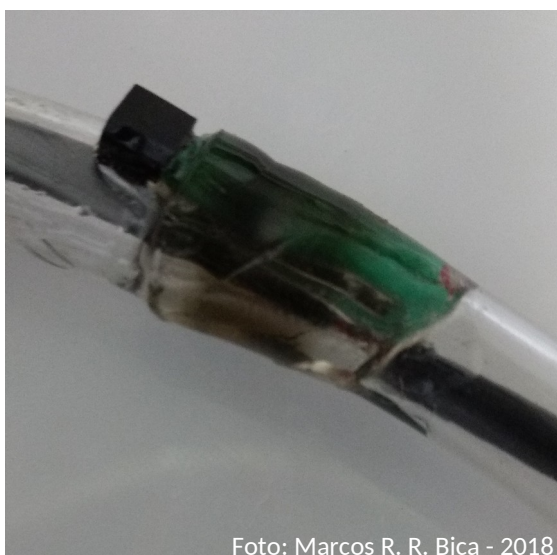


Foto: Marcos R. R. Bica - 2018

#### 4.2 Instalação dos sensores.

Os sensores de temperatura, foram dispostos em duas colunas na parte interna do silo. O Sensor na posição inferior fica a um metro de distância do fundo do silo e os demais foram dispostos a cada 2 metros. As colunas foram montadas com mangueira cristal de 10mm de diâmetro. Um cabo elétrico com 3 fios internos foi passado por dentro da mangueira e os sensores soldados, fixados com adesivo epox e protegidos por uma membrana emborrachada. Nas Figuras 19 e 20 são apresentadas as imagens da montagem dos sensores e na Figura 21 a representação da instalação interna no silo.

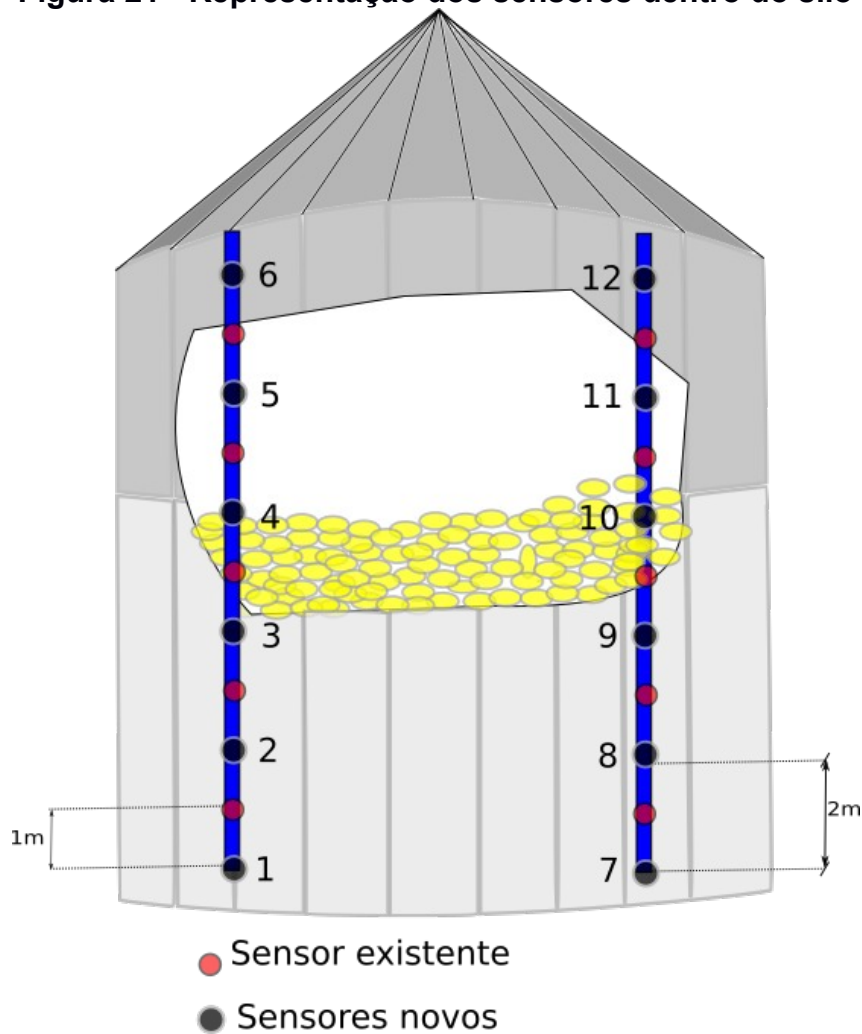
**Figura 19 - Sensor montado**



**Figura 20 - Proteção do sensor**



**Figura 21 - Representação dos sensores dentro do silo**



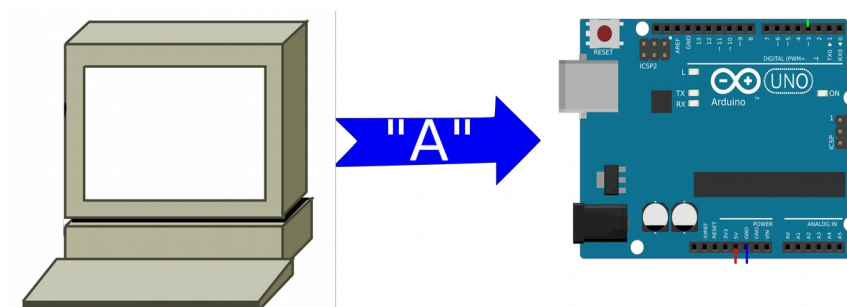
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

As mangueiras foram presas junto com as já existentes para facilitar a instalação, uma vez que o sistema original conta com cabos de aço dentro da mangueira que são presos no piso do silo, para garantir o posicionamento desejado, após o milho ser despejado.

#### **4.3 Funcionamento do sistema de aquisição.**

O Arduino recebe um programa que fica armazenado em sua memória e que rege o seu funcionamento. Para realizar a comunicação foi desenvolvido um protocolo próprio. Os dados de temperatura são lidos pelo Arduino, somente quando recebe um caractere "A", pelo canal de comunicação, conforme ilustrado na Figura 22.

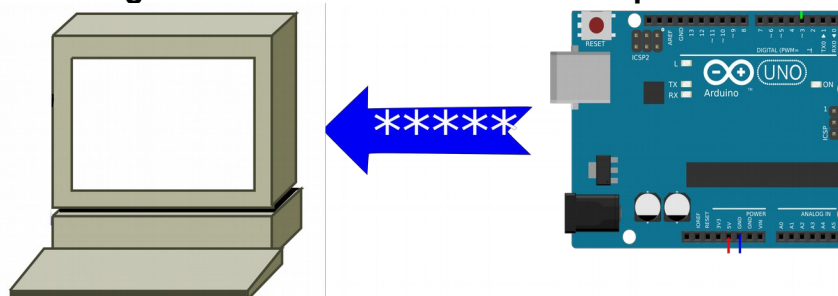
**Figura 22 - Envio de comando**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Ao receber a mensagem o Arduino habilita a leitura dos sensores, monta um pacote de dados e envia para o computador conforme apresentado na Figura 23.

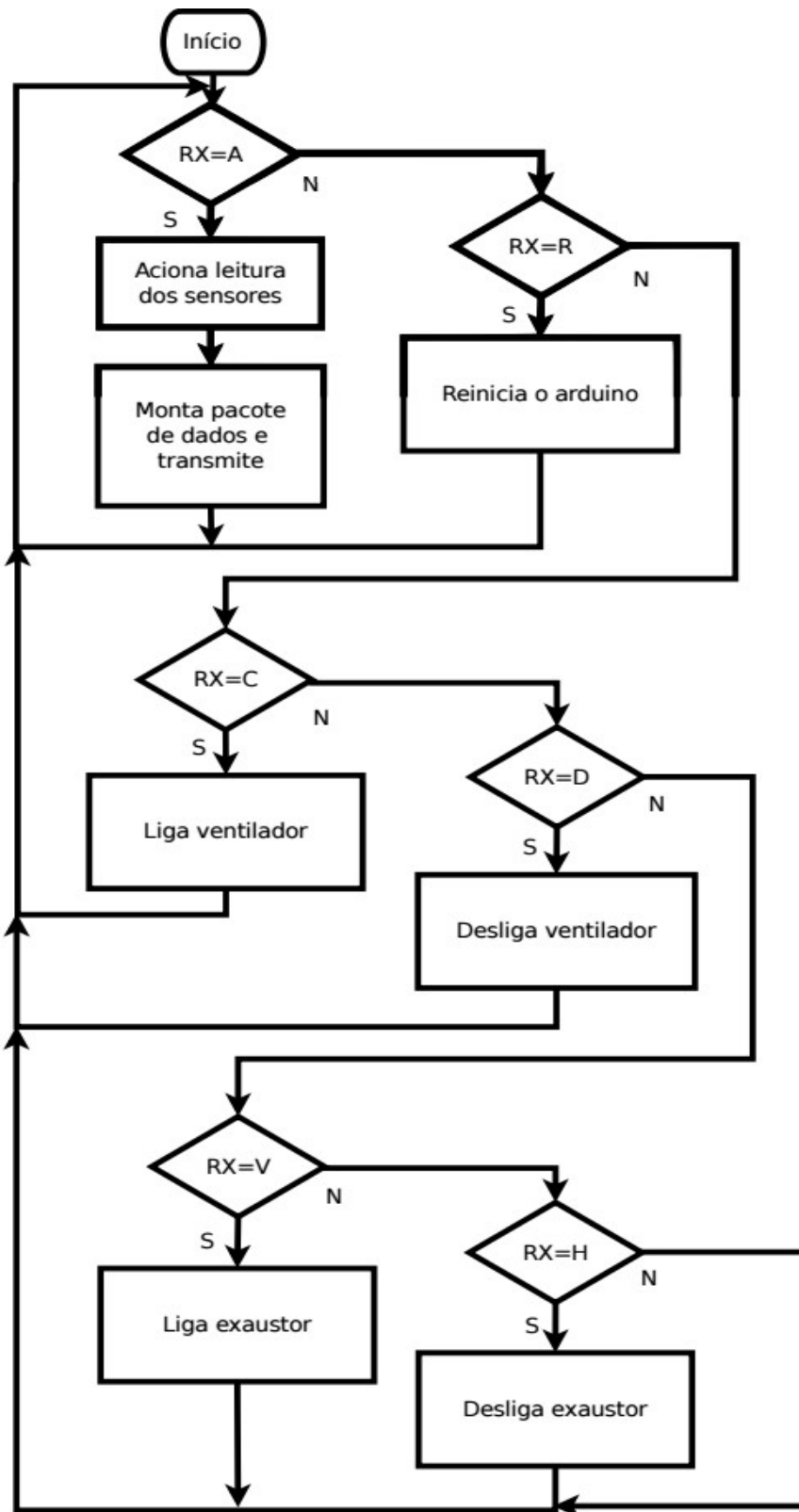
**Figura 23 - Dados enviados ao computador**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Outras mensagens podem ser enviadas para o Arduino que são as letras “C” para ligar o ventilador do gabinete e a letra “D” para desligar, a Letra “V” para ligar o rele e “H” para desligar e por fim a letra “R” para reiniciar o microcontrolador. O Fluxograma deste programa é apresentado na Figura 24 e o código do programa que foi gravado no Arduino está disponível no Apêndice A, atendendo ao conceito de plataforma aberta.

Figura 24 - Fluxograma

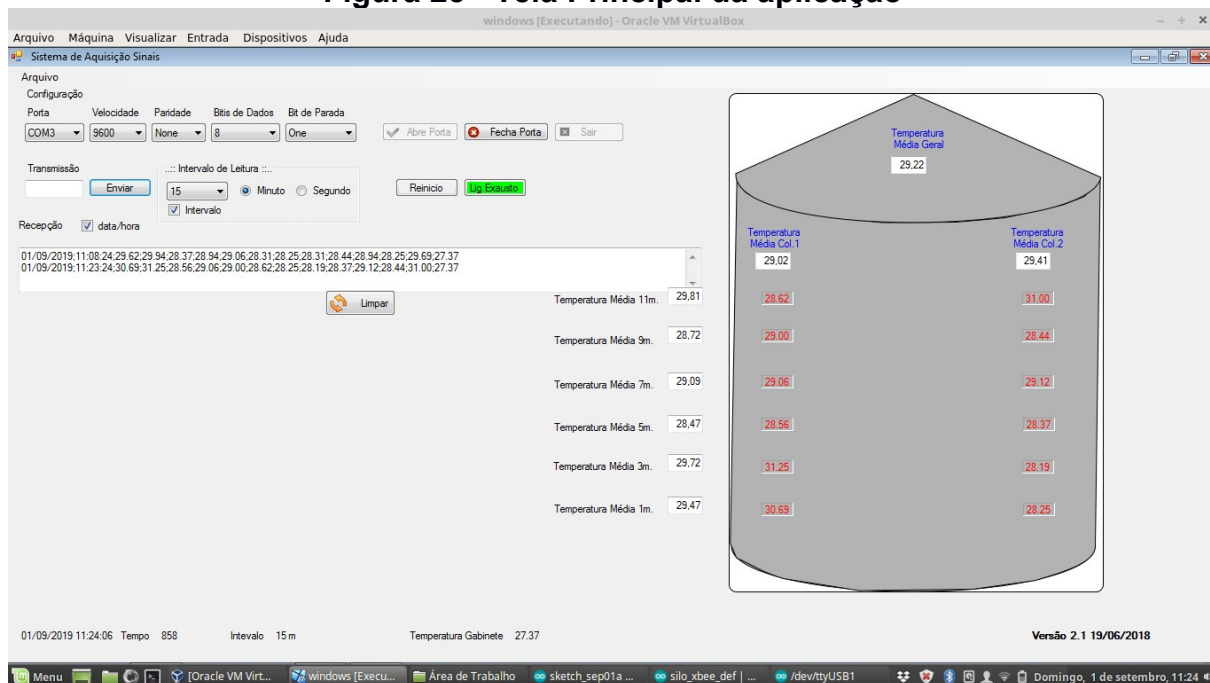


Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.4 Aplicativo de processamento

O aplicativo é um programa de computador cuja tela é apresentada na Figura 25 e no apêndice B.

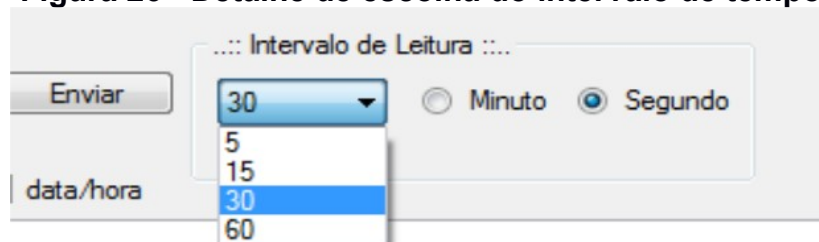
**Figura 25 - Tela Principal da aplicação**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Ao ser inicializado o programa busca as configurações básicas para o funcionamento que são o endereço da porta de comunicação (COM), a velocidade, os parâmetros de paridade, quantidade de bits e quantos bits de parada. Antes de iniciar, o operador pode escolher qual o intervalo de tempo entre as medidas. Para o monitoramento de temperatura ficou estabelecido o intervalo de 15 minutos entre as atualizações, porém é possível escolher outro intervalo que variam entre 5 segundos e 60 minutos com valores pré-definidos. Como pode ser visto Na Figura 26.

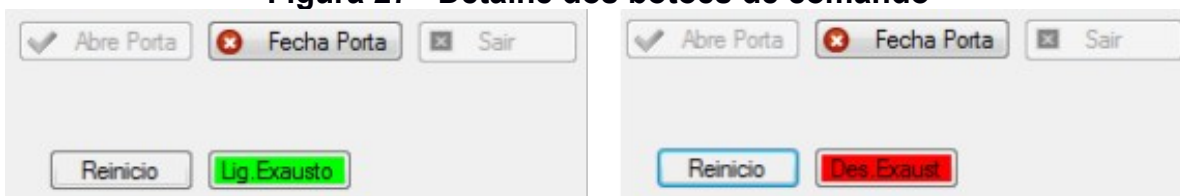
**Figura 26 - Detalhe de escolha do intervalo de tempo**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Para iniciar o funcionamento é preciso pressionar o botão abre porta. Para interromper a execução precisa acionar o botão fecha porta. O botão sair serve para fechar a aplicação. O botão reinício envia o comando de *reset* para o arduíno. O botão Lig. Exausto envia o comando de ligar o relé que aciona uma carga elétrica maior, que pode ser o exaustor de aeração dos grãos. Quando acionado ele muda de cor para chamar a atenção do operador que o exaustor está ligado e se pressionado novamente ele envia o comando de desligar a ventilação. Na Figura 27 estão apresentados os botões.

**Figura 27 - Detalhe dos botões de comando**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Abaixo da palavra transmissão tem um quadro onde pode ser escrito um comando e ao pressionar o botão enviar o comando é enviado para o arduíno via rádio.

Abaixo dos botões tem uma barra branca, onde as últimas leituras de dados são apresentadas, junto com a data e hora da ocorrência. Na figura alusiva ao silo ficam apresentadas as leituras de temperatura nos pontos onde os sensores estão instalados, além da médias por altura as médias por coluna e a média geral no alto do silo. No rodapé da tela estão apresentadas a data e hora do sistema, a contagem regressiva em segundos do tempo que falta para a atualização das informações, qual o intervalo programado, e a temperatura do gabinete.

Com esse parâmetro definido, a cada ciclo de tempo completo, o sistema envia para o módulo de aquisição a mensagem contendo o caractere "A", e recebe os valores de temperatura que os sensores apresentam para o Arduíno. Essa informação é apresentada na tela, com a data e horário do registro e na imagem que representa o silo o valor da última leitura de cada ponto em posição representativa da altura em que se encontra dentro do silo.

Os dados são armazenados em um arquivo, onde cada linha contém todos os dados da leitura, formatados de modo que ao editar o arquivo em uma planilha eletrônica, cada informação fica separada em uma coluna como pode ser observado na Figura 28.

**Figura 28 - Dados em planilha de cálculo**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Data	Hora	Temp1	Temp2	Temp3	Temp4	Temp5	Temp6	Temp7	Temp8	Temp9	Temp10	Temp11	Temp12	Temp_Gab.	
2	22/07/2018	06:41:15	21.12	20.81	19.56	14.25	14.50	13.94	20.00	20.00	19.00	14.56	14.19	13.94	14.17	
3	22/07/2018	06:56:14	21.12	20.81	19.56	14.19	14.50	13.94	20.06	20.00	19.00	14.56	14.19	13.94	14.17	
4	22/07/2018	07:11:15	21.12	20.81	19.56	14.31	14.50	14.00	20.06	20.00	19.00	14.56	14.25	14.06	14.17	
5	22/07/2018	07:26:14	21.12	20.81	19.56	14.56	14.50	14.13	20.00	20.00	19.00	14.56	14.38	14.19	14.66	
6	22/07/2018	07:41:14	21.12	20.81	19.56	14.94	15.00	14.44	20.00	20.00	19.00	15.00	14.69	14.56	15.15	
7	22/07/2018	07:56:14	21.12	20.81	19.56	15.50	15.50	15.06	20.00	20.00	19.00	15.63	15.31	15.19	16.62	
8	22/07/2018	08:11:15	21.12	20.81	19.56	16.12	16.50	15.69	20.00	20.00	19.00	16.19	15.94	15.81	16.62	
9	22/07/2018	08:26:15	21.12	20.81	19.56	16.69	17.00	16.31	20.00	20.00	19.00	16.69	16.56	16.56	18.08	
10	22/07/2018	08:41:14	21.12	20.81	19.56	17.62	18.50	17.69	20.00	20.00	19.00	17.56	17.75	18.19	20.04	
11	22/07/2018	08:56:14	21.12	20.87	19.56	18.69	20.00	19.25	20.00	20.00	19.00	18.50	19.19	19.75	20.04	
12	22/07/2018	09:11:14	21.12	20.81	19.56	19.62	21.00	20.50	20.00	20.00	19.00	19.44	20.37	21.00	20.53	
13	22/07/2018	09:26:14	21.12	20.81	19.56	20.37	22.00	21.56	20.00	20.00	19.00	20.19	21.25	21.94	21.02	
14	22/07/2018	09:41:14	21.12	20.81	19.56	21.25	23.00	22.81	20.00	20.00	19.00	21.06	22.37	23.19	21.99	
15	22/07/2018	09:56:15	21.12	20.87	19.56	22.12	24.50	24.06	20.00	20.00	19.00	21.87	23.44	24.37	22.97	
16	22/07/2018	10:11:15	21.12	20.81	19.56	22.87	25.50	25.19	20.00	20.00	19.00	22.62	24.37	25.25	23.46	
17	22/07/2018	10:26:15	21.12	20.87	19.56	23.31	25.50	25.69	20.00	20.00	19.00	23.12	24.69	25.50	22.48	
18	22/07/2018	10:41:15	21.19	20.81	19.56	23.87	26.50	26.56	20.00	20.00	19.00	23.69	25.25	26.44	23.95	
19	22/07/2018	10:56:14	21.12	20.81	19.56	24.69	27.50	27.81	20.00	20.00	19.00	24.44	26.37	27.69	23.95	
20	22/07/2018	11:11:15	21.19	20.81	19.56	25.06	27.50	28.25	20.00	20.00	19.00	24.87	26.69	27.75	22.97	
21	22/07/2018	11:26:14	21.19	20.87	19.56	25.12	27.50	28.06	20.00	20.00	19.00	25.00	26.56	27.56	22.97	
22	22/07/2018	11:41:14	21.19	20.81	19.56	25.00	27.00	27.62	20.00	20.00	19.00	24.94	26.25	27.12	21.99	
23	22/07/2018	11:56:14	21.19	20.81	19.56	25.25	27.00	27.75	20.00	20.00	19.00	25.19	26.44	27.44	23.46	
24	22/07/2018	12:11:14	21.19	20.81	19.56	25.75	28.00	28.50	20.00	20.00	19.00	25.56	27.00	28.12	24.44	
25	22/07/2018	12:26:14	21.19	20.81	19.56	27.19	30.00	31.06	20.00	20.00	19.00	26.75	28.75	30.44	26.39	
26																
27																

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Como esses dados foram armazenados em uma pasta na nuvem, é possível averiguar o comportamento dos grãos armazenados, a qualquer tempo. Essa facilidade auxilia a tomada de decisão em relação a intervenções necessárias para conter os processos de deterioração dos grãos.

## 5 DISCUSSÃO

Os dados coletados entre os meses de julho a novembro podem ser analisados de diversas formas. Por meio de tabelas ou gráficos é possível analisar o comportamento da temperatura em diversos pontos do silo, como ocorrem variações é possível inclusive averiguar qual a altura de grãos está armazenada.

Como o sistema foi configurado para adquirir dados a cada 15 minutos, na tabela 1 estão apresentados os 95 dados armazenados para um dia de leitura, de um dos pêndulos, para visualizar como as informações ficam armazenadas.

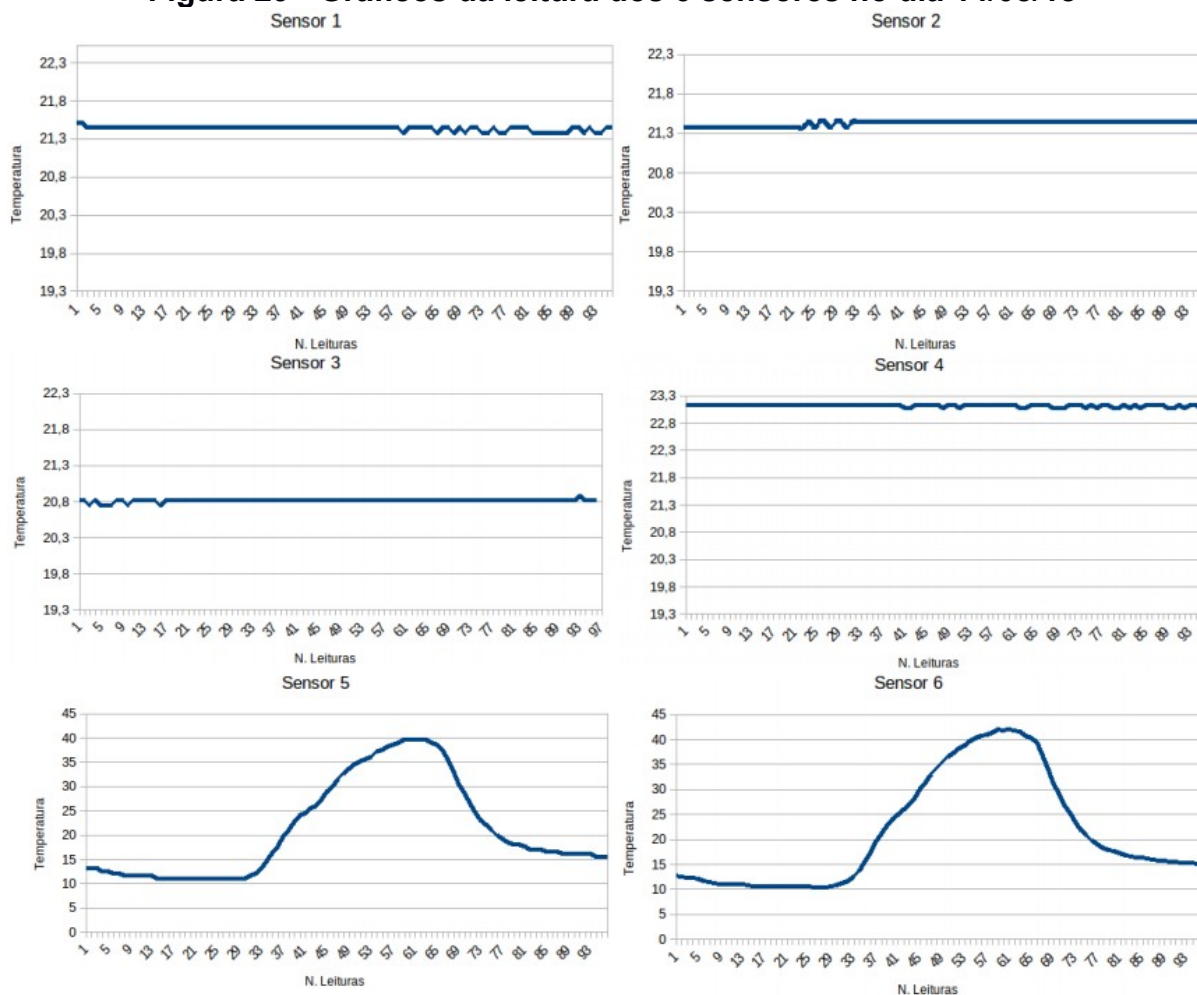
**Tabela 1 - Dados de temperatura dentro do silo no dia 14 de agosto de 2018**

hora	1	2	3	4	5	6	hora	1	2	3	4	5	6
00:04:59	21,50	21,37	20,81	23,12	13,00	12,75	12:04:59	21,44	21,44	20,81	23,12	33,50	35,31
00:19:59	21,50	21,37	20,81	23,12	13,00	12,50	12:19:59	21,44	21,44	20,81	23,12	34,50	36,38
00:34:59	21,44	21,37	20,75	23,12	13,00	12,31	12:34:59	21,44	21,44	20,81	23,06	35,00	37,25
00:49:59	21,44	21,37	20,81	23,12	12,50	12,19	12:49:59	21,44	21,44	20,81	23,12	35,50	38,00
01:04:59	21,44	21,37	20,75	23,12	12,50	11,94	13:04:59	21,44	21,44	20,81	23,12	36,00	38,69
01:19:59	21,44	21,37	20,75	23,12	12,00	11,63	13:19:59	21,44	21,44	20,81	23,12	37,00	39,50
01:34:59	21,44	21,37	20,75	23,12	12,00	11,38	13:34:59	21,44	21,44	20,81	23,12	37,50	40,31
01:49:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,50	11,13	13:49:59	21,44	21,44	20,81	23,12	38,00	40,56
02:04:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,50	11,00	14:04:59	21,44	21,44	20,81	23,12	38,50	40,94
02:19:59	21,44	21,37	20,75	23,12	11,50	11,00	14:19:59	21,44	21,44	20,81	23,12	39,00	41,25
02:34:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,50	11,00	14:34:59	21,37	21,44	20,81	23,12	39,50	41,88
02:49:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,50	11,00	14:49:59	21,44	21,44	20,81	23,12	39,50	41,81
03:05:00	21,44	21,37	20,81	23,12	11,50	10,88	15:04:59	21,44	21,44	20,81	23,12	39,50	41,94
03:19:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,00	10,75	15:19:59	21,44	21,44	20,81	23,06	39,50	41,75
03:34:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,00	10,63	15:34:59	21,44	21,44	20,81	23,06	39,50	41,56
03:49:59	21,44	21,37	20,75	23,12	11,00	10,56	15:49:59	21,44	21,44	20,81	23,12	39,00	40,75
04:04:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,00	10,50	16:04:59	21,37	21,44	20,81	23,12	38,50	40,31
04:19:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,00	10,44	16:19:59	21,44	21,44	20,81	23,12	37,50	39,31
04:34:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,00	10,44	16:34:59	21,44	21,44	20,81	23,12	35,50	36,94
04:49:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,00	10,50	16:49:59	21,37	21,44	20,81	23,06	33,00	33,94
05:04:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,00	10,50	17:04:59	21,44	21,44	20,81	23,06	30,50	31,25
05:19:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,00	10,44	17:19:59	21,37	21,44	20,81	23,06	28,50	28,81
05:34:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,00	10,44	17:34:59	21,44	21,44	20,81	23,12	26,50	26,81
05:49:59	21,44	21,44	20,81	23,12	11,00	10,44	17:49:59	21,44	21,44	20,81	23,12	24,50	25,00
06:04:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,00	10,44	18:04:59	21,37	21,44	20,81	23,12	23,00	23,31
06:19:59	21,44	21,44	20,81	23,12	11,00	10,38	18:19:59	21,37	21,44	20,81	23,06	22,00	21,87
06:34:59	21,44	21,44	20,81	23,12	11,00	10,38	18:34:59	21,44	21,44	20,81	23,12	21,00	20,69
06:49:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,00	10,38	18:49:59	21,37	21,44	20,81	23,06	20,00	19,75
07:04:59	21,44	21,44	20,81	23,12	11,00	10,50	19:04:59	21,37	21,44	20,81	23,12	19,00	18,87
07:19:59	21,44	21,44	20,81	23,12	11,00	10,69	19:19:59	21,44	21,44	20,81	23,12	18,50	18,25
07:34:59	21,44	21,37	20,81	23,12	11,50	11,13	19:34:59	21,44	21,44	20,81	23,06	18,00	17,81
07:49:59	21,44	21,44	20,81	23,12	12,00	11,69	19:50:00	21,44	21,44	20,81	23,06	18,00	17,50
08:04:59	21,44	21,44	20,81	23,12	13,00	12,50	20:05:00	21,44	21,44	20,81	23,12	17,50	17,19
08:19:59	21,44	21,44	20,81	23,12	14,50	13,63	20:20:00	21,37	21,44	20,81	23,06	17,00	16,81
08:34:59	21,44	21,44	20,81	23,12	16,00	15,19	20:35:00	21,37	21,44	20,81	23,12	17,00	16,44
08:49:59	21,44	21,44	20,81	23,12	17,50	17,19	20:50:00	21,37	21,44	20,81	23,06	17,00	16,31
09:04:59	21,44	21,44	20,81	23,12	19,50	19,19	21:05:00	21,37	21,44	20,81	23,12	16,50	16,19
09:19:59	21,44	21,44	20,81	23,12	21,00	21,00	21:20:00	21,37	21,44	20,81	23,12	16,50	16,06
09:34:59	21,44	21,44	20,81	23,12	22,50	22,56	21:35:00	21,37	21,44	20,81	23,12	16,50	15,88
09:49:59	21,44	21,44	20,81	23,12	24,00	24,00	21:50:00	21,37	21,44	20,81	23,12	16,00	15,75
10:04:59	21,44	21,44	20,81	23,06	24,50	24,94	22:05:00	21,44	21,44	20,81	23,06	16,00	15,63
10:19:59	21,44	21,44	20,81	23,06	25,50	25,87	22:20:00	21,44	21,44	20,81	23,06	16,00	15,44
10:34:59	21,44	21,44	20,81	23,12	26,00	26,81	22:35:00	21,37	21,44	20,81	23,12	16,00	15,38
10:49:59	21,44	21,44	20,81	23,12	27,50	28,25	22:50:00	21,44	21,44	20,81	23,06	16,00	15,31
11:04:59	21,44	21,44	20,81	23,12	29,00	29,87	23:05:00	21,37	21,44	20,81	23,12	16,00	15,31
11:19:59	21,44	21,44	20,81	23,12	30,00	31,37	23:20:00	21,37	21,44	20,81	23,12	15,50	15,25
11:34:59	21,44	21,44	20,81	23,12	31,50	33,00	23:35:00	21,44	21,44	20,81	23,06	15,50	15,06
11:49:59	21,44	21,44	20,81	23,06	32,50	34,13	23:50:00	21,44	21,44	20,81	23,06	15,50	14,81

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir dos dados aqui apontados foram gerados 6 gráficos um para cada sensor apresentados na Figura 29, de modo que fica mais fácil visualizar o que ocorre em cada ponto de medida.

**Figura 29 - Gráficos da leitura dos 6 sensores no dia 14/08/18**



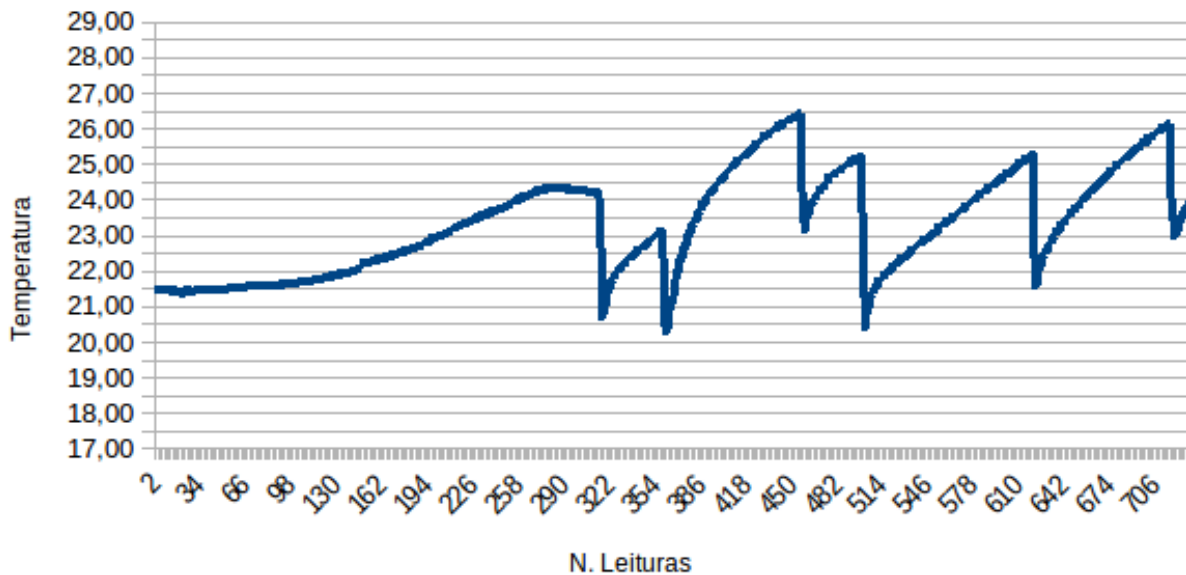
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Nos gráficos dos sensores 1, 2, 3 e 4 a resposta é temperatura constante durante as 24 horas demonstrando que neste dia não ocorreu alteração da temperatura dos grãos nas alturas 0, 2, 4 e 6 metros. Já nos gráficos dos sensores 5 e 6 o perfil de variação da temperatura é similar a variação de temperatura ambiente resultado que demonstra que nessas alturas o silo está vazio. Com isso é possível estimar a altura e quantidade aproximadas dos grãos que está armazenada.

Em outra abordagem foi fazer a média horária por 31 dias, entre os dias 14/08/2018 e 14/09/2018, obtendo-se 24 médias de leituras por dia em 31 dias perfazendo um total 744 valores de temperatura. O gráfico apresentado na Figura 30 demonstrou que nesse período a temperatura no ponto avaliado manteve tendência de elevação, e alguns movimentos de queda podem ter sido motivados por

interação, com aeração ou movimentação dos grãos. Essa informação não foi registrada e não é possível fazer uma afirmação correta.

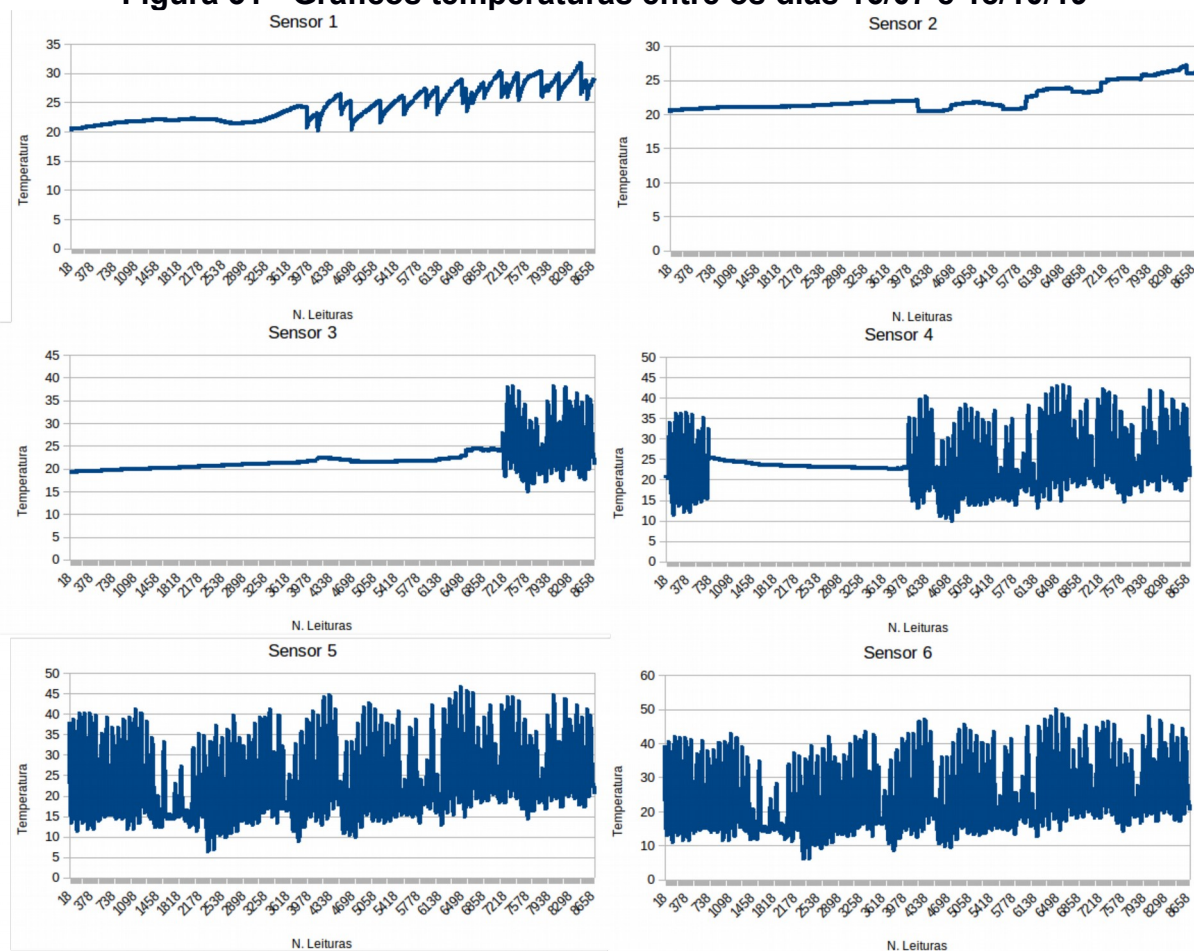
**Figura 30 - Gráfico - Sensor 1 temperatura média horária durante 31 dias**  
Sensor 1 - 30 dias



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Em mais uma possibilidade de análise dos dados foram gerados os gráficos para os seis sensores na série de leitura do experimento entre os dias 16/07/2018 e 18/10/2018. Na Figura 31 os gráficos podem ser observados. Os sensores 1 e 2 apresentaram elevação na temperatura, o que pode ter sido um indicativo de deterioração do milho ao longo do período de armazenamento o sensor 3 apresentou elevação de temperatura e no final do período amostrado apresentou variação abrupta mostrando que o silo já tinha sido esvaziado não tendo mais milho na altura de 6 metros. O sensor 4 ficou sem contato com grãos no início da aquisição de dados, e durante um período mais curto o nível dos grãos chegou aos 8 metros dentro do silo. Os sensores 5 e 6 ficaram durante todo o tempo do experimento sem contato com o milho, por isso os gráficos tem variações constantes, pois a exemplo do que foi apresentado na Figura 30 com a leitura de um dia, a temperatura segue o perfil da variação da temperatura do ar.

**Figura 31 - Gráficos temperaturas entre os dias 16/07 e 18/10/19**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

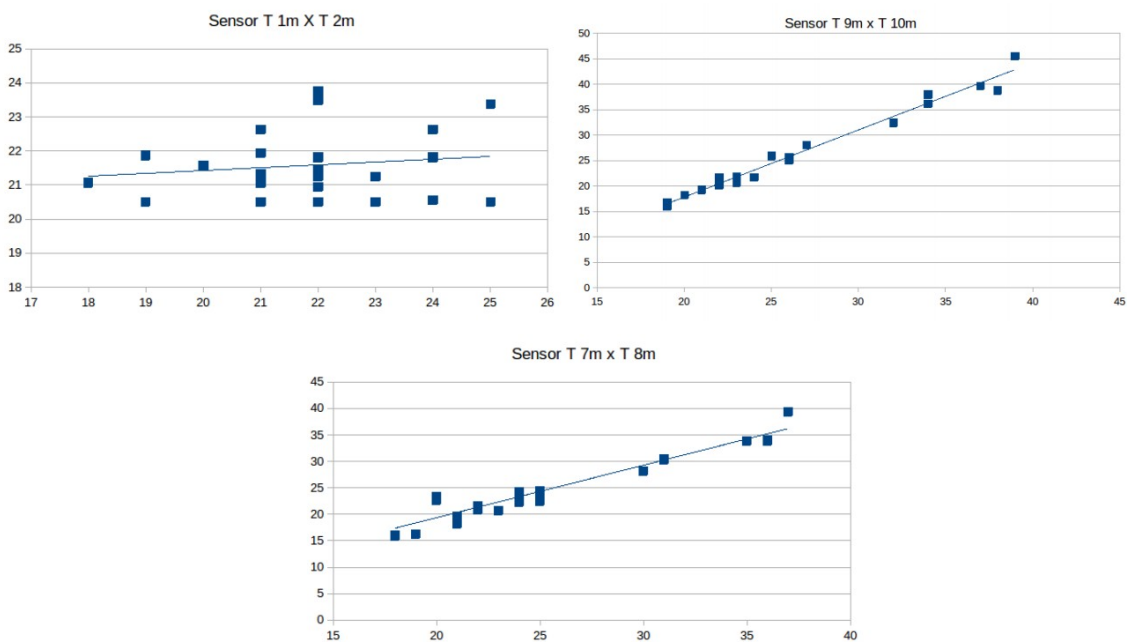
O silo onde o sistema foi instalado conta com um outro equipamento para realização do controle de temperatura. Esse sistema mais antigo e tradicional. Uma de suas características é a leitura manual dos dados e o registro é feito em uma planilha por um funcionário da fazenda. A frequência de leituras é de no máximo duas vezes ao dia, não tem leituras nos finais de semana e também apresentou falta de registro em diversos dias. O objetivo deste trabalho não é a comparação entre os sistemas e nessas condições além do fato dos sensores não estarem na mesma altura e o meio onde ocorrem as medições não ter comportamento homogêneo, as tentativas de comparação entre as medidas realizadas pelo sistema proposto e o sistema existente ficaram comprometidas. Na Tabela 2 estão apresentados os dados retirados da planilha fornecida e dos sistema automático nos horários mais próximos, em 3 alturas diferentes. Nos gráficos comparativos apresentados na Figura 32 é possível verificar que os sensores que estão fora da massa granular, apresentam grande correlação. Já os sensores dentro da massa, não possuem correlação

**Tabela 2 - Dados de temperatura dos sensores em diversas alturas.**

data	hora	T 1m	T 2m	T 7m	T 8m	T 9m	T10m
30/07/18	13:30:00	18,00	21,06	25,00	24,31	34,00	38,00
31/07/18	14:50:00	21,00	21,06	24,00	24,12	27,00	28,06
09/08/18	09:00:00	22,00	21,25	20,00	23,31	22,00	20,75
22/08/18	08:30:00	22,00	21,81	20,00	22,87	20,00	18,19
28/08/18	09:00:00	21,00	21,94	20,00	22,69	22,00	20,19
30/08/18	09:50:00	19,00	21,87	24,00	24,25	25,00	25,81
30/08/18	16:30:00	19,00	20,50	35,00	33,88	37,00	39,69
31/08/18	08:25:00	22,00	20,50	21,00	19,62	23,00	21,87
31/08/18	15:30:00	21,00	20,50	37,00	39,31	39,00	45,56
03/09/18	09:30:00	23,00	20,50	24,00	22,31	24,00	21,69
03/09/18	15:20:00	25,00	20,50	19,00	16,25	19,00	15,94
04/09/18	08:20:00	24,00	20,56	18,00	15,94	19,00	16,69
05/09/18	09:00:00	23,00	21,25	21,00	19,62	21,00	19,25
06/08/18	09:00:00	22,00	21,44	21,00	18,31	22,00	20,31
11/09/18	09:30:00	20,00	21,56	25,00	23,69	26,00	25,56
13/09/18	09:00:00	21,00	21,31	25,00	22,50	26,00	25,06
14/09/18	09:15:00	22,00	20,94	23,00	20,69	23,00	20,62
18/09/18	11:00:00	24,00	21,81	22,00	20,87	22,00	20,75
18/09/18	15:40:00	24,00	22,62	24,00	23,56	25,00	25,94
19/09/18	10:15:00	21,00	22,62	31,00	30,37	34,00	36,19
20/09/18	10:30:00	25,00	23,37	22,00	21,50	22,00	21,69
21/09/18	10:40:00	22,00	23,50	30,00	28,19	32,00	32,44
24/09/18	10:15:00	22,00	23,75	36,00	33,94	38,00	38,81

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Nas colunas T 1m, T 7m e T 9m, estão os dados de temperatura referente às leituras manuais dos sensores originalmente instalados as colunas T 2m, T 8m e T 10m, são os dados de temperatura coletados pelos sistema proposto.

**Figura 32 - Gráficos de comparação entre sensores**

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Conforme detalhamento aqui apresentado a comparação entre os sensores T 1m e T 2m onde existe a presença do milho, a dispersão entre os valores medido é alta, já nas outras duas comparações onde os sensores estão medindo a temperatura do ar dentro do silo a dispersão é baixa demonstrando que ambos sensores tem a mesma capacidade de medir temperatura.

Durante todo o período do experimento, foram coletados 104640 valores de medidas de temperatura, distribuídos em 12 sensores, destas medidas apenas 40 apresentaram falha de leitura, de forma aleatória e em sensores diferentes, o que não comprometeu os resultados.

### 5.1 Custo de montagem

Para montagem do equipamento, é preciso um investimento de aproximadamente R\$ 1.035,00 conforme descrição na Tabela 3.

Tabela 3 - Custo de montagem

Material	Quantidade	Valor total R\$
Arduíno modelo uno	01	35,00
Sensor temperatura DS18B20	18	110,00
mangueira cristal de 10mm	60m	360,00
cabo elétrico pp 3x0,5mm	60m	100,00
módulos Xbee Pro S2	02	400,00
componentes diversos	xx	30,00
total		1,035,00

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Os valores foram obtidos no comércio varejo, em alguns casos em sites de venda de equipamentos eletrônicos.

Não foram computados valores tempo para desenvolvimento do software de aquisição de dados, e do programa que vai instalado no Arduíno, assim como o tempo de construção da placa auxiliar e da montagem das mangueiras e instalação no silo.

É possível afirmar que para construção de vários sistemas, o custo do material pode ser reduzido em até 20% pela compra em maior quantidade e o valor do tempo investido na programação fica diluído.

## 6 CONCLUSÃO

Como conclusão deste trabalho podemos destacar:

- Foi demonstrado que é possível implementar um sistema de termometria, com tecnologia de fácil acesso, se comparado a sistemas produzidos no mercado;
- O sistema apresentou eficiência ao manter registro de leitura de temperatura de modo ininterrupto, por 120 dias com intervalo de 15 minutos;
- Construção de uma base de dados que pode auxiliar a tomada de decisão com relação a intervenções para manutenção da qualidade do grão;
- Os dados armazenados podem subsidiar outros estudos relativos ao comportamento da temperatura em silos graneleiros;
- Nos resultados obtidos foi verificado que é possível determinar a taxa de variação da temperatura do milho dentro do silo, e se as ações para diminuir o aquecimento, são efetivas.

A realização do trabalho de forma prática com instalação e coleta de dados em campo, abriu a perspectiva para ampliar o projeto no futuro, com a incorporação dos seguintes recursos e melhorias:

- Estimar a quantidade de produto que está armazenado, e verificar o efeito de funil que os grãos formam quando manipulados, uma vez que a temperatura onde tem grão tem comportamento diferente dos pontos onde o silo está vazio.
- Inclusão de medidas de umidade e outras variáveis de interesse;
- Modificar o sistema de armazenamento e tratamento de dados, que são atualmente arquivados em forma de texto para banco de dados;
- Criação de gráficos e relatórios em tempo real;
- Interferência automática para contenção do aquecimento;
- Auxiliar o produtor na tomada de decisão sobre esvaziamento e venda do produto.

Todas essas modificações podem ser mais valorizadas com a possibilidade de se utilizar os métodos de IOT, para disponibilizar todas as informações em páginas web, permitindo tanto a popularização dos dados quanto a permissão para usuários avançados a intervenção no processo.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, Helio Salim do; DIAS, Marco Adriano; SOARES, Vitorvani. Sensores digitais de temperatura com tecnologia one-wire: Um exemplo de aplicação didática na área de condução térmica. **Rev. Bras. Ensino Fis.**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 4310-1-4310-9, dez. 2015. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172015000400310&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172015000400310&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 17 set. 2018.
- ARDUÍNO, Community blog, 2019 Disponível em: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc). Acessado em 02/08/19.
- BALBINOT, Alexandre, BRUSAMARELLO, Valner, J. Sensores in: BALBINOT, Alexandre, BRUSAMARELLO, Valner, J. Sensores. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas**. v. 1, 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006, p. 13.
- BICA, Marcos, R. R.; RANIERO, Matheus; R. CALCA, Marcus, V. R.; DAL PAI, Alexandre. Monitoramento de temperatura com sensores eletrônicos ligados em rede. **7ª Jornada Científica e tecnológica da FATEC de Botucatu**, Botucatu, [s. l.], out. nov. 2018. Disponível em: <http://www.fatecbt.edu.br/ocs/index.php/VIIJTC/VIIJTC/paper/view/1667/2143>. Acesso em: 02/08/2019
- DAVID, K.A.. et al. PCA – Programa para construção e ampliação de Armazéns – Uma análise da evolução de acesso das regiões Centro-Oeste e Sul brasileira. **VIII Congresso Brasileiro de Soja**, Goiânia, p. 89-91, jun. 2018. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178745/1/CBSoja-2018.pdf>. Acesso em: 05/05/2019.
- ELY, Anderson. Redução da qualidade de grãos de soja durante o armazenamento em diferentes condições de umidade e temperatura. **Revista Thema**, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 506-520, maio 2018. ISSN 2177-2894. Disponível em: <http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/859>. Acesso em: 03 ago. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.15536/thema.15.2018.506-520.859>.
- FERRASA, Marcelo; BIAGGIONI, Marco, A. M.; DIAS, Ariângelo H.. Sistema de monitoramento de temperatura e umidade em silo grane-leiro via radiofrequência (RF). **Energia na Agricultura**. Botucatu, v.25, n. 2, p. 139-156, jun. 2010. ISSN 1808-8759. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/61/42>. Acesso em: 10/07/2019. doi: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2010v25n2p139-156>
- FOLEA, S.. et al. Data logger for humidity and temperature measurement based on a programmable SoC. **International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics**, Romania, p. 1-4, jul. 2014. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6857877>. Acesso em: 25/06/2019. doi: 10.1109/AQTR.2014.6857877
- GAMA, Alceu. Agropecuária puxa PIB de 2017. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, [s. l.], Dez. 2017. Disponível em:

<http://www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-puxa-o-pib-de-2017>. Acesso em: 05/05/2019.

MARTELTECNOLOGIA, microcontrolador. Disponível em :  
<http://www.marteltecnologia.com.br/microcontrolador/>. Acessado em: 02/08/2019

Maxim Integrated. **DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer**. Dallas 2018. Disponível em: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2019.

SANTOS, Francisco S. et al. Monitoramento on line de um sistema de microgeração através do protocolo SNMP. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.32, n. 2 p. 164-170 abr-jun. 2017. ISSN Eletrônico 2359-6562. Disponível em:  
<http://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2693/2251>. Acesso em : 25/07/2019. doi: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2017v32n2p164-170>.

SILVA, Luís César. **agais.com**. Boletim Técnico: AG: 01/11 em 15/12/2011 – Revisado em 20/02/2016 Aeração de Grãos Armazenados. Disponível em:  
[http://www.agais.com/manuscript/ag0111\\_aeracao\\_g\\_armazenados.pdf](http://www.agais.com/manuscript/ag0111_aeracao_g_armazenados.pdf). Acesso em: 25/06/2019.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. Sistema supervisorio automação industrial. Disponível em: [https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/automatizacao-e-robotica/maxima-automacao-industrial/produtos/automacao\\_industrial/sistema-supervisorio-automacao-industrial-1](https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/automatizacao-e-robotica/maxima-automacao-industrial/produtos/automacao_industrial/sistema-supervisorio-automacao-industrial-1) Acessado em: 02/08/2019

TERMISTOR, Curva. Disponível em :  
[http://3.bp.blogspot.com/-Ea3UXbBJlu4/UTabUx67uzI/AAAAAAAAABaI/HJMQSHCc0pc/s1600/ScreenHunter\\_25.bmp](http://3.bp.blogspot.com/-Ea3UXbBJlu4/UTabUx67uzI/AAAAAAAAABaI/HJMQSHCc0pc/s1600/ScreenHunter_25.bmp). Acessado em: 02/08/2019

Texas Instruments. **LM 35 Precision Centigrade Temperature Sensors**. Dalas, 2017. Disponível em: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf> Acessado em: 25/07/2019

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE Pedro, U. B. **Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações**. 5 ed. São Paulo: Érica, 2008 p 94-99.

TORRES, J. D, et al. Aquisição de dados meteorológicos através da plataforma Arduino: construção de baixo custo e análise de dados, **Scientia Plena**, [s. l] v. 11 n.2 p. 1-13, fev. 2015. ISSN 1808-2793. Disponível em:  
<https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/1742>. Acessado em: 25/05/2019

## APÊNDICE A - Código fonte

```

// Programa : Sensor de temperatura DS18B20
// Autor : Bica

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Porta do pino de sinal do DS18B20
#define ONE_WIRE_BUS 3

// Define uma instancia do oneWire para comunicacao com o sensor
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

// Armazena temperaturas minima e maxima
const int analogInPin = A0;
float sensorValue = 0;
float outputValue = 0;
int cooler_pin=7;
int exhaust_pin=9;

int inByte=0;
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DeviceAddress sensor1;
DeviceAddress sensor2;
DeviceAddress sensor3;
DeviceAddress sensor4;
DeviceAddress sensor5;
DeviceAddress sensor6;
DeviceAddress sensor7;
DeviceAddress sensor8;
DeviceAddress sensor9;
DeviceAddress sensor10;
DeviceAddress sensor11;
DeviceAddress sensor12;

void setup(void)
{
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(exhaust_pin, OUTPUT);
  digitalWrite (exhaust_pin,LOW);
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin();
  // Localiza e mostra enderecos dos sensores
  Serial.println("Localizando sensores DS18B20...");
}

```

```

Serial.print("Foram encontrados ");
Serial.print(sensors.getDeviceCount(), DEC);
Serial.println(" sensores.");
if (!sensors.getAddress(sensor1, 0))
  Serial.println("Sensores nao encontrados !");
// Mostra o endereco do sensor encontrado no barramento
Serial.print("Endereco sensor1: ");
mostra_endereco_sensor(sensor1);
Serial.println();
if (!sensors.getAddress(sensor2, 1))
  Serial.println("Sensores nao encontrados !");
Serial.print("Endereco sensor2: ");
mostra_endereco_sensor(sensor2);
Serial.println();
if (!sensors.getAddress(sensor3, 2))
  Serial.println("Sensores nao encontrados !");
// Mostra o endereco do sensor encontrado no barramento
Serial.print("Endereco sensor3: ");
mostra_endereco_sensor(sensor3);
Serial.println();
if (!sensors.getAddress(sensor4, 3))
  Serial.println("Sensores nao encontrados !");
Serial.print("Endereco sensor4: ");
mostra_endereco_sensor(sensor4);
Serial.println();
if (!sensors.getAddress(sensor5, 4))
  Serial.println("Sensores nao encontrados !");
// Mostra o endereco do sensor encontrado no barramento
Serial.print("Endereco sensor5: ");
mostra_endereco_sensor(sensor5);
Serial.println();
if (!sensors.getAddress(sensor6, 5))
  Serial.println("Sensores nao encontrados !");
Serial.print("Endereco sensor6: ");
mostra_endereco_sensor(sensor6);
Serial.println();
if (!sensors.getAddress(sensor7, 6))
  Serial.println("Sensores nao encontrados !");
// Mostra o endereco do sensor encontrado no barramento
Serial.print("Endereco sensor7: ");
mostra_endereco_sensor(sensor7);
Serial.println();
if (!sensors.getAddress(sensor8, 7))
  Serial.println("Sensores nao encontrados !");
Serial.print("Endereco sensor8: ");
mostra_endereco_sensor(sensor8);
Serial.println();
if (!sensors.getAddress(sensor9, 8))
  Serial.println("Sensores nao encontrados !");
// Mostra o endereco do sensor encontrado no barramento

```

```

Serial.print("Endereco sensor9: ");
mostra_endereco_sensor(sensor9);
Serial.println();
if (!sensors.getAddress(sensor10, 9))
    Serial.println("Sensores nao encontrados !");
Serial.print("Endereco sensor10: ");
mostra_endereco_sensor(sensor10);
Serial.println();
if (!sensors.getAddress(sensor11, 10))
    Serial.println("Sensores nao encontrados !");
// Mostra o endereco do sensor encontrado no barramento
Serial.print("Endereco sensor11: ");
mostra_endereco_sensor(sensor11);
Serial.println();
if (!sensors.getAddress(sensor12, 11))
    Serial.println("Sensores nao encontrados !");
Serial.print("Endereco sensor12: ");
mostra_endereco_sensor(sensor12);
Serial.println();

Serial.println();
Serial.println();

}

void(* resetFunc) (void) = 0;

void mostra_endereco_sensor(DeviceAddress deviceAddress)
{
    for (uint8_t i = 0; i < 8 ; i++)
    {
        // Adiciona zeros se necessário
        if (deviceAddress[i] < 19) Serial.print("0");
        Serial.print(deviceAddress[i], HEX);
    }
}

void loop()

{
    if (Serial.available() > 0) {

        inByte = Serial.read();

        if((inByte ==0x41) || (inByte ==0x61)){

// Le a informacao do sensor
sensorValue = (float (analogRead(analogInPin)));
outputValue = ((sensorValue*5/1023)*100);

```

```
sensors.requestTemperatures();
float tempC1 = sensors.getTempC(sensor1);
float tempC2 = sensors.getTempC(sensor2);
float tempC3 = sensors.getTempC(sensor3);
float tempC4 = sensors.getTempC(sensor4);
float tempC5 = sensors.getTempC(sensor5);
float tempC6 = sensors.getTempC(sensor6);
float tempC7 = sensors.getTempC(sensor7);
float tempC8 = sensors.getTempC(sensor8);
float tempC9 = sensors.getTempC(sensor9);
float tempC10 = sensors.getTempC(sensor10);
float tempC11 = sensors.getTempC(sensor11);
float tempC12 = sensors.getTempC(sensor12);

// Mostra dados no serial monitor
Serial.print("I");
Serial.print(tempC1);
Serial.print(";");
Serial.print(tempC2);
Serial.print(";");
Serial.print(tempC3);
Serial.print(";");
Serial.print(tempC4);
Serial.print(";");
Serial.print(tempC5);
Serial.print(";");
Serial.print(tempC6);
Serial.print(";");
Serial.print(tempC7);
Serial.print(";");
Serial.print(tempC8);
Serial.print(";");
Serial.print(tempC9);
Serial.print(";");
Serial.print(tempC10);
Serial.print(";");
Serial.print(tempC11);
Serial.print(";");
Serial.print(tempC12);
Serial.print(";");
Serial.print(outputValue);
Serial.print("DF");
    }
    else if((inByte ==0x52) || (inByte ==0x72)) //Caracter R
    {
        resetFunc();
    }
    else if ((inByte == 0x43) || (inByte == 0x63)) // caracter C
    {
```

```
    digitalWrite (cooler_pin, HIGH);
  }
  else if ((inByte == 0x56) || (inByte ==0x76)) // caracter V
  {
    digitalWrite (exhaust_pin, HIGH);
  }
  else if ((inByte == 0x47) || (inByte ==0x67)) // caracter H
  {
    digitalWrite (exhaust_pin,LOW);
  }
  else if ((inByte == 0x44) || (inByte ==0x64)) // caracter D
  {
    digitalWrite (cooler_pin, LOW);
  }
  inByte=0;
}
}
```

## APÊNDICE B - Tela principal

**Sistema de Aquisição Sinais**

**Arquivo**

**Configuração**

Porta: COM3 | Velocidade: 9600 | Paridade: None | Bits de Dados: 8 | Bit de Parada: One

Transmissão: Enviar | Intervalo de Leitura: 15 | Minuto | Segundo

Recepção: data/hora

01/09/2019:11:08:24:29.62:29.94:28.37:28.94:29.06:28.31:28.25:28.31:28.44:28.94:28.25:29.69:27.37  
 01/09/2019:11:23:24:30.69:31.25:28.56:29.06:29.00:28.62:28.25:28.19:28.37:29.12:28.44:31.00:27.37

Temperatura Média 11m: 29.81  
 Temperatura Média 9m: 28.72  
 Temperatura Média 7m: 29.09  
 Temperatura Média 5m: 28.47  
 Temperatura Média 3m: 29.72  
 Temperatura Média 1m: 29.47

Temperatura Média Geral: 29.72

Temperatura Média Col. 1	Temperatura Média Col. 2
29.02	29.41
28.62	31.00
29.00	28.44
29.06	29.12
28.56	28.37
31.25	28.19
30.69	28.25

01/09/2019 11:24:06 Tempo 858 Intervalo 15 m Temperatura Gabinete 27.37

Versão 2.1 19/06/2018