

Sistema de monitoramento de temperatura em silo de armazenamento de grãos com comunicação sem fio

Wireless communication grain storage silo temperature monitoring system

DOI:10.34117/bjdv7n5-505

Recebimento dos originais: 07/04/2021

Aceitação para publicação: 03/05/2021

Marcos Roberto Ruybal Bica

Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura) - FCA/UNESP - Botucatu (SP)
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.
Endereço: Rua Pedro Cavallo, 709 – Portal da Perola II - Birigui /SP
E-mail: mr.bica@ifsp.edu.br

Alexandre Dal Pai

Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura) – FCA/UNESP – Botucatu/SP
Instituição: Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP - Botucatu (SP)
Endereço: R. José Barbosa de Barros, 1780 - Fazenda Lageado – Botucatu/SP
E-mail: dal.pai@unesp.br

Matheus Rodrigues Raniero

Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura) - FCA/UNESP - Botucatu (SP)
Instituição: Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP - Botucatu (SP)
Endereço: R. José Barbosa de Barros, 1780 - Fazenda Lageado - Botucatu/SP
E-mail: matheus.raniero@unesp.br

Marcus Vinicius Contes Calca

Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura) - FCA/UNESP - Botucatu (SP)
Instituição: Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP - Botucatu (SP)
Rua Hermes Roder Carvalho, 260, Jardim São João, Pardinho (SP)
E-mail: mcontes@outlook.com

José Rafael Franco

Mestrando em Irrigação e Drenagem
Instituição :Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu
Endereço: R. José Barbosa de Barros, 1780 - Fazenda Lageado - Botucatu/SP
E-mail: jose.rafael@unesp.br

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 Arduíno 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. 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.

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 system had 12 sensors distributed within the silo, and the readings were taken at 15-minute intervals between July 16 and October 18, 2018.

Keywords: Thermometry. Microcontroller. Wireless Communication.

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 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.

O experimento foi 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.

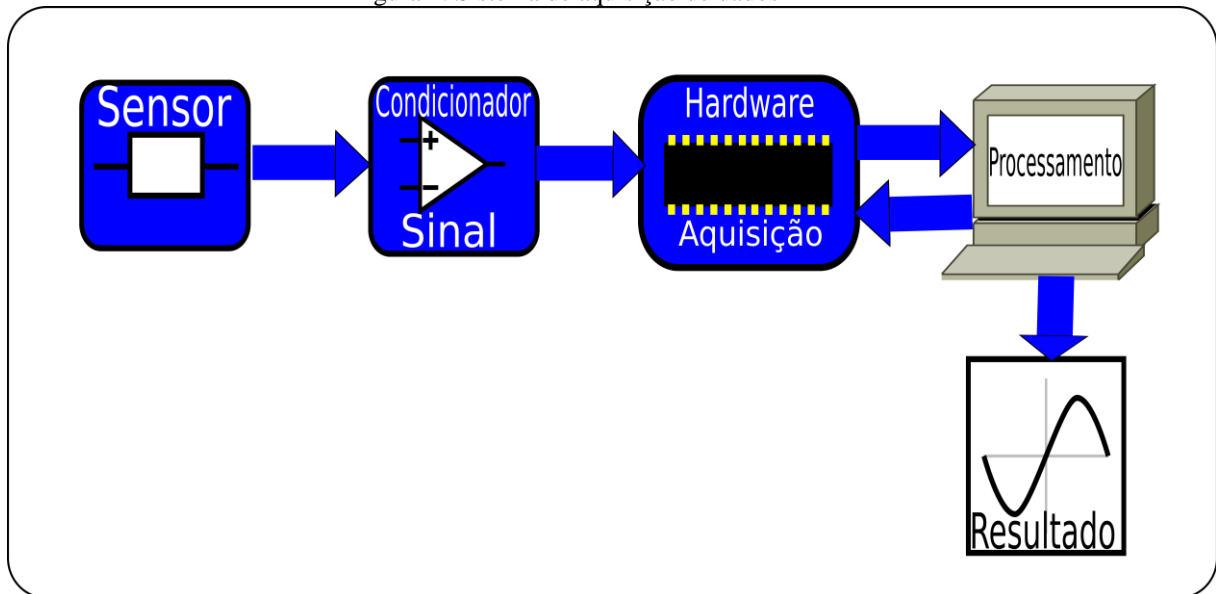
Conhecer o comportamento e a variação de grandezas físicas envolvidas em um processo facilita a tomada de decisão, bem como permite às pessoas envolvidas no controle, estudo ou pesquisa referente a esses fenômenos. Quando o registro dessas informações é realizado por um sistema de aquisição de dados,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



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).

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.

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.

Os microcontroladores são 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.

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 Arduíno, 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, apresentado na Figura 2.

Figura 2 : Arduíno mega 256



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. Tendo em vista o sistema proposto ser instalado em local externo, o dispositivo de comunicação mais apropriado é o modelos sem fio.

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 3.

Figura 3 : Módulos de comunicação



Ambos são totalmente compatíveis com os microcontroladores e Arduíno 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.

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, apresentando

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.

2 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#.

SENSOR DE TEMPERATURA DO INTERIOR DO SILO

Para este projeto os sensores mais adequados de serem acoplados ao Arduino, são o NTC, LM35 ou o DS18B20. Schiavon et. al.(2019) demonstrou em laboratório que a escolha mais adequada para esta aplicação é o DS18B20.

O modelo DS18B20, fabricado pela *Dallas Semiconductor*, tem formato igual a um transistor com encapsulamento TO 92, com 3 terminais, conforme apresentado na Figura 4

Figura 4 : Sensor de temperatura DS18b20



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 5

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).

Figura 5- Identificação dos sensores e valores de temperatura individual

```
Parasite power 1s: UH+
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
```

PLATAFORMA ARDUÍNO

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 6

Figura 6 : Arduino UNO

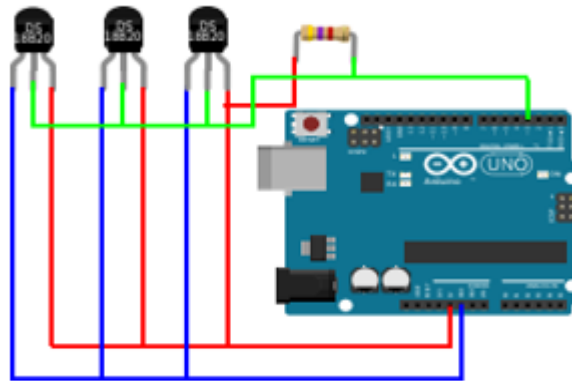


O Arduino é o elemento intermediário no sistema. É o responsável por receber a informação dos sensores de temperatura e enviar ao *Laptop*, onde a informação da

temperatura é apresentada ao usuário e armazenada. Por meio do Arduíno também é possível acionar remotamente o exaustor de aeração do silo. A placa Arduíno 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 7. 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 7 foram representados apenas 3 sensores para exemplificar a forma de instalação.

Figura 7: Modo de ligação dos sensores



MODULO 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 arduíno no silo e outro em um computador no escritório de vendas da fazenda modelo da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP Botucatu.

APLICATIVO DE COMUNICAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE DADOS.

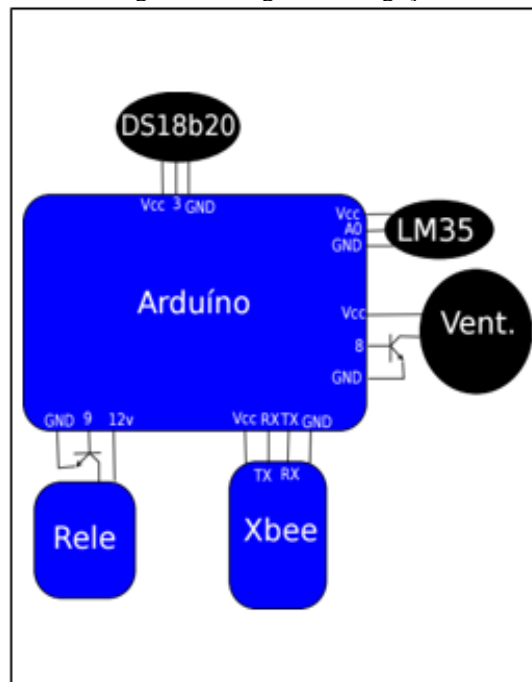
Para desenvolver o aplicativo que foi executado no computador para apresentar em tempo real os valores de temperatura e armazenar a informação coletada foi usada a linguagem de programação C# (C Sharp) que é fornecida na ferramenta Visual Studio versão 12 da Microsoft. A linguagem C# é apropriada para 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 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concepção do sistema foi iniciada pelo planejamento dos componentes que foram agregados ao sistema o qual está apresentado na Figura 8 em diagrama de blocos.

Figura 8 : Diagrama de ligação

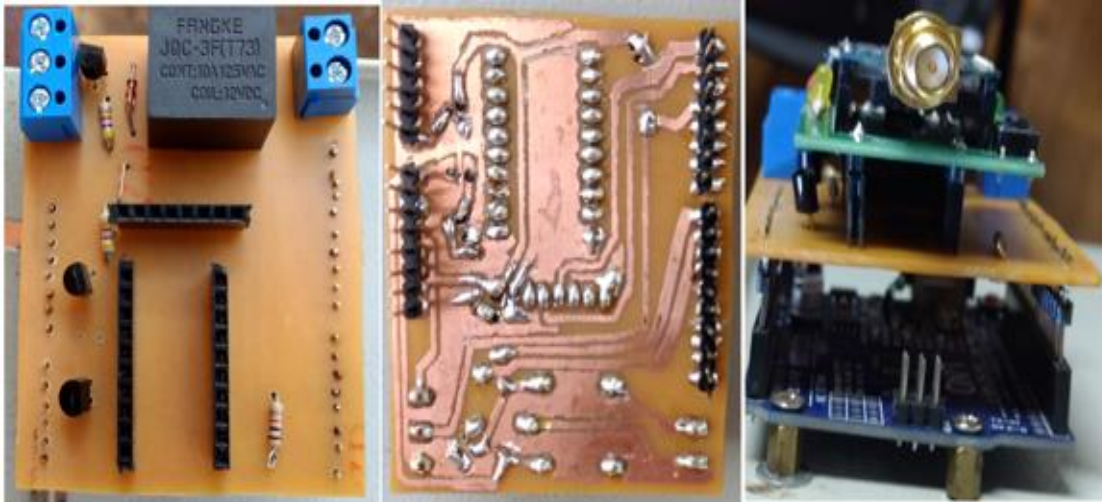


Os sensores DS18b20 foram ligados ao pino 3 do arduino, o sensor LM35 ao pino analógico A0, o ventilador é comandado pelo pino 8 e o relé que pode acionar uma carga de maior potência, como o exaustor de aeração é controlado pelo pino 9.

A comunicação com o Xbee é realizada pelos pinos RX e TX. O sensor LM 35 serve para monitorar a temperatura da placa e do gabinete que abriga o sistema instalado no alto do silo, e o ventilador tem a função de refrigerar o gabinete.

Uma placa de interface 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 9 está apresentada a placa de interface

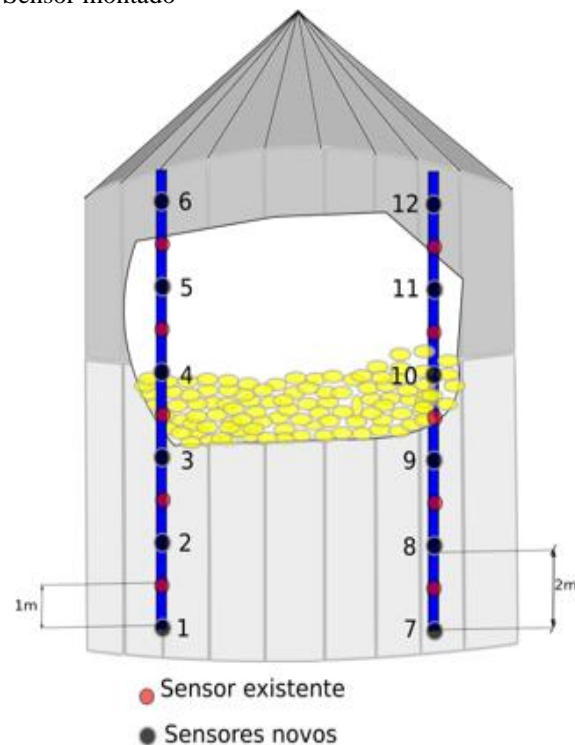
Figura 9 : Placa de interface



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. Na Figura 11 é apresentada a imagem da montagem de um sensor e na Figura 10 a representação da instalação interna no silo.

Figura 10 - Sensor montado

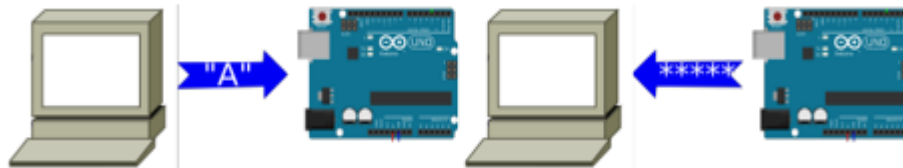


As mangueiras foram presas junto com as já existentes para facilitar a instalação, uma vez que o sistema original conta com cabos de aço dentro da mangueira que são presos no piso do silo, para garantir o posicionamento desejado, após o milho ser despejado.

FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO.

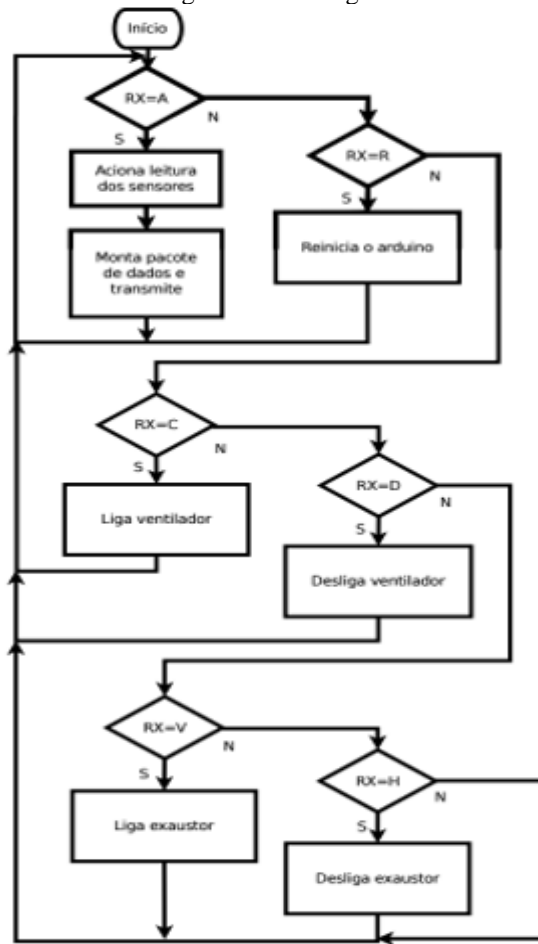
O Arduíno recebe um programa que fica armazenado em sua memória e que rege o seu funcionamento. Para realizar a comunicação foi desenvolvido um protocolo próprio. Os dados de temperatura são lidos pelo Arduíno, somente quando recebe um caractere “A”. Ao receber a mensagem o Arduíno habilita a leitura dos sensores, monta um pacote de dados e envia para o computador, como apresentado na Figura 12. Outras mensagens podem ser enviadas para o Arduíno 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.

Figura 11: Representação do fluxo de dados via rádio



O Fluxograma deste programa é apresentado na Figura 13.

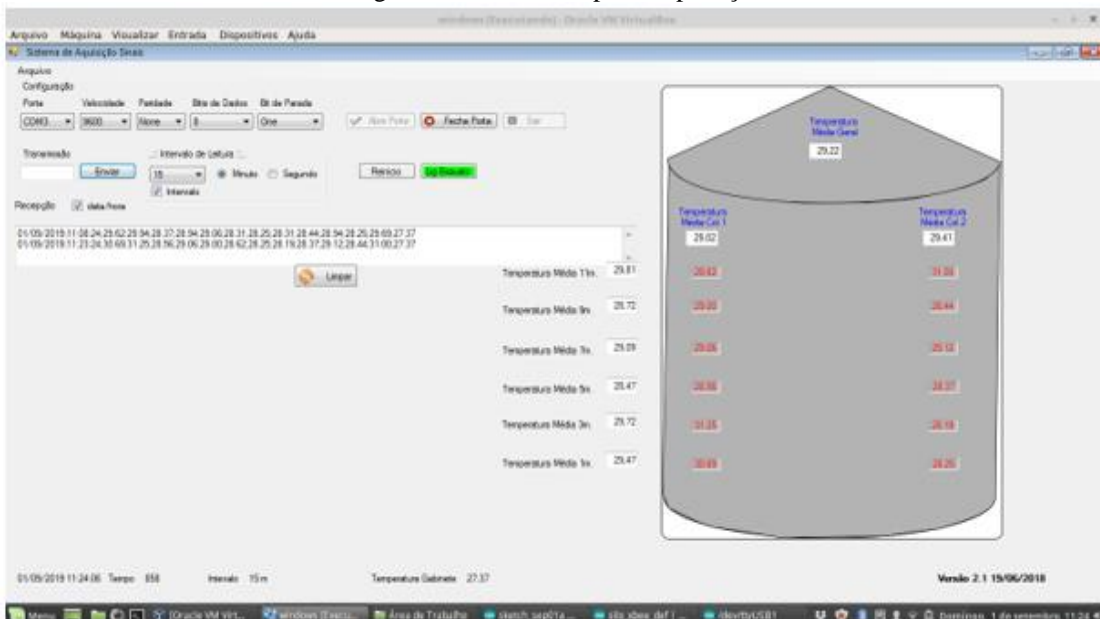
Figura 12 : Fluxograma



APLICATIVO DE PROCESSAMENTO

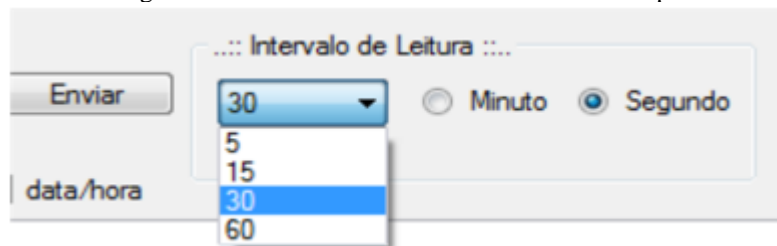
O aplicativo é um programa de computador cuja tela é apresentada na Figura 14.

Figura 13 : Tela Principal da aplicação



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 15.

Figura 14 : Detalhe de escolha do intervalo de tempo



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 16 estão apresentados os botões.

Figura 15 : Detalhe dos botões de comando



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.

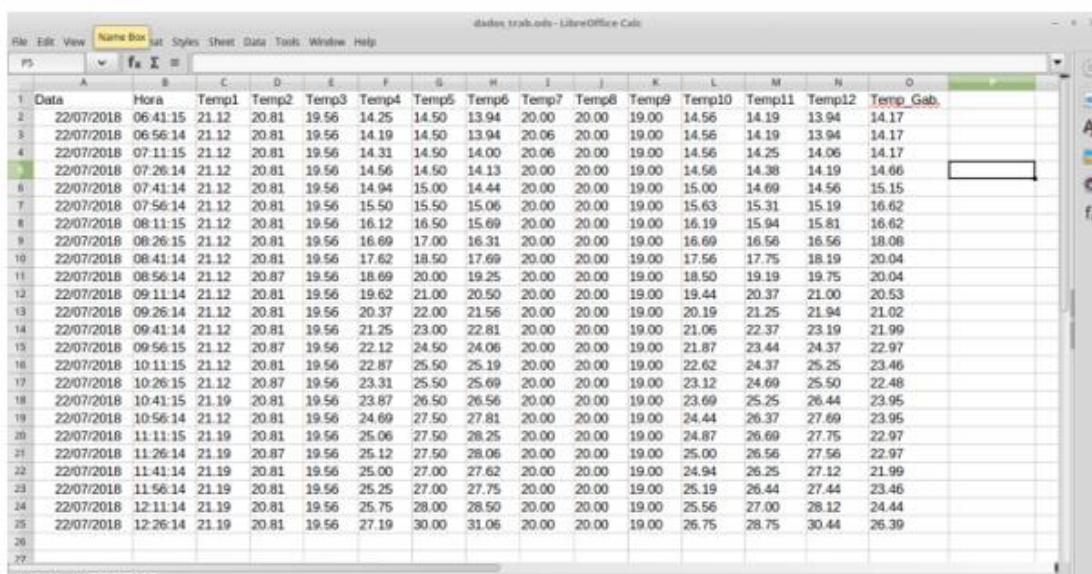
Abaixo dos botões tem uma barra branca, onde as últimas leituras de dados são apresentadas, junto com a data e hora da ocorrência. Na figura alusiva ao silo ficam apresentadas as leituras de temperatura nos pontos onde os sensores estão instalados, além da médias por altura as médias por coluna e a média 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 Arduino. 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 17.

Figura 16 : Dados em planilha de cálculo



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

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.

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. Portanto não foram realizadas comparações entre as medidas realizadas pelo sistema proposto e o sistema existente.

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.

CUSTO DE MONTAGEM

Para montagem do equipamento, é preciso um investimento de aproximadamente R\$ 1.035,00 conforme descrição na Tabela 1.

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

Os valores foram obtidos no comércio de 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.

4 COMO CONCLUSÃO DESTA 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;
- Os dados armazenados podem subsidiar outros estudos relativos ao comportamento da temperatura em silos graneleiros.

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 Fís.**, 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. Acesso em: 17 set. 2018.

ARDUÍNO, Community blog, 2019 Disponível em: 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. 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 Acessado em: 02/08/2019

TERMISTOR, Curva. Disponível em : http://3.bp.blogspot.com/-Ea3UXbBJIu4/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

Schiavon, Rafael A.; Nogueira, Íthalo S.; Borges, Gabriel B.; Holanda, Heron S.; Castro, Larissa K., Arduino uma tecnologia de baixo custo para a termometria de grãos armazenados. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 10 p. 18825-18839, out. 2019.