

## SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE DE BAIXO CUSTO PARA MATERNIDADE DE SUÍNOS

**EDUARDO TORRES MENDES DA SILVA<sup>1</sup>, SILVIA REGINA LUCAS DE SOUZA<sup>2</sup>, NATHIELY ZIVIANI COSTA<sup>3</sup>, KASSANDRA SUSSI MUSTAFÉ OLIVEIRA<sup>4</sup>, WILLIAM BAILO DUARTE<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. Av. Universitária, 3780 -Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. eduardo.torres@unesp.br.*

<sup>2</sup>*Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. Av. Universitária, 3780 -Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. silvia.souza@unesp.br.*

<sup>3</sup>*Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. Av. Universitária, 3780 -Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. nathIELy.ziviani@unesp.br.*

<sup>4</sup>*Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. Av. Universitária, 3780 -Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. kassandra.oliveira@unesp.br.*

<sup>5</sup>*Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. Av. Universitária, 3780 -Altos do Paraíso, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. william.bailo@unesp.br.*

**RESUMO:** As exigências do mercado perante a produção animal aumentam a relevância sobre a questão do bem-estar animal. O uso da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino para monitorar o sistema produtivo é uma ferramenta promissora para minimizar os custos com equipamentos que controlam o ambiente das instalações de animais. O objetivo da pesquisa foi desenvolver um sistema de controle e monitoramento de baixo custo para a instalação de suínos na fase de maternidade. A pesquisa foi conduzida no setor de suinocultura na fase de maternidade, localizada na Fazenda Lageado, da Unesp Botucatu. Foi utilizado um Arduino Leonardo e um sensor de temperatura e umidade DHT11 para registrar e fazer leituras das variáveis. O sensor registra a temperatura e umidade do ambiente e o sistema faz o acionamento dos ventiladores da instalação de acordo com a programação, desligados automaticamente quando a temperatura ambiente se encontra menor do que o programado. De acordo com os resultados, o sensor coletou as variáveis corretamente e acionou o sistema de ventilação da instalação conforme a programação realizada pelo tratador. Conclui-se que foi possível a confecção de um sistema de custo acessível, permitindo o acionamento de ventiladores e outros componentes elétricos em um sistema de produção animal.

**Palavras-chave:** bem-estar animal, conforto térmico, suinocultura, Arduino, automação.

## LOW-COST TEMPERATURE AND HUMIDITY MONITORING SYSTEM FOR PIGS MATERNITY

**ABSTRACT:** Market demands on animal production increase the relevance about the issue of animal welfare. The use of the Arduino electronic prototyping platform to monitor the production system is a promising tool to minimize costs with equipment that control the environment of animal facilities. The objective of the research was to develop a low-cost control and monitoring system for the installation of swine in the farrowing phase. The work was carried out in the swine sector in the maternity phase, located at Fazenda Lageado, at Unesp Botucatu. An Arduino Leonardo was used in conjunction with a DHT11 temperature and humidity sensor to record and read the variables. The sensor registers the temperature and humidity of the environment, and the system activates the installation's fans according to the programmed temperature, being automatically turned off when the ambient temperature is lower than programmed. According to the results, the sensor correctly collected the climatic variables and activated the installation's ventilation system as programmed by the handler. It is concluded that it was possible to make an affordable system, which allowed the activation of fans and other electrical components in an animal production system.

**Keywords:** animal welfare, thermal comfort, pigs, Arduino, automation.

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção animal possuem uma correlação direta no nível de bem-estar, uma vez que em instalações que não são capazes de promover, por exemplo, o conforto térmico, acarreta a dificuldade dos indivíduos de manter sua temperatura corporal ideal, que consequentemente afetam seus índices produtivos e reprodutivos (PANDORFI; SILVA; PIEDADE, 2008; SARUBBI *et al.*, 2012).

Os suínos utilizam duas estratégias para dissipar o calor produzido por seu metabolismo: a vasodilatação e o aumento da frequência respiratória. Um comportamento comum associado ao primeiro método, é o animal se manter deitado, com sua maior área corporal em contato com o piso, permitindo que o sangue que circula em sua pele conduza calor para o chão. Por conseguinte, no segundo método de dissipação de calor, a umidade do ar é um fator a ser levado em consideração em uma instalação. O vapor de água no ar, ao passar pelo trato respiratório, absorve a energia térmica e ao ser expelido ajuda o animal a perder calor. Sendo assim, uma umidade relativa muito baixa aliada a temperaturas altas dificulta a capacidade do animal de controlar a sua temperatura corpórea (RODRIGUES, ZANGERONIMO; FIALHO, 2010; SILVA, 2017; SOUZA *et al.*, 2020).

De interesse zootécnico, o estudo visa o sensoriamento da temperatura (°C) e da umidade relativa do ar (%) a fim de automatizar o controle das mesmas em maternidades de suínos. Componentes de automação industrial como os **CLPs** (Controladores Lógicos Programáveis) são inviáveis economicamente para pequenos produtores pelo valor de aquisição, nos fazendo estudar alternativas paralelas e de mesma funcionalidade. O uso de placas com microcontroladores apresenta vasta biblioteca de programação online e baixo custo, sendo o Arduino uma alternativa para o desenvolvimento dessa pesquisa (PASSINI *et al.*, 2009; ALMEIDA *et al.*, 2010; HERMUCHE *et al.*, 2013).

O objetivo da pesquisa foi desenvolver um sistema de controle e monitoramento de

baixo custo para a instalação de suínos na fase de maternidade.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Local de realização da pesquisa

O local onde foi realizado a pesquisa foi o setor de Suinocultura da Fazenda Lageado na Unesp campus Botucatu. O município se encontra na região centro-sul do estado de São Paulo, 22° 53' 09" de latitude sul e a 48° 26' 42" de longitude oeste, com altitude relativamente elevada de 756m a 920m de altitude acima do nível do mar; clima definido como subtropical úmido com média de temperatura de 22°C ao longo do ano, sendo o mês de fevereiro o mais quente (média máxima nesse mês de 28,59°C) (FRANCO, 2021). Por fim, o período de instalação do sistema ocorreu no mês de setembro de 2021, em dois dias consecutivos.

### 2.2 Ideia geral

A pesquisa foi dividida em duas partes, a sua parte física (*hardware*) e a programação (*software*). A princípio, o sistema tinha como foco a automação do sistema de ventilação interna da maternidade, posteriormente sendo adaptado para o sistema de aspersão de acordo com as exigências e necessidades dos funcionários do setor (tópico melhor abordado em “Sugestões de atualizações e aplicabilidade da pesquisa”). Desse modo, o *hardware* foi dividido em duas seções de comando independentes entre si (Figura 1). A primeira seção, representado na figura 1 pela letra “A”, foi constituída por uma caixa de passagem com tampa de acrílico, onde estiveram presentes os componentes de controle, como o Arduino Leonardo, os relés, um *display* LCD, uma placa de fenolite ilhada, uma fonte bivolt para alimentação elétrica do Arduino Leonardo, botões pulsadores e o sensor de temperatura e umidade DHT11, responsáveis pelo controle e monitoramento dessas variáveis, acionando os ventiladores da maternidade quando a temperatura ambiente atinge o limiar presente na programação. A segunda seção, representado pela letra “B”, foi constituída por um temporizador digital de tomada e uma

válvula solenoide normal fechada, sendo responsáveis pelo acionamento dos aspersores presentes no telhado da instalação, que são

ligados e desligados de acordo com a programação do temporizador.

**Figura 1.** Sistema de monitoramento de temperatura e umidade.



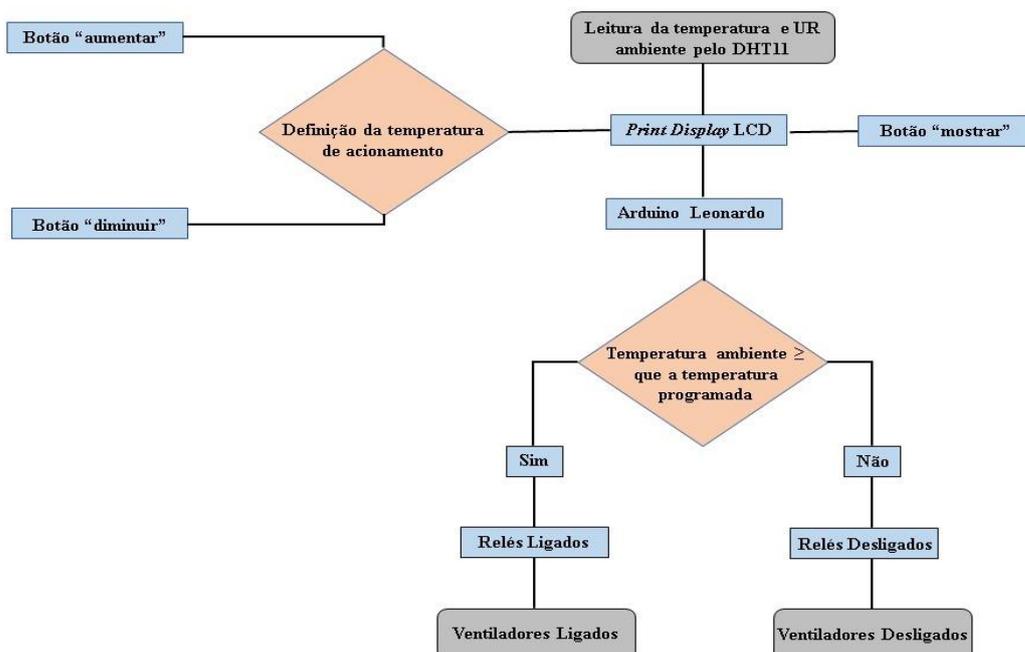
Fonte: Autor.

A: 1ª seção de comando. B: 2ª seção de comando.

O *software* consistiu no código carregado no Arduino Leonardo, desenvolvido em linguagem de programação C/C++, possuindo uma lógica simples: o sensor de temperatura e umidade DHT11 registra essas variáveis, que são mostradas no *display* LCD, ao atingir a temperatura que pode ser

programada através de botões pulsadores localizados na lateral da caixa de passagem (podendo aumentar ou diminuir a temperatura de acionamento), aciona os três relés, esses por sua vez acionam os ventiladores, como é possível observar no seguinte fluxograma (figura 2).

**Figura 2.** Fluxograma da lógica de programação carregada no Arduino.



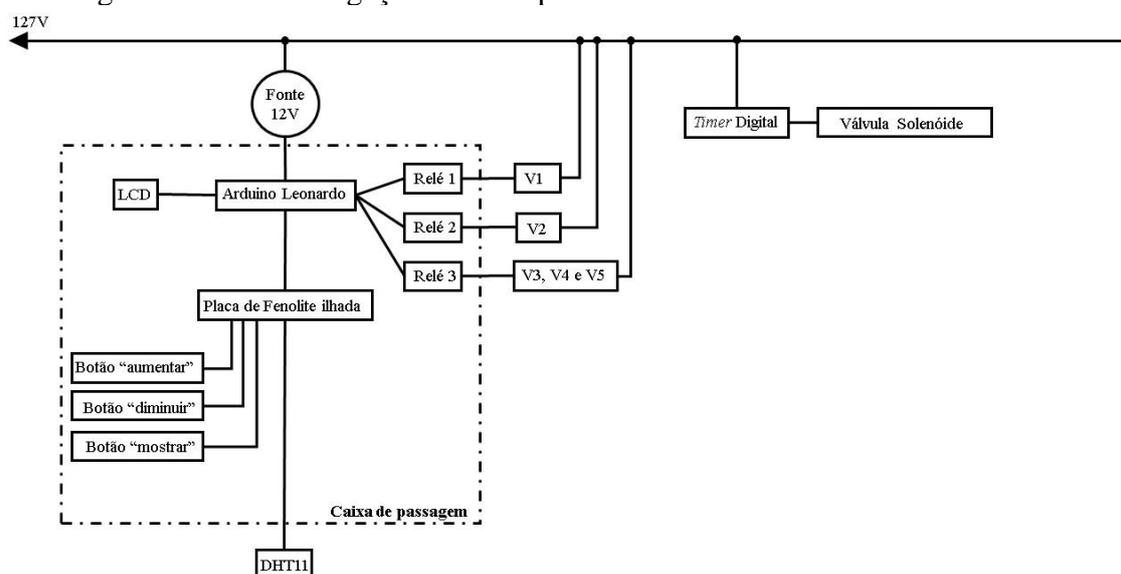
Fonte: Autor.

A automação permitiu o monitoramento da temperatura ambiente e o acionamento dos ventiladores e aspersores em tempo real, o que anteriormente era realizada de forma manual, com o monitoramento de um termômetro de mercúrio de máxima e mínima, sendo os ventiladores controlados pelos funcionários.

## 2.3 Componentes do sistema de monitoramento e automação

O Arduino foi ligado à rede elétrica através de uma fonte bivolt (127/220V), com a tensão de saída de 9V, energizando dessa forma os demais componentes da caixa de passagem como ilustra a figura 3. Em seguida, o *timer* Digital foi ligado na tensão de 127V, com a válvula solenoide ligada a saída do temporizador (Figura 3).

**Figura 3.** Diagrama elétrico de ligação dos componentes.



Fonte: Autor.

### 2.3.1 Arduino leonardo

O Arduino escolhido para a pesquisa foi o modelo Leonardo. Essa versão possui 32 pinos de saída/entrada (sendo 12 pinos para entrada analógica), uma tensão de operação de 5 volts (sendo a tensão recomendada entre 7 e 12 volts) e o microcontrolador presente é o ATmega32u4. O modelo possui a quantidade de entradas e saídas que atende ao número de periféricos ligados ao mesmo (podendo adicionar futuras melhorias e periféricos caso necessário) e um microcontrolador superior ao seu modelo anterior (Arduino Uno) com uma entrada do tipo USB micro B (FATEHNA *et al.*, 2016; LI; WANG; XIE, 2015; WYRWOŁ; HRYNKIEWICZ, 2015; DOMINGOS *et al.*,

2015; PANDIARAJ *et al.*, 2014; DEVARAJU *et al.*, 2015; TEWARI *et al.*, 2014).

### 2.3.2 Temporizador digital

O *timer* digital de tomada, possui capacidade para até 9 programações por dia de liga/desliga, tensão de operação de 127/220 volts, corrente de controle de 10 ampere, potência máxima de 2200 Watts além de uma bateria, que em caso de falta de energia, o temporizador se mantém ligado evitando a perda das programações.

O temporizador aciona a válvula solenoide, que por sua vez, ativa os aspersores do telhado, auxiliando na diminuição da temperatura interna da maternidade. Sua programação foi definida para os horários mais

quentes do dia segundo o funcionário do setor, sendo acionado às 12 horas e o desligamento às 18 horas.

### 2.3.3 Válvula solenoide

Uma válvula solenoide tem como simples princípio de interromper ou permitir o fluxo de um fluido através de uma tubulação ao ser energizada. A válvula solenoide normal fechada possui um diâmetro de rosca de  $\frac{3}{4}$  de polegadas, tensão de operação de 127VAC, pressão mínima de operação à 0,2kgf/cm<sup>2</sup> e máxima 0,8 kgf/cm<sup>2</sup>, com vazão mínima de 7 L/min e máxima de 40 L/min e ângulo de entrada e saída de 180°. Quando o *timer* digital de tomada registrar o horário de acionamento, a válvula acionará uma bobina interna, que por sua vez abre o fluxo de água, permitindo a aspersão do telhado até o desligamento programado.

### 2.3.4 Sensor DHT11

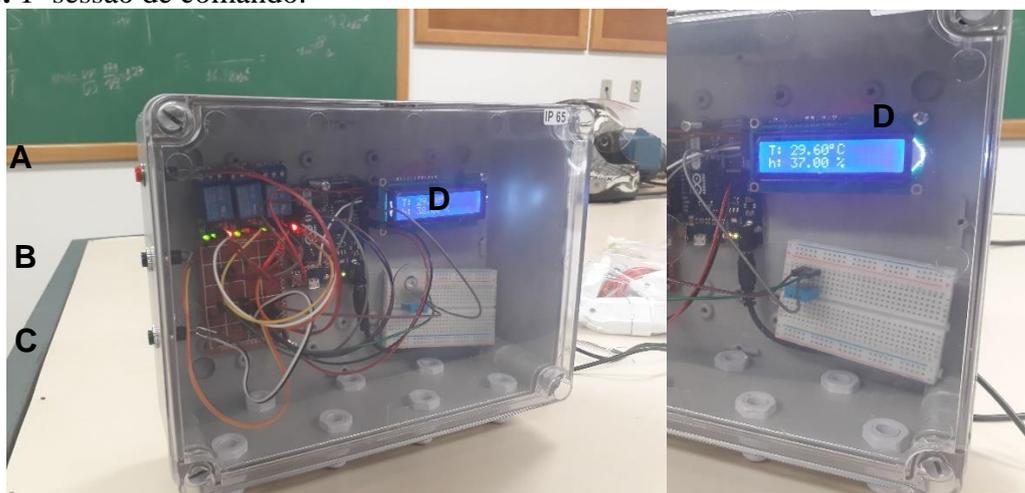
O sensor de temperatura e umidade do ar utilizado foi o DHT11, que realiza leitura da umidade relativa do ar (UR) entre 20 a 90%,

faixa de aferição de temperatura entre 0° e 50° C, com uma precisão para medição de umidade de  $\pm 5,0\%$  UR e de  $\pm 2,0^\circ\text{C}$  para a temperatura. Além disso, sua tensão de operação é entre 3 e 5,5 V com uma corrente máxima de 2,5 mA. O mesmo foi posicionado externamente a caixa de passagem, de forma a permanecer próximo a altura das matrizes suínas.

### 2.3.5 Botões pulsadores e *display* LCD

Como é possível observar na figura 4, o primeiro botão ao ser pressionado por cerca de um segundo, mostra no *display* LCD a temperatura que está programada para o acionamento dos relés. Em seguida, o segundo botão pulsador possui a finalidade de aumentar a temperatura de acionamento, quando pressionado por 1 segundo, aumenta a temperatura para o acionamento dos relés, além de registrar essa alteração no *display* LCD por cerca de 1,5 segundos. Por fim, o terceiro botão possui a funcionalidade semelhante ao segundo, no entanto ele diminui a temperatura de acionamento. Enquanto os botões não são pressionados, fica registrado na tela do *display* as variáveis de temperatura e UR.

**Figura 4.** 1ª sessão de comando.



**Fonte:** Autor.

A: primeiro botão. B: segundo botão. C: terceiro botão. D: *display* LCD.

### 2.3.6 Relés

Relés são interruptores eletromecânicos utilizados para o acionamento dos ventiladores presentes na instalação. Seu funcionamento consiste na movimentação de uma armadura

móvel de metal ferroso, sendo atraído pelo campo eletromagnético gerado por uma bobina, quando a mesma se encontra energizada, por fim fechando o circuito com o contato inferior. Ao cessar da corrente na bobina, o campo eletromagnético é interrompido, fazendo com

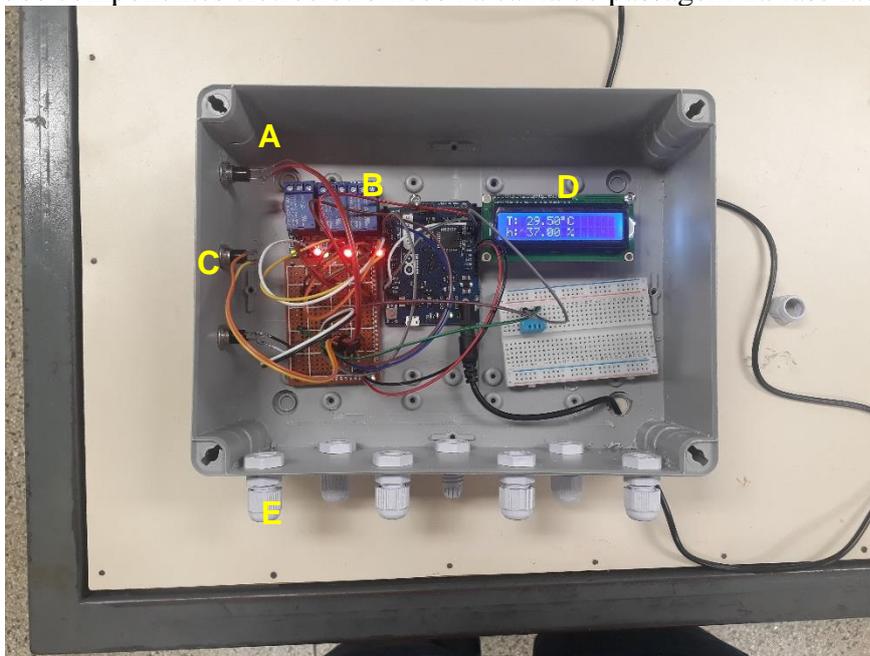
que a armadura móvel retorne ao contato superior, por fim “abrindo” o circuito. A tensão da bobina é de 5V e baixa corrente, enquanto a tensão máxima dos contatos reversores é de 250VAC e corrente até 12A.

Para a pesquisa foram utilizados três módulos relês de um canal, sendo dois para o acionamento de dois ventiladores na parede (V1 e V2) e um para o acionamento de três ventiladores de teto (V3, V4 e V5). Quando o sensor DHT11 registra uma temperatura igual ou superior a temperatura programada, os relês são acionados, em seguida os ventiladores ligados. Ademais, quando a temperatura registrada for inferior à da programação, os relês são desligados, desligando os ventiladores.

## 2.4 Montagem e instalação do projeto

Para a montagem do projeto, os componentes eletrônicos como o Arduino Leonardo, relês, placa de fenolite ilhada e *display* LCD foram fixados no fundo da caixa de passagem, este último de forma a permitir a fácil leitura dos parâmetros registrados pelo sensor de temperatura e umidade. Em seguida, foram realizados furos na parte inferior da caixa para a fixação de prensa cabos do tipo Pg7 cinza (Figura 5), que permitem a entrada e saída dos cabos elétricos pp, saída do sensor, além de manter o interior da caixa de passagem isolado contra umidade. Posteriormente, foram feitos furos na lateral esquerda da caixa para posicionar os botões pulsadores.

**Figura 5.** Fixação dos componentes eletroeletrônicos na caixa de passagem na fase laboratorial.



**Fonte:** Autor.

A: relês. B: Arduino Leonardo. C: placa de fenolite ilhada. D: Display LCD. E: prensa cabos Pg7.

Para a instalação na maternidade, a caixa de passagem e o temporizador foram posicionados em estruturas de madeira que compõem a armação do telhado, como foi sugerido pelos funcionários do setor de suinocultura. Em seguida, foi realizada a confecção da parte elétrica, posicionando os

cabos de alimentação dos ventiladores e das tomadas da fonte do Arduino e do *timer*. Por fim, foi montada a parte hidráulica, posicionando a válvula solenoide e uma estrutura confeccionada de cano PVC em paralelo ao cano já presente na instalação (Figura 6).

**Figura 6.** Instalação do sistema na maternidade de suínos.



**Fonte:** Autor.

A: sistema de canos PVC originais da instalação. B: estrutura confeccionada para instalação da válvula solenoide. C: válvula solenoide normal fechada.

## 2.5 Definição dos parâmetros de controle

Para as matrizes suínas, o conforto térmico está estabelecido entre 16 e 21°C, com uma temperatura máxima crítica de 30°C (BUFFINGTON *et al.*, 1981) No entanto, devido a questões estruturais, existe uma grande dificuldade em manter a maternidade dentro desta zona de conforto, tendo em vista ao pé direito baixo, havendo uma maior carga térmica sobre os animais (SAMPAIO *et al.*, 2004; KIEFER *et al.*, 2009).

Para o acionamento dos aspersores, foram utilizados os horários 12:00 (para o acionamento) e 18:00 (para o desligamento) todos os dias da semana. A definição foi estabelecida de acordo com os funcionários e suas necessidades, permitindo que o sistema fosse controlado sem a necessidade da presença dos mesmos no setor para a execução de tal tarefa.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Custo

À escassez de microchips e semicondutores no mercado, agravados pela pandemia do Covid-19 e aumento do dólar, os preços dos produtos eletroeletrônicos se encontram em alta no Brasil (LUCCA, 2021; RODRIGUES, 2021; TORRES, 2021). Todavia, foi possível realizar um projeto de baixo custo, que atendesse as necessidades de pequenas produções, como no caso do setor de suinocultura da fazenda Lageado da Unesp Botucatu. Adicionalmente, de acordo com algumas empresas representantes no Brasil o componente de automação industrial utilizado em grandes produções, como o CLP, possui um preço base em torno de \$200,00, superior ao custo total do projeto descrito na Tabela 1. A compra dos materiais foram feitas em sua maioria via lojas virtuais, entre 05 de março a 04 de agosto de 2021.

**Tabela 1.** Orçamento da pesquisa.

	<b>Lista de materiais da pesquisa</b>	<b>Preço em Reais</b>
<b>A</b>	Arduino Leonardo	60,00
	Modulo relé 1 canal (3 unidades)	38,70
	Sensor DHT11	17,45
	Display LCD 16x2	31,80
	Fonte Arduino Bivolt	20,96
	Placas de Fenolite ilhada (kit com 10 unidades)	23,99
	Caixa de Passagem 234x174x90 mm	75,91
	Prensa cabo Pg7 cinza (10 unidades)	17,79
	Botão pulsador (3 unidades)	1,75
	Resistores 330Ω (3 unidades)	1,50
	Cabo flexível para circuito eletrônico 0,3 mm <sup>2</sup> (20 metros)	28,49
	Plugues de tomada “macho” e “fêmea” (5 unidades de cada)	32,90
	Abraçadeira de Nylon 20 cm (kit com 100 unidades)	13,90
	Cabo elétrico pp flexível 2x1mm <sup>2</sup> (50 metros)	179,90
	Disjuntor unipolar 16 <sup>a</sup>	12,15
Temporizador digital de tomada	48,99	
<b>B</b>	Válvula Solenoide rosca ¾ e 127 V	72,00
	Conexão “T” PVC (2 unidades)	0,00*
	Curva PVC 90°, 3/4 (2 unidades)	0,00*
	Luva PVC ¾ (2 unidades)	7,00
	União PVC ¾ (2 unidades)	12,60
	Cano PVC (1 metro)	0,00*
	Mão de obra técnica de instalação (8 horas de trabalho)	70,32
	Mão de obra técnica de desenvolvimento (60 horas de trabalho)	527,45
	* material cedido para a pesquisa.	
	<b>Total sem a inclusão da mão de obra em Reais</b>	<b>697,78</b>
	<b>Total com a inclusão da mão de obra em Reais</b>	<b>1.295,55</b>
	<b>Preço em Dólar sem a inclusão da mão de obra</b>	<b>140,11</b>
	<b>Preço em Dólar com a inclusão da mão de obra</b>	<b>260,15</b>

Fonte: Autor.

A: componentes eletroeletrônicos. B: componentes hidráulicos.

### 3.2 Sugestões de atualizações e aplicabilidade da pesquisa

A fim de atender as necessidades de uma pequena produção, onde o número de funcionários e mão de obra é limitado, o projeto cumpre seu papel, uma vez que permite aos mesmos que realizem outros manejos sem ter necessidade de acionamento manual dos sistemas de ventilação. Ademais, promove um melhor conforto térmico às fêmeas da maternidade, pois além de possuir um acionamento em tempo real, o mesmo é feito em base nos valores coletados pelo sensor de temperatura e umidade, tornando o sistema mais preciso.

Tendo em vista que a ideia primordial do sistema era a automação dos ventiladores presentes na instalação, a adaptação mais viável para atender a posterior necessidade dos aspersores foi o uso de um *Timer* Digital para o acionamento dos mesmos, sem acarretar um acréscimo notório no orçamento com adição de novos componentes e mão de obra. Dessa forma, para que o controle da válvula solenoide fosse feita pelo Arduino seria necessário a adição de um módulo RTC (*Real Time Clock*), para que o acionamento ocorresse apenas nos horários programados (visto que os mesmos são acionados apenas durante o dia). Em seguida, a adição de uma *Ethernet shield* ou módulo *Wifi* ao sistema (placas que permitem a comunicação

do Arduino com sistemas de internet), com as devidas alterações no código carregado no Arduino e a confecção de um aplicativo para comando, possibilitaria o acionamento e monitoramento à distância através de dispositivos remotos. Por conseguinte, seria possível por exemplo, o acionamento dos aspersores não somente de acordo com o horário e a temperatura interna da instalação, mas também com a previsão do tempo, uma vez que em dias de nublados ou chuvosos seu acionamento é dispensável.

#### 4 CONCLUSÕES

O sistema de monitoramento de temperatura e umidade de baixo custo para maternidade de suínos permitiu a automação da instalação, sendo o Arduino capaz de realizar tal tarefa. Desse modo, o projeto trouxe modernidade, tecnologia e praticidade para uma pequena produção. Em suma, mesmo com a alta dos preços de produtos eletroeletrônicos, foi possível a confecção de um sistema de custo acessível, que permitiu o acionamento de ventiladores e outros componentes elétricos em um sistema de produção animal.

#### 5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. P.; MORRIL, W. B. B. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 12, p. 1337-1344, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Dyg7jk9bqzR33fLHTrYvPzr/?lang=pt>. Acesso em: 4 out. 2021.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=34325>. Acesso em: 2 out. 2021.

DEVARAJU, J. T.; SUHAS, K. R.; MOHANA, H. K.; PATIL, V. A. Wireless Portable Microcontroller based Weather Monitoring Station. **Measurement**, Amsterdam, v. 76, p. 189-200, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.08.027>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224115004406?via%3Dihub>. Acesso em: 4 out. 2021.

DOMINGOS, F. C.; MAIA, J. M.; MAIA, O. M. A.; SCHNEIDER, F. K. Microcontroller based Control System for Ultrasound NDT in Wood. **Physics Procedia**, Amsterdam, v. 70, p. 428-432, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2015.08.136>. Disponível em: <https://cyberleninka.org/article/n/592154.pdf>. Acesso em: 4 out. 2021.

FATEHNIA, M.; PARAN, S.; KISH, S.; TAWFIQ, K. Automating double ring infiltrometer with an Arduino microcontroller. **Geoderma**, Amsterdam, v. 262, p.133-139, jan. 2016. Elsevier BV. DOI: [10.1016/j.geoderma.2015.08.022](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.022)

FRANCO, J. R. **Análise comparativa entre medidas meteorológicas da estação convencional e automática da Fazenda Lageado no município de Botucatu-São Paulo-Brasil**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2021.

HERMUCHE, P.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T.; PAIVA, S. R.; McMANUS, C. M. Environmental factors that affect sheep production in Brazil. **Applied Geography**, Oxford, v. 44, p. 172-181, 2013.

KIEFER, C.; MEIGNEN, B. C. G.; SANCHES, J. F.; CARRIJO, A. S. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de**

**Zootecnia**, Campo Grande, v. 51, n. 221, p. 55-64, 2009. Disponível em: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_artext&pid=S0004-05922009000100006&lng=en&nrm=iso](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_artext&pid=S0004-05922009000100006&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 4 out. 2021.

LI, L.; WANG, C.; XIE, G. A general CPG network and its implementation on the microcontroller. **Neurocomputing**, Amsterdam, v. 167, p. 299-305, nov. 2015. DOI: 10.1016/j.neucom.2015.04.066. Disponível em: <https://liangli-phd.com/static/pdfs/Liang2015General.pdf>. Acesso em: 4 out. 2021.

LUCCA, A. **Pandemia impacta produção de microchips e faz preço de eletroeletrônico subir**. São Paulo: CNN Brasil, 2 out. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/pandemia-impacta-producao-de-microchips-e-faz-preco-de-eletroeletronico-subir/>. Acesso em: 4 out. 2021.

PANDIARAJ, M.; BENJAMIN, A. R.; MADASAMY, T.; VAIRAMANI, K.; ARYA, A.; SETHY, N. K.; BHARGAVA, K.; KARUNAKARAN, C. A cost-effective volume miniaturized and microcontroller-based cytochrome c assay. **Sensors And Actuators A: Physical**, Amsterdam, v. 220, p. 290-297, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2014.10.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925231215005354>. Acesso em: 4 out. 2021.

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestão, alojadas em baias individuais e coletivas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 326-332, 2008.

PASSINI, R.; FERREIRA, F. A.; BORGATTI, L. M. O.; TERÊNCIO, P. H.; SOUZA, R. T. Y. B.; RODRIGUES, P. H. M. Estresse térmico sobre a seleção da dieta por

bovinos. **Acta Scientiarum: Animal Science**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 303-309, 2009.

RODRIGUES, C. G. Panorama do mercado global da indústria de semicondutores. **Brazilian Journal of Development**, Goiânia, v. 7, n. 7, p. 74936-74944, 2021.

RODRIGUES, N. E. B.; ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. T. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s. l.], v. 7, n. 2 p. 1197-1211, mar./abr. 2010. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-110.pdf>. Acesso em: 4 out. 2021.

SAMPAIO, C. A. P.; CRISTANI, J.; DUBIELA, J. A.; BOFF, C. E.; OLIVEIRA, M. A. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 785-790, jun. 2004.

SARUBBI, J.; ROSSI, L. A.; MOURA, D. J.; OLIVEIRA, R. A.; MAIA, A. P. A. Nocturnal thermal comfort in facilities for growing swines. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p. 1034-1040, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/d3g3twNmhsdByGPs4sZbNHB/?lang=en>. Acesso em: 12 out. 2021.

SILVA, D. H. F. **Efeito da idade e período do dia sobre as variáveis fisiológicas de termorregulação de suínos**. 2017. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

SOUZA, R. G.; GOMIDE, A. P. C.; FEITOSA, T. J. O.; CRISPIM, E. G.; LEITE, SOUZA, R. G.; GOMIDE, A. P. C.; FEITOSA, T. J. O.; CRISPIM, E. G.; LEITE, D. P. S. B. M.; FRANÇA, V. S.; SOUSA, G. R. de; SOUSA, W. K. C.; CARVALHO JÚNIOR, J. E. M.; MOTA, D. G. Influência da

temperatura na maternidade de suínos: revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 9, n. 3, p. e193932757, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i3.2757. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/340241999\\_Influencia\\_da\\_temperatura\\_na\\_maternidade\\_de\\_suinos\\_revisao\\_bibliografica](https://www.researchgate.net/publication/340241999_Influencia_da_temperatura_na_maternidade_de_suinos_revisao_bibliografica). Acesso em: 4 out. 2021.

TEWARI, V. K.; KUMAR, A. A.; NARE, B.; PRAKASH, S.; TYAGI, A. Microcontroller based roller contact type herbicide applicator for weed control under row crops. **Computers And Electronics In Agriculture**, Amsterdam, v. 104, p. 40-45, jun. 2014. DOI: 10.1016/j.compag.2014.03.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/>

[abs/pii/S0168169914000659](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169914000659). Acesso em: 4 out. 2021.

TORRES, L. R. Análise econômica da alta nos preços dos carros: a inevitabilidade das leis de oferta e demanda. **Boletim Economia Empírica**, [s. l.], v. 2, n. 10, p. 47-50, 2021. Disponível em: <https://www.portaldeperiodicos.idp.edu.br/bee/article/view/6154>. Acesso em: 4 out. 2021.

WYRWOŁ, B.; HRYNKIEWICZ, E. Implementation of the FITA Fuzzy Inference System on the specific microcontroller platform. **IFAC-Papers Online**, Laxenburg, v. 48, n. 4, p. 165-169, 2015. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.07.026. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315008010>. Acesso em: 4 out. 2021.