



Sistema Automatizado de Baixo Custo para Produtores Rurais: controle e monitoramento do ambiente térmico na suinocultura

Pedro Hurtado de Mendoza Borges^a, Zaira Morais dos Santos Hurtado Mendoza^b, Pedro Hurtado de Mendoza Morais^c e Ronei Lopes dos Santos^d

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema automatizado de baixo custo para monitorar e controlar o ambiente térmico de instalações suinícolas. Por meio de sensores conectados a um microcontrolador Arduino foi possível acionar ventiladores e/ou nebulizadores para manter valores adequados de temperatura e umidade relativa do ar, em função das exigências do animal. Esses valores foram estabelecidos com base na entalpia no interior do galpão,

-
- a Doutor em Máquinas Agrícolas. Professor Titular na UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso. pborges@ufmt.br <http://orcid.org/0000-0001-7603-8775>
- b Doutora em Ciências Florestais. Professora Adjunta na UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso. zaira@ufmt.br
- c Bacharel em Agronomia. Programa de Graduação em Agronomia da UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso. pedromorais08@hotmail.com
- d Bacharel em Agronomia. Programa de Graduação em Agronomia da UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso. roneilopis@gmail.com

recomendada pelas referências bibliográficas consultadas. Para o correto funcionamento do sistema foram elaborados o fluxograma e a correspondente implementação do programa computacional na linguagem C, utilizando-se o ambiente de desenvolvimento do próprio microcontrolador. Durante os testes realizados, o sistema acionou os equipamentos e armazenou os dados conforme previsto, evidenciando bom desempenho. Concluiu-se que, o sistema proposto reduziu o consumo de água e energia, comprovando a sua eficiência. Esta pesquisa servirá como uma ferramenta útil e viável para os suinicultores contribuindo com a redução de custos e com a sustentabilidade de seus empreendimentos.

Palavras-chave: Agricultura Familiar. Arduino. Conforto Animal. Pecuária. Sustentabilidade.

Automated Lowcost System for Farmers: Control and monitoring of the thermal environment in swine breeding

Pedro Hurtado de Mendoza Borges^a, Zaíra Morais dos Santos Hurtado Mendoza^b, Pedro Hurtado de Mendoza Morais^c & Ronei Lopes dos Santos^d

Abstract: The present work aimed to develop an automated system of low cost to monitor and control the thermal environment of pig facilities. Through sensors connected to an Arduino micro-controller, it was possible to drive fans and/or nebulisers to maintain adequate temperature and relative humidity values, depending on the requirements of the animal. These values were established based on the enthalpy inside the shed, recommended by the consulted bibliographical references. For the correct functioning of the system, the flowchart and the corresponding implementation of the computer program in the C language were elaborated, using the development environment of the micro-controller itself. During the tests, the system activated the equipment and stored the data as expected, showing good performance. As a conclusion, the proposed

-
- a PhD. in Agricultural Machinery. Professor at UFMT – Federal University of Mato Grosso. pborges@ufmt.br <http://orcid.org/0000-0001-7603-8775>
 - b PhD. in Forest Science. Adjunct Professor at UFMT – Federal University of Mato Grosso. zaira@ufmt.br
 - c Bachelor in Plant Science. Plant Science graduate program at UFMT – Federal University of Mato Grosso. pedromorais08@hotmail.com
 - d Bachelor in Plant Science. Plant Science graduate program at UFMT – Federal University of Mato Grosso. roneilopis@gmail.com

system reduced the consumption of water and energy, proving its efficiency. This research will serve as a useful and viable tool for pig farmers contributing to the reduction of costs and the sustainability of their enterprises.

Keywords: Family Farming. Arduino. Animal Comfort. Livestock. Sustainability.

Sistema Automatizado de Bajo Costo para Productores Rurales: control y monitoreo del ambiente térmico en la porcicultura

*Pedro Hurtado de Mendoza Borges^a, Zaíra Morais dos Santos Hurtado
Mendoza^b, Pedro Hurtado de Mendoza Morais^c y Ronei Lopes dos
Santos^d*

Resumen: El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar un sistema automatizado de bajo costo para monitorear y controlar el ambiente térmico de instalaciones porcinas. Por medio de sensores conectados a un microcontrolador Arduino fue posible accionar ventiladores y/o nebulizadores para mantener valores adecuados de temperatura y humedad relativa del aire, en función de las exigencias del animal. Estos valores se establecieron con base en la entalpía en el interior del galpón, recomendada por las referencias bibliográficas consultadas. Para el correcto funcionamiento del sistema se elaboraron el diagrama de flujo y la correspondiente implementación del programa computacional en lenguaje C, utilizando el ambiente de desarrollo del propio microcontrolador. Durante las pruebas

-
- a Doctor en Máquinas Agrícolas. Profesor Titular en la UFMT - Universidad Federal de Mato Grosso. pborges@ufmt.br <http://orcid.org/0000-0001-7603-8775>
- b Doctor en Ciencias Forestales. Profesora Adjunta en la UFMT - Universidad Federal de Mato Grosso. zaira@ufmt.br
- c Licenciado en Agronomía. Programa de Graduación en Agronomía de la UFMT - Universidad Federal de Mato Grosso. pedromorais08@hotmail.com
- d Licenciado en Agronomía. Programa de Graduación en Agronomía de la UFMT - Universidad Federal de Mato Grosso. roneilopis@gmail.com

realizadas, el sistema accionó los equipos y almacenó los datos según lo previsto, evidenciando buen desempeño. Se concluyó que el sistema propuesto redujo el consumo de agua y energía, comprobando su eficiencia. Esta investigación servirá como una herramienta útil y viable para los porcicultores, contribuyendo con la reducción de costos y la sostenibilidad de sus emprendimientos.

Palabras clave: Agricultura Familiar. Arduino. Confort Animal. Pecuaria. Sostenibilidad.

1. Introdução

O Brasil destaca-se mundialmente como produtor e exportador de carne suína, ocupando a quarta posição. No cenário nacional, o estado de Mato Grosso é responsável por 5,61% da produção e 5,85% da exportação, o que corresponde ao quinto e quarto lugar respectivamente (EMBRAPA, 2017). Sem dúvida, esses índices poderiam ser superiores com a adoção de medidas para melhorar o ambiente nas instalações suinícolas, associadas ao uso de tecnologias avançadas. Inúmeros estudos têm evidenciado a influência do microclima das referidas instalações sobre o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais (SAMPAIO et al., 2004; CAMPOS et al., 2008; PANDORFI et al., 2008; KIEFER et al., 2009; KIEFER et al., 2010; VIEIRA et al., 2010; SALES et al., 2011; NAZARENO et al., 2012; COUTINHO et al., 2014).

Dentre as variáveis que influenciam o ambiente térmico de instalações zootécnicas, a temperatura e umidade relativa do ar possuem especial relevância. Há algum tempo, pesquisas nessa área já vem sendo desenvolvidas com o intuito de relatar o uso de coeficientes para mensurar o efeito simultâneo dessas variáveis, como por exemplo, o índice de temperatura e umidade (ITU) desenvolvido por Thom (1958), o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) proposto por Buffington et al., (1981), a carga térmica de radiação (CTR)

sugerida por Esmay (1982) e a entalpia (H) definida por Albright (1990). Esses índices possibilitam caracterizar com maior precisão o ambiente térmico, de acordo com faixas de valores previamente estabelecidas.

Outra necessidade premente é que atualmente, existe uma crescente tendência da sociedade brasileira e dos mercados importadores em requerer padrões mínimos de bem-estar animal nas cadeias produtivas. Para atender essa exigência, novos métodos e tecnologias nas granjas suinícolas deverão ser desenvolvidos e adotados para melhorar o alojamento de matrizes, incluindo a automação dos sistemas em todas as fases da produção.

Entretanto, dados da Companhia Nacional de Abastecimento revelam que, até o ano de 2017, mais de 80% dos estabelecimentos agropecuários baseiam-se na agricultura familiar, sendo esta atividade uma importante fonte de alimentos de qualidade para o mercado interno (CONAB, 2017). Porém, a maioria dos produtores rurais não possuem recursos financeiros suficientes para adotar tecnologias avançadas de elevado custo, devendo as pesquisas se preocuparem com isso, levando até eles informações úteis e economicamente viáveis.

A suinocultura é de extrema importância para a agricultura familiar, por que utiliza mão de obra doméstica, além de

requerer pouca extensão de terra e proporcionar um adequado retorno financeiro. Com poucos recursos, os pequenos produtores rurais encontram a sustentabilidade para as suas propriedades na diversificação da produção (suinocultura, grãos, bacia leiteira e agroindústria). A suinocultura viabiliza a bacia leiteira, devido ao uso dos dejetos dessa produção como adubação para as pastagens, e também a produção de grãos (EMBRAPA, 2017).

Na tentativa de levar tecnologia de informação ao homem do campo, de forma crescente e cada vez mais acessível, o advento das plataformas de prototipagem eletrônica de baixo custo com o nome comercial de Arduíno, tem possibilitado a automação de diversos processos e sistemas no setor agropecuário. Essas plataformas possuem projeto e código livre e foram desenvolvidas na Itália utilizando microcontroladores da Atmel (McROBERTS, 2011; PENIDO, 2017). O uso dessa tecnologia pode ser constatado na coleta de dados para estação meteorológica, no monitoramento da irrigação de culturas agrícolas, no controle de tanque de calda para hidroponia, bem como em outras aplicações industriais e residenciais (KOLCENTI et al., 2014; CUNHA; ROCHA, 2015; OKABE et al., 2015; REIS et al., 2015; FERREIRA et al., 2016; MELO et al., 2016; PENIDO, 2017).

De acordo com os trabalhos consultados acima, infere-se que as referidas plataformas podem ser uma poderosa e viável ferramenta de baixo custo para o controle e monitoramento do ambiente térmico em instalações suínas. Além disso, essas plataformas podem estimar e manter os índices de conforto em faixas adequadas de acordo com a fase de crescimento do animal, o que requer a programação minuciosa de algoritmos previamente definidos. Esta problemática motivou a elaboração do presente estudo, que teve como principal objetivo desenvolver um sistema automatizado para controlar e monitorar o ambiente térmico de uma instalação suinícola, em função da entalpia. Assim, por meio desse índice, o sistema permitirá avaliar o efeito simultâneo da temperatura e umidade relativa do ar no interior do galpão.

2. Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Informática da Faculdade de Agronomia e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, onde foram realizados os pré-testes. Em seguida, o sistema foi levado para o campo e instalado no galpão de reprodução, pertencente ao setor de suínos da Fazenda Experimental dessa instituição. No Quadro 1, apresentam-se os principais componentes do sistema e equipamentos, bem como o correspondente orçamento e custo aproximado da mão de obra.

Quadro 1 – Orçamento dos principais componentes do sistema e equipamentos.

Itens	Descrição	Quantidade	Custo (R\$)
Componentes do sistema	Microcontrolador Arduino	1	80,00
	Placa para circuitos	1	40,00
	Módulo RTC DS3231	1	25,00
	Módulo SD para cartão de memória	1	30,00
	Sensor de temperatura e umidade DHT22	1	25,00
	Relé de dois canais	1	45,00
	Fonte de 6 Volts	1	60,00
	Fios para conexão dos componentes	14	5,00
	Subtotal com o custo dos componentes do sistema		
Equipamentos e acessórios	Ventilador	1	1.100,00
	Nebulizador	1	2.500,00
	Fios elétricos	50 m	30,00
	Subtotal com o custo dos equipamentos e acessórios		
Mão de obra	Eletricista	1	170,00
	Ajudante de eletricista	1	90,00
	Subtotal com o custo da mão de obra		
TOTAL			4.200,00

Fonte: Elaborado pelos Autores.

A montagem do sistema iniciou-se com a energização do microcontrolador, do sensor, dos módulos e do relé. Por meio

de fios, o segundo pino do sensor foi ligado a uma entrada analógica do microcontrolador para realização da coleta de dados referentes a temperatura e umidade. Os módulos RTC DS3231 e do cartão de memória foram instalados no sistema, conforme o esquema elétrico fornecido pelo fabricante, levando-se em consideração os pinos analógicos e digitais do microcontrolador para a adequada e segura comunicação entre os componentes. Os fios de fase para a tensão de 110 V do ventilador e do nebulizador foram ligados à rede elétrica, enquanto que os respectivos fios neutros conectados às saídas de cada canal do relé.

O sistema proposto acionava o ventilador e o nebulizador de forma independente, ou simultaneamente, de acordo com as necessidades de temperatura e umidade, visando manter o conforto ambiental na instalação. Neste trabalho, utilizou-se a entalpia definida por Albright (1990) para avaliar o ambiente térmico no galpão, conforme a equação:

$$H = 6,7 + 0,243 \cdot TBS + \frac{UR}{100} \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot TBS}{237,3 + TBS}}$$

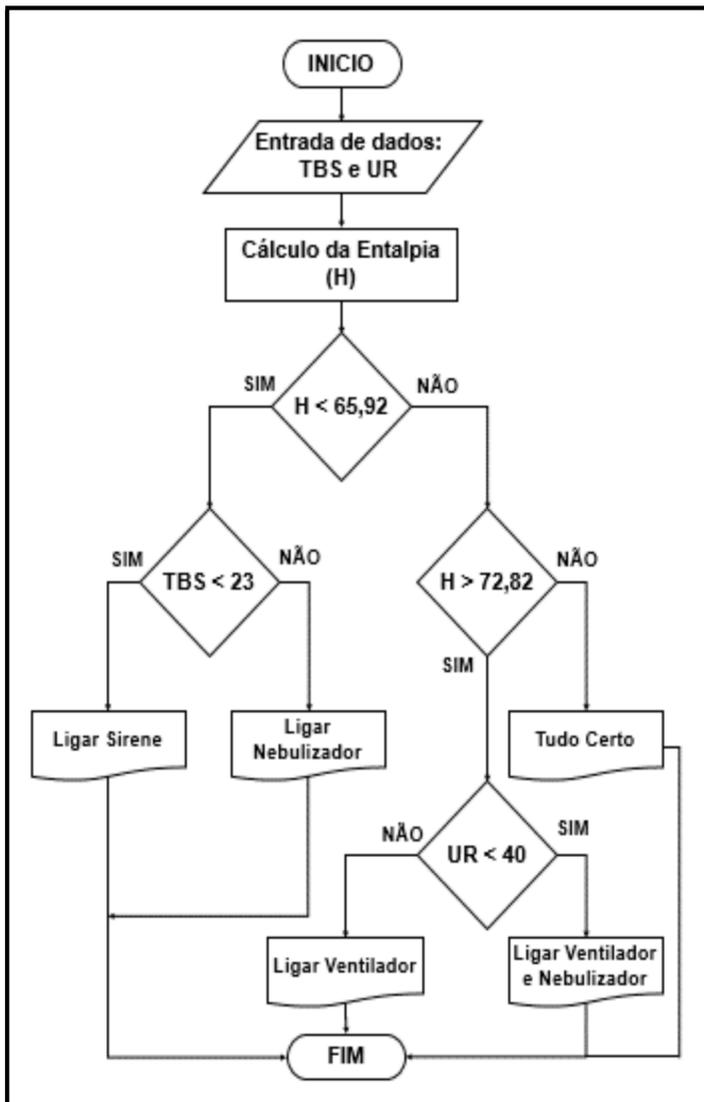
Em que,

- H: Entalpia (kcal kg⁻¹ de ar seco);
- UR: Umidade relativa do ar (%);
- TBS: Temperatura de bulbo seco (°C).

Tendo como referência diversos estudos, a temperatura ideal para suínos foi sugerida como sendo em torno de 25 a 28 °C com a umidade variando entre 40 e 80%, resultando num intervalo de entalpia adequada para o conforto ambiental de 65,92 até 72,82 KJ kg⁻¹ de ar seco (SAMPAIO et al., 2004; CAMPOS et al., 2008; PANDORFI et al., 2008; KIEFER et al., 2009; KIEFER et al., 2010; VIEIRA et al., 2010; SALES et al., 2011; NAZARENO et al., 2012; COUTINHO et al., 2014).

Fora dessa faixa, o ambiente torna-se muito frio e seco, ou quente e úmido demais, sendo prejudicial em ambos os casos para o desempenho reprodutivo das matrizes, e produtivo para os animais na fase de terminação. Para garantir esses valores de entalpia, foi implementado no Ambiente de Desenvolvimento Integrado do microcontrolador Arduíno um programa computacional na linguagem C, conforme o fluxograma representado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do programa computacional desenvolvido para o microcontrolador.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

O microcontrolador foi responsável pelo envio e armazenamento dos dados no cartão de memória, visando posterior análise técnica econômica. Esses dados serão utilizados em outros estudos e são de extrema importância para o aperfeiçoamento, tanto do sistema automatizado desenvolvido, quanto das próprias instalações suinícolas. Ressalta-se que o caso mais crítico ocorrerá quando a entalpia for inferior a $65,92 \text{ KJ kg}^{-1}$ e a temperatura menor que $23 \text{ }^\circ\text{C}$, caracterizando-se o ambiente como frio e úmido, nessa situação, o acionamento dos equipamentos não resolveria o problema, agravando inclusive, a situação de estresse térmico.

Contudo, essas condições não são frequentes no Estado de Mato Grosso por longos períodos durante o ano, mesmo assim, os suinicultores poderão disponibilizar cortinas nas laterais dos galpões, com o intuito de proteger os animais de prováveis quedas de temperaturas.

3. Resultados e discussão

O sistema automatizado de baixo custo composto por uma plataforma Arduíno (microcontrolador), sensores, relés, atuadores (ventilador e nebulizador), módulo de relógio e módulo de cartão de memória SD foi desenvolvido e programado para realizar as leituras a cada 10 segundos, sendo armazenadas de forma rápida e precisa. Com o propósito de reduzir o número de informações no cartão SD, optou-se por

enviar para o arquivo-texto, apenas a média de 60 medições correspondentes ao intervalo de tempo de 10 minutos, totalizando 144 registros diários. Essa alternativa teve como finalidade elevar a precisão dos resultados e utilizar valores mais representativos.

Figura 2 – Ilustração do arquivo de texto gerado pelo sistema automatizado

Leitura	Data	Hora	Temperatura(°C)	Umidade(%)	Entalpia(kJ/Kg)	Equipamento(Ligado)	TempVentil(s)	TempNebul(s)
1	22/05/2018	12:10:14	35,91	30,39	76,77	Ventilador/Nebulizador	600	600
2	22/05/2018	12:20:14	35,77	31,00	76,78	Ventilador/Nebulizador	1200	1200
3	22/05/2018	12:30:14	34,98	31,11	75,46	Ventilador/Nebulizador	1800	1800
4	22/05/2018	12:40:14	34,88	31,20	75,36	Ventilador/Nebulizador	2400	2400
5	22/05/2018	12:50:14	34,64	32,93	75,60	Ventilador/Nebulizador	3000	3000
6	22/05/2018	13:00:14	34,60	33,87	75,90	Ventilador/Nebulizador	3600	3600
7	22/05/2018	13:10:14	34,22	34,39	75,44	Ventilador/Nebulizador	4200	4200
8	22/05/2018	13:20:14	34,10	34,49	75,26	Ventilador/Nebulizador	4800	4800
9	22/05/2018	13:30:14	33,70	34,65	74,64	Ventilador/Nebulizador	5400	5400
10	22/05/2018	13:40:14	33,45	35,04	74,35	Ventilador/Nebulizador	6000	6000
11	22/05/2018	13:50:14	33,45	35,70	74,58	Ventilador/Nebulizador	6600	6600
12	22/05/2018	14:00:14	33,14	35,96	74,15	Ventilador/Nebulizador	7200	7200
13	22/05/2018	14:10:14	32,76	36,58	73,71	Ventilador/Nebulizador	7800	7800
14	22/05/2018	14:20:14	32,25	38,24	73,38	Ventilador/Nebulizador	8400	8400
15	22/05/2018	14:30:14	31,79	40,68	73,35	Ventilador 9000	8400	
16	22/05/2018	14:40:14	30,43	40,84	71,07	Nenhum 9000	8400	
17	22/05/2018	14:50:14	29,88	41,22	70,25	Nenhum 9000	8400	
18	22/05/2018	15:00:14	29,87	41,23	70,23	Nenhum 9000	8400	
19	22/05/2018	15:10:14	29,77	41,54	70,15	Nenhum 9000	8400	
20	22/05/2018	15:20:14	29,22	42,00	69,35	Nenhum 9000	8400	

Tempos de acionamento dos equipamentos:
 DATA: 22/05/2018
 Ventilador: 02:30:00 horas
 Nebulizador: 02:20:00 horas

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 2 ilustra-se o conteúdo do arquivo-texto gerado pelo sistema. Verifica-se que os valores das variáveis climatológicas e informações de cada leitura são armazenadas a cada 10 minutos como esperado. Como complemento, o arquivo contém dados referentes ao estado e tempo de funcionamento. Entretanto, o tempo de espera para realizar a leitura e o número de medições por minuto podem ser alterados a critério do suinocultor. Também, o módulo do cartão SD

pode ser retirado do conjunto, caso não exista interesse na análise dos dados. Nesse caso, o sistema apenas controlaria o acionamento dos equipamentos.

Conforme a Figura 2, o teste foi realizado no dia 22 de maio de 2018, iniciando-se a coleta dos dados às 12:00:14 horas. Nessa data e horário as condições de conforto ambiental foram consideradas como críticas, isto é, elevada temperatura e baixa umidade, resultando em valores de entalpia maiores do que o limite superior recomendado na literatura (SAMPAIO et al., 2004; CAMPOS et al., 2008; PANDORFI et al., 2008; KIEFER et al., 2009; KIEFER et al., 2010; VIEIRA et al., 2010; SALES et al., 2011; NAZARENO et al., 2012; COUTINHO et al., 2014).

Entretanto, após aproximadamente duas horas e meia de funcionamento do ventilador e nebulizador, as condições ambientais favoráveis ao desempenho animal foram atingidas e estabilizadas. Deve-se salientar, ainda, que o sistema acionará esses equipamentos, apenas, quando for necessário, o que contribuirá significativamente para a economia de água e energia, tornando a propriedade mais sustentável e o empreendimento mais rentável.

Outros trabalhos têm utilizado o programa PLX-DAQ para armazenar os dados lidos por sensores em comunicação com a plataforma Arduíno (CAVALCANTE et al., 2014; ROCHA; GUADAGNINI, 2014; SILVA et al., 2014;

DWORAKOWSKI et al., 2016). Nessa alternativa, os dados são enviados diretamente para uma planilha EXCEL por meio da porta serial e em seguida podem ser realizados diversos procedimentos como a elaboração de gráficos e a análise de estatística descritiva. Entretanto, essa opção praticamente inviabilizaria o uso do sistema pelos produtores rurais, pois seria necessário um computador com a referida planilha, o que sem dúvidas levaria a gastos extras e também conhecimentos básicos de informática. Por outro lado, o sistema proposto neste trabalho é totalmente independente e poderá ser alimentado, inclusive, por um carregador de celular com saída de 5 V, facilitando sua aplicação. Além disso, os dados do arquivo-texto podem ser exportados simplesmente para uma planilha eletrônica de código livre, como por exemplo o CALC do Livre Office.

4. Considerações finais

Com base nos resultados obtidos neste estudo conclui-se que é possível a automação de processos em pequenas propriedades rurais, especificamente o controle e o monitoramento das condições ambientais em instalações suinícolas. Na presente pesquisa comprovou-se que o uso de um microcontrolador de baixo custo ligado a sensores e equipamentos poderá contribuir substancialmente com o conforto térmico do animal. Também, deve-se salientar que o

uso do sistema proposto poderá reduzir o consumo de água e energia na propriedade, pois os equipamentos são acionados, apenas, durante o período necessário e com base em critérios técnicos consolidados.

Outro aspecto relevante a ser mencionado é a flexibilidade e simplicidade do sistema, isto é, os módulos do relógio interno (RTC DS3231) e do cartão de memória SD poderão ser retirados, sem prejuízo do seu funcionamento. Esses módulos foram incluídos, simplesmente, para monitorar a coleta dos dados que futuramente serão utilizados no aperfeiçoamento do próprio sistema, bem como no ensino e pesquisa da nossa instituição. Concomitantemente, consideramos que este trabalho servirá como uma ferramenta útil e viável nas mãos dos suinicultores, contribuindo assim, com a sustentabilidade de seus empreendimentos.

Referências

ALBRIGHT, L. D. Environment control for animals and plants.

ASAE Textbook, St. Josep, v. 4. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers Michigan, 1990. 453p.

BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.

CAMPOS, J. A. et al. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. **Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 3, p. 187-193, maio/jun. 2008.

CAVALCANTE, M. M. et.al. A plataforma Arduino para fins didáticos: estudo de caso com recolhimento de dados a partir do PLX-DAQ. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO (CSBC), 34, p. 1687-1696, 2014, Brasília, DF. **Anais...** CSBC: Brasília, 2014.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Agricultura familiar**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/agricultura-familiar>> Acesso em: 12 dez. 2017.

COUTINHO, G. S. et al. Conforto térmico e manejo de suínos na maternidade levando em consideração o bem-estar animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 3109-3119, jan./fev. 2014.

CUNHA, K. C. B.; ROCHA, R.V. Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino. **RECoDAF: Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 1, n. 2, p. 62-74, jul./dez. 2015.

DWORAKOWSKI, L. A. et al. Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 38, n. 3, jul./set. 2016.

EMBRAPA. **Estatísticas**: desempenho da produção. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Concórdia - SC. Embrapa Suínos e Aves. [20??], Disponível em:

< <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas> > .

Acesso em: 12 dez. 2017.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Westport: Avi, 1982. 325p.

FERREIRA, B. O. et al. Irrigação automatizada com plataforma Arduino em casa de vegetação na Universidade Federal Rural da Amazônia. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA (CONTECC), 2016, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: CONTECC, p. 1-5. 2016.

KIEFER, C. et al. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Revista Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 221, p. 55-64. mar. 2009.

KIEFER, C. et al. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 2, p. 496-504, abr./jun. 2010.

KOLCENTI, C. et al. Desenvolvimento sustentável no uso das tecnologias para juventude rural. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE (S2IS), 2. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, (SIGEP), 3., São Paulo, 2014. **Anais...** 2014. São Paulo: Editora S2IS, SIGEP, p. 1-9. 2014.

MCROBERTS, M. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec, 2011. 453p.

MELO, R. T. et al. Sistema automático de irrigação de baixo custo. In: Encontro Unificado de Computação (ENUCOMP), 9., Teresina, 2016. **Anais...** Teresina: ENUCOMP, [n. p.]. 2016.

NAZARENO, A. C. et. al. Caracterização bioclimática de sistemas ao ar livre e confinado para a criação de matrizes suínas gestantes.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 314-319, jul./set. 2012.

OKABE, A. M. S. et al. Monitoramento da temperatura e umidade relativa em um ambiente para secagem de madeira. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 1., Fortaleza, 2015. **Anais...** Fortaleza: SOEA, [s. p.]. 2015.

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

PENIDO, E.C.C. **Projetos de automação com Arduíno: guia detalhado para aplicações industriais, residenciais e agrícolas**. Viçosa: Editora UFV, 2017. 168p.

REIS, R. R. S. et al. Sistema automatizado de irrigação: uma solução de baixo custo para agricultura. In: Jornada de Iniciação Científica e Extensão, 6., [s. l.], 2015. **Anais...**, [s. l.], [s. e.], [s. p.]. 2015.

ROCHA, F. S.; GUADAGNINI, P. H. Projeto de um sensor de pressão manométrica para ensino de física em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 1, p. 124-148, abr. 2014.

SALES, F. A. L. et al. Monitoramento ambiental do perfil horizontal de um galpão para suínos, na fase de gestação, utilizando

zootecnia de precisão. **Revista Científica de Produção Animal**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 7-12. 2011.

SAMPAIO, C. A. P. et al. Avaliação do ambiente 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, maio/jun. 2004.

SILVA, J. L. S. et al. Plataforma Arduino integrado ao PLX-DAQ: análise e aprimoramento de sensores com ênfase no LM35. In: Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe, 14., Feira de Santana, 2014. **Anais...** Feira de Santana: [s. e.], 2014.

THOM, E. C. Cooling degrees-days air conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, [s. l.], v. 55, n. 7, p. 65-72, 1958.

VIEIRA, R. F. N. et al. Índices de conforto na avaliação do bem-estar animal de matrizes suínas em diferentes sistemas de criação. **Nucleus Animalium**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 63-70, maio. 2010.