

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA CAMPUS
PORTO GRANDE

ANDRÉ FILIPE DINIZ DE SOUZA
ANDERSON MORAES CARDOSO

**MONITORAMENTO E RELAÇÃO COM BEM-ESTAR DE SUÍNOS, POR MEIO DA
PLATAFORMA ARDUINO**

PORTO GRANDE - AP

2023

ANDRÉ FILIPE DINIZ DE SOUZA
ANDERSON MORAES CARDOSO

**MONITORAMENTO E RELAÇÃO COM BEM-ESTAR DE SUÍNOS, POR MEIO DA
PLATAFORMA ARDUINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a coordenação do curso de Engenharia Agrônômica como requisito avaliativo para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Dr. Alyne Cristina Sodré Lima
Coorientador: Esp. Cássio Renato da Glória Pereira dos Santos

PORTO GRANDE - AP

2023

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D729m MONITORAMENTO E RELAÇÃO COM BEM-ESTAR DE SUÍNOS, POR MEIO DA PLATAFORMA ARDUINO / André Filipe Diniz De Souza, Anderson Moraes Cardoso. - Porto Grande, 2023.
47 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Porto Grande, Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica, 2023.

Orientadora: Alyne Cristina Sodré Lima.
Coorientador: Cássio Renato da Glória Pereira Dos Santos.

1. Monitoramento Automatizado. 2. Comportamento de Suínos. 3. Plataforma Arduino. De Souza, André Filipe Diniz. I. Cardoso, Anderson Moraes. I. Lima, Alyne Cristina Sodré, orient. II. Dos Santos, Cássio Renato da Glória Pereira, coorient. II.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do IFAP
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ANDRÉ FILIPE DINIZ DE SOUZA
ANDERSON MORAES CARDOSO

**MONITORAMENTO E RELAÇÃO COM BEM-ESTAR DE SUÍNOS, POR MEIO DA
PLATAFORMA ARDUINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
coordenação do curso de Engenharia Agrônoma
como requisito avaliativo para obtenção do título
de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Dr. Alyne Cristina Sodré Lima
Coorientador: Esp. Cássio Renato da Glória
Pereira dos Santos

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Alyne Cristina Sodré Lima (Orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Prof. Esp. Cássio Renato da Glória Pereira dos Santos (Coorientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Prof. Esp. MSc. José Maria Darmascia Rodrigues
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Prof. Dr. Diego Pagung Ambrosini
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Prof. Dr. Marleson Rondiner dos Santos Ferreira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Apresentado em: 11 / 12 / 2023.

Conceito/Nota: 9,3

AGRADECIMENTOS

Eu, **Anderson Moraes Cardoso** agradeço:

A minha mãe Dina Lúcia por me incentivar em momentos difíceis.

Aos meus amigos que incentivaram e acreditaram em mim.

Aos professores do IFAP - *campus* agrícola de Porto Grande por contribuir para o meu desempenho no meu processo de formação profissional.

A minha orientadora Dra. Alyne Cristina Sodré Lima por dialogar e contribuir em cada parte na elaboração de nosso projeto.

E a todos de forma direta e indireta que fizeram parte de minha formação.

AGRADECIMENTOS

Eu, **André Filipe Diniz de Souza**, gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Agradeço primeiramente à minha magnífica e inigualável professora e orientadora, Alyne Cristina, pela orientação valiosa, paciência e apoio ao longo de todo o processo. Seu conhecimento e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento não somente deste trabalho, mas também meu desenvolvimento pessoal.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo apoio emocional, compreensão e incentivo, especialmente meus pais, que desde sempre me guiaram no caminho da sabedoria.

Aos professores do curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá IFAP – *campus* Agrícola Porto Grande, que compartilharam seus conhecimentos e experiências, enriquecendo minha formação acadêmica.

Ao grupo de pesquisa GATECH a qual faço parte, onde pude desenvolver experimentos e acumular novos conhecimentos. Cada membro contribuiu de maneira única para minha jornada acadêmica.

Aos amigos e colegas de classe, pela troca de ideias, apoio mútuo e momentos compartilhados ao longo dessa jornada.

Este trabalho não teria sido possível sem a colaboração e apoio dessas pessoas e instituição. Muito obrigado!

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original.”

(ALBERT EINSTEIN).

RESUMO

A suinocultura é uma das atividades do sistema agropecuário brasileiro que vem se desenvolvendo e inovando no mercado, e, a fim de garantir um valor agregado ao produto final para países consumidores cada vez mais exigentes, são necessárias boas práticas na criação de suínos. Fatores como o comportamento e variações climáticas estão diretamente relacionados ao bem-estar animal, saúde e qualidade dos seus produtos. O emprego do Arduino para o monitoramento de animais é uma alternativa inovadora e eficaz, pois sua utilização permite a coleta contínua e em tempo real de dados e informações variadas. Objetivou-se implementar um sistema automatizado de monitoramento de suínos com a finalidade de relacionar o comportamento dos animais, frente às variações climáticas ao longo do dia, ao bem-estar animal. O experimento foi realizado na granja da fazenda escola do Instituto Federal do Amapá *campus* Agrícola Porto Grande. O animal avaliado no experimento foi um macho puro da raça Large White. Os dados coletados nos dias 08 e 09 de dezembro de 2023, de oito (08:00) horas da manhã até as vinte e duas (22:00) horas da noite, foram referentes às variáveis comportamentais (AL - Ingestão de alimentos; AG - ingestão de água; OP - Ócio em pé; OD - Ócio deitado; OFE - Ofegante; ES - Estereotípias; OC - Outros comportamentos), microclimáticas ($T^{\circ}C$ – Temperatura do ar; UR – Umidade relativa do ar) e movimento por quadrante. Os dados referentes ao movimento animal e às variáveis ambientais foram monitorados e coletados a partir do desenvolvimento de um dispositivo automatizado na plataforma Arduino®, com a placa Arduino MEGA ATmega 2560 R3 16U2, onde foram acoplados 2 sensores DHT11 (Temperatura e Umidade) e 12 sensores HC-SR04 (Ultrassônico). Foram realizadas análises descritivas e de correlação dos dados através do método de correlação de Pearson, utilizando três grupos: parâmetros comportamentais; parâmetros ambientais e movimento no quadrante. Foi observada, nos dois dias de mensuração, amplitude térmica de $9,3^{\circ}C$ no dia 1 e $6,8^{\circ}C$ no dia 2. A variação de umidade foi de 42,28% e 37,5%, para os dias 1 e 2, respectivamente. As taxas dos parâmetros comportamentais avaliados durante o período de 14 horas diárias em dois dias de experimento revelam que as taxas de Ócio Deitado de 78,6% e 82,1% se sobressaíram em relação aos outros comportamentos. Houve correlação linear forte e positiva entre estereotípias e ingestão de alimento, com localização no quadrante 2. Houve correlação linear forte e negativa entre umidade relativa do ar e o posicionamento no quadrante 11. Foi constatada uma relação entre o ócio em pé e o comportamento estereotipado, considerando o posicionamento do animal nos quadrantes 3 e 6. O uso do sistema automatizado de monitoramento de suínos permitiu relacionar o comportamento e movimento dos animais frente às variações climáticas ao longo do dia ao bem-estar animal, por apresentar correlação

alta e forte entre os parâmetros avaliados. Além disso, foi possível instalar e confirmar a validade e eficiência de sensores na plataforma Arduino® para o monitoramento dos animais.

Palavras-chave: automatizado; parâmetros comportamentais; variáveis microclimáticas; quadrantes; sensores.

ABSTRACT

Pig farming is one of the activities in the Brazilian agricultural system that has been developing and innovating in the market. In order to ensure added value to the final product for increasingly demanding consumer countries, good practices in pig farming are necessary. Factors such as behavior and climatic variations are directly related to animal welfare, health, and the quality of their products. The use of Arduino for animal monitoring is an innovative and effective alternative, as its use allows for the continuous and real-time collection of various data and information. The objective was to implement an automated pig monitoring system with the purpose of correlating animal behavior with climatic variations throughout the day, contributing to animal welfare. The experiment was conducted at the school farm of the Federal Institute of Amapá, Agricultural Campus Porto Grande. The animal evaluated in the experiment was a purebred male of the Large White breed. The data collected on December 8 and 9, 2023, from eight (08:00) in the morning until ten (22:00) in the evening, pertained to behavioral variables (AL - Food intake; AG - water intake; OP - Standing idle; OD - Lying idle; OFE - Panting; ES - Stereotypies; OC - Other behaviors), microclimatic variables ($T^{\circ}\text{C}$ – Air temperature; RH – Relative humidity) and movement by quadrant. The data regarding animal movement and environmental variables were monitored and collected using an automated device on the Arduino® platform, with the Arduino MEGA ATmega 2560 R3 16U2 board, where 2 DHT11 sensors (Temperature and Humidity) and 12 HC-SR04 sensors (Ultrasonic) were attached. Descriptive and correlation analyses of the data were conducted using the Pearson correlation method, considering three groups: behavioral parameters; environmental parameters; and movement in the quadrant. An amplitude of 9.3°C was observed on day 1 and 6.8°C on day 2 during the two days of measurement. The humidity variation was 42.28% and 37.5% for days 1 and 2, respectively. The rates of behavioral parameters evaluated during the 14-hour daily period in the two days of the experiment revealed that the rates of Lying Idle were 78.6% and 82.1%, standing out in relation to other behaviors. There was a strong and positive linear correlation between stereotypies and food intake, located in quadrant 2. There was a strong and negative linear correlation between relative humidity and positioning in quadrant 11. A relationship was observed between standing idle and stereotypical behavior, considering the animal's positioning in quadrants 3 and 6. The use of the automated pig monitoring system allowed for the correlation of animal behavior and movement with climatic variations throughout the day, contributing to animal welfare, as it presented a high and strong correlation between the evaluated parameters. Additionally, it was possible to install and confirm the validity and efficiency of sensors on the Arduino® platform for animal monitoring.

Keywords: automated; behavioral parameters; microclimatic variables; quadrants; sensors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de automação do sistema automatizado.....	24
Figura 2 - Representação do suporte e posicionamento dos sensores ultrassônicos e de temperatura e umidade.....	25
Figura 3 - Numeração e representação da área efetiva do sensor ultrassônico por quadrante e possível localização do animal.....	27
Figura 4 - Dendrograma de dissimilaridade das variáveis comportamentais, ambientais e posicionamento do suíno nos quadrantes da baia.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Listagem de materiais e custo total de montagem do sistema automatizado de monitoramento.....	23
Tabela 2 - Taxa em % dos parâmetros comportamentais avaliados durante o período experimental.	32
Tabela 3 - Taxa em % do movimento animal por quadrante durante o período experimental....	33
Tabela 4 - Matriz de correlação de Pearson, entre os parâmetros comportamentais, ambientais e posicionamento do suíno nos quadrantes da baia.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Variáveis comportamentais e climáticas avaliadas	25
Quadro 2 - Imagens Cronológicas da montagem e instalação do sistema automatizado de monitoramento.....	29

LISTA DE SIGLAS

AL	Ingestão de alimentos
AG	ingestão de água
OP	Ócio em pé
OD	Ócio deitado
OFE	Ofegante
ES	Estereotípias
OC	Outros comportamentos
T°C	Temperatura do ar
UR	Umidade relativa do ar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 Geral.....	19
2.2 Específicos	19
3 REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 Bem-estar Animal	20
3.2 Comportamento de suínos	21
3.3 A plataforma Arduino®.....	22
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Variáveis Ambientais	32
5.2 Comportamento Animal.....	34
5.3 Movimento Animal	36
5.4 Correlação entre as variáveis.....	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma das atividades do sistema agropecuário brasileiro que vem se desenvolvendo e inovando no mercado, principalmente devido a sua elevada rentabilidade aliada à crescente demanda pelos seus derivados, tanto pelo mercado interno quanto pelo externo (FRANÇA, 2020). Considerando as tendências de mercado, e, a fim de garantir um valor agregado ao produto final para países consumidores cada vez mais exigentes, são necessárias boas práticas na criação de suínos. A produção intensiva de suínos que emprega o sistema de confinamento, é um sistema caracterizado pela alta produtividade, além de melhorar aspectos como, gasto energético reduzido e aproveitamento de espaço, culminando no aumento da produtividade e a renda para os criadores (CAGLIARI *et al.*, 2021).

Considerando o quantitativo animal associado ao método produtivo, fatores que envolvem o comportamento e o bem-estar animal estão diretamente relacionados a saúde dos animais, bem como à qualidade dos seus produtos, dessa forma, estudos referentes ao comportamento animal, agregam dados sobre a adaptação desses animais em diferentes ambientes (SANTOS, 2022). As características climáticas juntamente com a ambiência animal, no que tange sobre as instalações, estão diretamente relacionados aos fatores de comportamento e bem-estar animal, considerando que, o comportamento animal é resultado da interação do animal com o ambiente, logo, adequar as instalações frente às variações meteorológicas é fundamental, a fim de atender as necessidades de conforto e bem-estar animal (DA SILVA *et al.*, 2021).

Visando melhorar a produtividade e o bem-estar dos suínos criados em ambientes controlados, é essencial compreender como as variações climáticas, na área de produção, podem afetar seu comportamento. No entanto, as informações que relacionam o comportamento dos suínos em resposta às mudanças climáticas ainda são de obtenção demorada, normalmente sendo coletadas de forma visual direta (ao vivo), tais como metodologias *in loco* (FERRARI e CAMARGO, 2023), ou, indireta (vídeo) (PAGGI *et al.* 2020), ambos os métodos comumente utilizados na avaliação do comportamento e bem estar animal.

O uso de sistemas automatizados de monitoramento que permitam avaliar de forma precisa e contínua o comportamento dos suínos frente às variações climáticas ao longo do dia, podem fornecer informações valiosas para a indústria suinícola e para os pesquisadores, permitindo a identificação do sistema mais adequado para otimizar o bem-estar e a

produtividade dos suínos em face das variações climáticas diárias, como as placas microcontroladores de baixo custo como o Arduino, sendo comumente utilizadas, considerando a facilidade de acesso a bibliotecas e programações online (DA SILVA *et al.*, 2022).

De acordo com Silvia *et al.*, (2020), a aplicação de novas tecnologias na produção animal, tem facilitado a coleta de dados e tomada de decisões, reduzindo a necessidade da participação humana nesses processos, podendo ainda, ser aplicadas em longos períodos de coletas e em tempo real. A utilização de sensores é uma alternativa que permite a identificação dos parâmetros ambientais e o monitoramento do movimento e comportamento animal, além de dados fisiológicos como o pH e temperatura corporal (DA SILVA *et al.*, 2022; ARAÚJO; GUIMARÃES e GOMES, 2022).

A plataforma Arduino® é reconhecida pelo seu baixo custo e sua ampla aplicabilidade, permitindo a utilização de diversos módulos e sensores, utilizados principalmente no desenvolvimento e automatização de projetos envolvendo sistemas experimentais, requisitando conhecimentos básicos em eletrônica e linguagem C++ (AMESTICA *et al.*, 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Objetivou-se implementar um sistema automatizado de monitoramento de suínos com a finalidade de relacionar o comportamento dos animais, frente às variações climáticas ao longo do dia, ao bem-estar animal.

2.2 Específicos

- Instalar e validar a eficiência de sensores na plataforma Arduino® no monitoramento dos animais;
- Elaborar e evoluir o banco de dados de armazenamento do sistema;
- Correlacionar os dados de monitoramento com a análise visual.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Bem-estar Animal

Bem-estar é um termo utilizado para animais sencientes, incluindo o ser humano, considerando seu estado físico e mental. O estado em que um indivíduo se encontra em relação às suas tentativas de adaptação ao seu ambiente pode ser descrito como seu bem-estar (BROOM, 1986). O animal sempre busca atender suas demandas relacionadas às emoções, funcionamento biológico e comportamento natural, de forma que, quando inseridos a um sistema de produção garantam melhores rendimentos e qualidade do produto final (GALVÃO *et al.*, 2019).

Capazes de impactar na saúde animal, o meio ambiente e o bem-estar animal são fatores cruciais na produção, e influenciam diretamente a quantidade e a qualidade dos produtos de origem animal. De acordo com Alves *et al.*, (2019), a ambiência refere-se à relação direta entre o ambiente, o objeto e a coleção de fatores que podem afetar o ambiente de maneira positiva ou negativa. Esses fatores incluem condições e influências externas que afetam direta ou indiretamente os animais, sem necessariamente envolver fatores genéticos. A ambiência pode ser amplamente entendida como o ambiente físico e social no qual todos os seres vivos, coexistem com os animais.

Braga *et al.*, (2018), afirma que na suinocultura, os problemas voltados ao bem-estar podem estar presentes em várias etapas do desenvolvimento, desde a creche até o abate, além destes, problemas com instalações individuais e coletiva, efeitos da temperatura, densidade e mudanças estruturais nos edifícios também são frequentemente encontrados. Embora este ponto tenha recebido mais atenção recentemente, o estudo do bem-estar realmente começou nos anos de 1960 e tem raízes na Europa, onde as primeiras indicações da ideia de melhorar a qualidade de vida de animais agrícolas, como os suínos, apareceram pela primeira vez. (CARVALHO, 2021).

Os primeiros princípios sobre bem-estar animal começaram a ser estudados em 1965, no primeiro relatório do Comitê Brambell, que foram aprimoradas e difundidas pelo Farm Animal Welfare Comitee (FAWC), e atualmente conhecidas como as cinco liberdades inerentes aos animais, sendo estas, liberdade fisiológica (ausência de fome e de sede), a liberdade ambiental (ausência de desconforto), liberdade sanitária (ausência de dor, injúria e doença),

liberdade psicológica (ausência de medo e estresse) e por último a liberdade comportamental (possibilidade de expressar seu comportamento natural) (LUDTKE *et al.*, 2011).

Atualmente, o bem-estar animal, além da nutrição, saúde, manejo e instalações adequadas, leva em consideração particularidades comportamentais e expressão genética de cada espécie, que são diretamente relacionados com características que interessam ao setor de produção, tais como crescimento, ganho de peso, qualidade da carne e resistência (AZEVEDO *et al.*, 2020).

3.2 Comportamento de suínos

O comportamento animal caracteriza-se pela realização de atos como, locomoção, fuçar, morder, mastigar e emitir sons, esses comportamentos são o resultado natural intrínseco ao ato de viver (YAMAMOTO e VOLPATO, 2007). Os suínos são animais homeotérmicos, mudando seu comportamento ao buscar se adaptar ao ambiente e permanecer dentro da zona de conforto térmico. Logo, conhecer o comportamento desses animais frente às respostas a sinais de estresse, é fundamental para garantir melhor produtividade e retorno econômico (LUDTKE *et al.*, 2011).

O estudo do comportamento animal é uma ferramenta de extrema importância, necessária para a compreensão dos aspectos morfológicos e fisiológicos dos animais, responsáveis pelas respostas adaptativas em diferentes ambientes, facilitando a escolha de práticas de manejo mais adequadas (RODRIGUES *et al.*, 2021). De acordo com Brown *et al.*, (2013), a coleta de informações referentes ao comportamento animal pode ser realizada de três formas; visual direta, onde o avaliador fica no mesmo ambiente do animal, visual indireta, onde o avaliador avalia posteriormente os registros da avaliação, e o método computacional, a partir de inteligências artificiais que identificam e analisam padrões.

Comportamentos considerados fora da normalidade, podem ser uma resposta direta a fatores atrelados ao ambiente, como o clima, instalações mal adaptadas e técnicas de manejo inadequadas, que geram elementos estressantes para os animais (CAGLIARI *et al.*, 2021). De acordo com Freitas *et al.*, (2017), suínos possuem glândulas sudoríparas queratinizadas afuncionais, que limitam a manutenção da temperatura corporal, principalmente em ambientes com altas taxas de temperatura e umidade. Portanto, é imprescindível fornecer alternativas que facilitem as trocas de calor, como modificadores ambientais, englobando técnicas como:

lâminas d'água, piso parcialmente vazado e cama sobreposta, mantendo a atividade fisiológica dos animais em parâmetros normais (SANTOS *et al.*, 2018).

3.3 A plataforma Arduino®

A tecnologia é um grande aliado à produção animal, a automação permite que sistemas de monitoramento, a partir de um acervo de implementos, colem informações sobre variados parâmetros, visando obter informações sobre uma característica e/ou comportamento de uma variável ambiental (LAVAREDA, 2018). Dessa forma, o uso do painel Arduino e módulos de sensores em áreas de produção animal podem, assim, aumentar a efetividade do sistema de produção, onde os dados gerados relacionados ao ambiente são processados em tempo real e por fim, facilitando a tomada de decisão dos produtores. (OLIVEIRA, 2016).

O Arduino é uma plataforma eletrônica *open-source*, atua como microcontrolador, destinado a automação de sistemas, a partir do uso de sensores e atuadores, que fazem uso de bibliotecas simplificadoras de programação na linguagem de programação baseada em C/C++ (SANTOS, 2015). A partir do uso de microcontroladores, é possível monitorar de maneira não intrusiva o ambiente de criação de diversos animais, a partir do uso de sensores que permitem o monitoramento das variadas características de um ambiente, fornecendo informações como; som, imagem, temperatura, pressão, luminosidade, umidade entre outros (GOMES, 2016).

O uso de mecanismos automatizados para a coleta de dados em campo, fornece resultados simples e eficazes para questões significativas relacionadas ao manejo de equipamentos, ambiente e o controle dos animais dentro da produção industrial, um exemplo é a “Suinocultura de precisão”, um subconjunto da suinocultura que utiliza a tecnologia da informação, atuadores e sensores para registrar dados dentro do sistema de produção e os efeitos dos fatores ambientais nas unidades de produção (PANDORFI, 2012). Levando em consideração a importância de avaliar os parâmetros de bem-estar animal, considerando a complexidade de fatores de interferência, a utilização de ferramentas tecnológicas na produção animal pode contribuir para o aumento da rentabilidade, gestão dos animais e fornecer uma produção de maior qualidade (SOUZA, 2021).

O emprego do Arduino para o monitoramento de animais é uma alternativa inovadora e eficaz no desenvolvimento do saber científico, pois sua utilização permite a coleta contínua e em tempo real de dados e informações variadas, essa abordagem tecnológica contribui

significativamente para a obtenção de dados precisos, reduzindo a interferência humana e possibilitando uma compreensão mais aprofundada dos parâmetros avaliados.

Exemplos de aplicação prática são propostos por Rolim; Spencer e De Andrade, (2023) e Da Silva *et al.*, (2022), no desenvolvimento de sistemas de avaliação ambiental em instalações de animais, a partir da plataforma Arduino. O uso da plataforma arduino, também representa uma valiosa ferramenta no avanço das pesquisas científicas relacionadas ao monitoramento e bem-estar animal, tal como, as aplicações propostas por De Paula *et al.*, (2020) e Lemes, (2019), na construção de um protótipo para rastreamento de cães nas ruas e identificação de animais domésticos perdidos respectivamente.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O experimento foi realizado na fazenda escola do Instituto Federal do Amapá *Campus Agrícola Porto Grande*, localizado na Br 210 Km 103 Sn Retiro Dos, Porto Grande - AP, 68997-000, a uma latitude 0°48'58.30" e longitude 51°23'38.18". A classificação climática da região de acordo com o sistema proposto por (Köppen) é do tipo Am (Clima tropical super úmido), com temperatura média 27°C, e um regime pluviométrico anual de 2487 mm com duas estações distintas: período mais chuvoso (de janeiro a junho) e período menos chuvoso (de agosto a dezembro).

A Granja do instituto tem orientação Leste Oeste, é construída em alvenaria entre as baias e corredor central, com pilares de sustentação em madeira, pé direito de 5 metros e cobertura em telhas de Fibrocimento, é revestida externamente por tela de metal, e possui dimensões de 23,98 metros de comprimento por 11,18 metros de largura. A granja possui 10 baias de 4,78 metros de comprimento e 3,89 metros de largura, divididas por muretas em alvenaria com 1,20 metros de altura.

Cada baia possui internamente um bebedouro do tipo chupeta (quadrante 11) e um chuveiro (quadrante 12) localizados, na mureta que separa o animal do lado externo da granja, o comedouro em concreto fica disposto na mureta que limita o animal do corredor central (quadrantes 1 e 2), onde também se encontra a porteira da baia (quadrante 3) (Figura 2). O animal avaliado no experimento foi um macho puro da raça Large White, alojado predominantemente em baia de piso de concreto.

Os dados foram coletados nos dias 08 e 09 de dezembro de 2023, sendo realizadas observações comportamentais e microclimáticas em 14 horas, compreendidos entre os períodos da manhã, tarde e noite, de oito (08:00) horas da manhã até as vinte e duas (22:00) horas da noite, cada turno correspondeu a uma hora, sendo as coletas feitas de dez em dez minutos totalizando 6 coletas por turno. Os dados coletados simultaneamente foram referentes às variáveis comportamentais e microclimáticas (Quadro 1). Para as variáveis de comportamento, realizou-se análises descritivas.

Quadro 1 - Variáveis comportamentais e climáticas avaliadas.

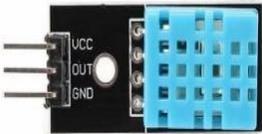
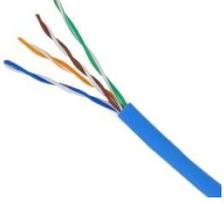
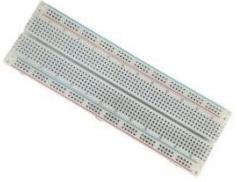
VARIÁVEIS COMPORTAMENTAIS	
AL	Ingestão de alimento
AG	Ingestão de água
OP	Ócio em pé
OD	Ócio deitado
OFE	Ofegante
ES	Estereotípias
OC	Outros comportamentos
VARIÁVEIS CLIMÁTICAS	
T°C	Temperatura do ar (°C)
U%	Umidade relativa do ar (U%).

Fonte: Autores.

Foram considerados estereotípias comportamentos repetitivos e/ou viciosos, tais como: mastigação sem estar se alimentando, enrolar a língua e morder partes da instalação como porteiras, bebedouro e comedouro. Foram considerados como Ócio Deitado, quando o animal estava deitado ou dormindo. Dentro do parâmetro OC (outros comportamentos), foram enquadrados quaisquer outros comportamentos não listados anteriormente bem como, comportamentos relacionados ao manejo e atividades inerentes ao dia a dia norma do animal em questão.

Os dados referentes ao movimento do animal dentro da baia e as variáveis ambientais, foram monitorados e coletados a partir do desenvolvimento de um dispositivo automatizado na plataforma Arduino®, com a placa Arduino MEGA ATmega 2560 R3 16U2, na qual, foram acoplados 2 sensores DHT11 (Temperatura e Umidade) e 12 sensores HC-SR04 (Ultrassônico), e um módulo de armazenamento de dados (Leitor Micro SD Card), além destes componentes, foi também utilizado: madeira (peças para forro reutilizadas), fios elétricos (cabos de internet reutilizados), jumpers, protoboard grande, abraçadeiras (20 cm) e parafusos com porca (6 cm x 5 mm), totalizando um custo de 320,8 R\$ (Tabela 1).

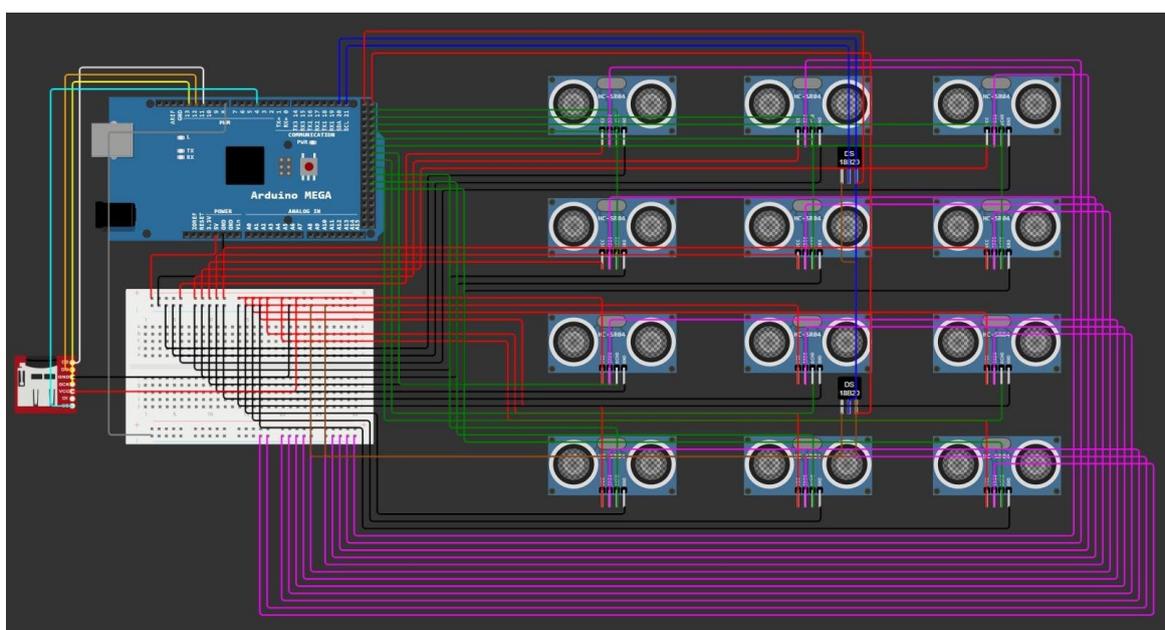
Tabela 1 – Listagem de materiais e custo total de montagem do sistema automatizado de monitoramento.

Item	Arduíno	Sensor (DHT11)	Sensor (HC-SR04)	Jumpers	Módulo SD
Ilustração	 https://www.wjcomponent.com.br	 magazineluiza.com.br	 https://www.tecnotronics.com.br	 https://www.eletrogate.com	 https://www.makehero.com
Descrição	Unidade	Unidade	Unidade	Unidade	Unidade
Quantidade	1	2	12	19	1
Preços unitário (R\$)	60	15	14	0,2	8
Preço total (R\$)	60	30	168	3,8	8
Item	Abraçadeira	Madeira	Parafuso	Fios de cobre	Protoboard grande
Ilustração	 https://www.oficinadosbits.com.br	 https://zrmadeiras.com	 https://www.multiseg.com.br	 https://www.cftvclube.com.br	 https://www.moduloeletronica.com
Descrição	Unidade	Metro	Unidade	Metro	Unidade
Quantidade	30	21,2	12	150	1
Preços unitário (R\$)	0,2	0	2,5	0	15
Preço total (R\$)	6	0	30	0	15
Custo total (R\$)	320,8				

Fonte: Autores.

O protótipo do sistema foi previamente testado e validado (Quadro 2 – Imagem 2), e exemplificado a partir da criação de diagrama interativo, via simulador online a partir do site [Wokwi - Simulate IoT Projects in Your Browser](#) (Figura 1).

Figura 1 - Diagrama de automação do sistema automatizado.



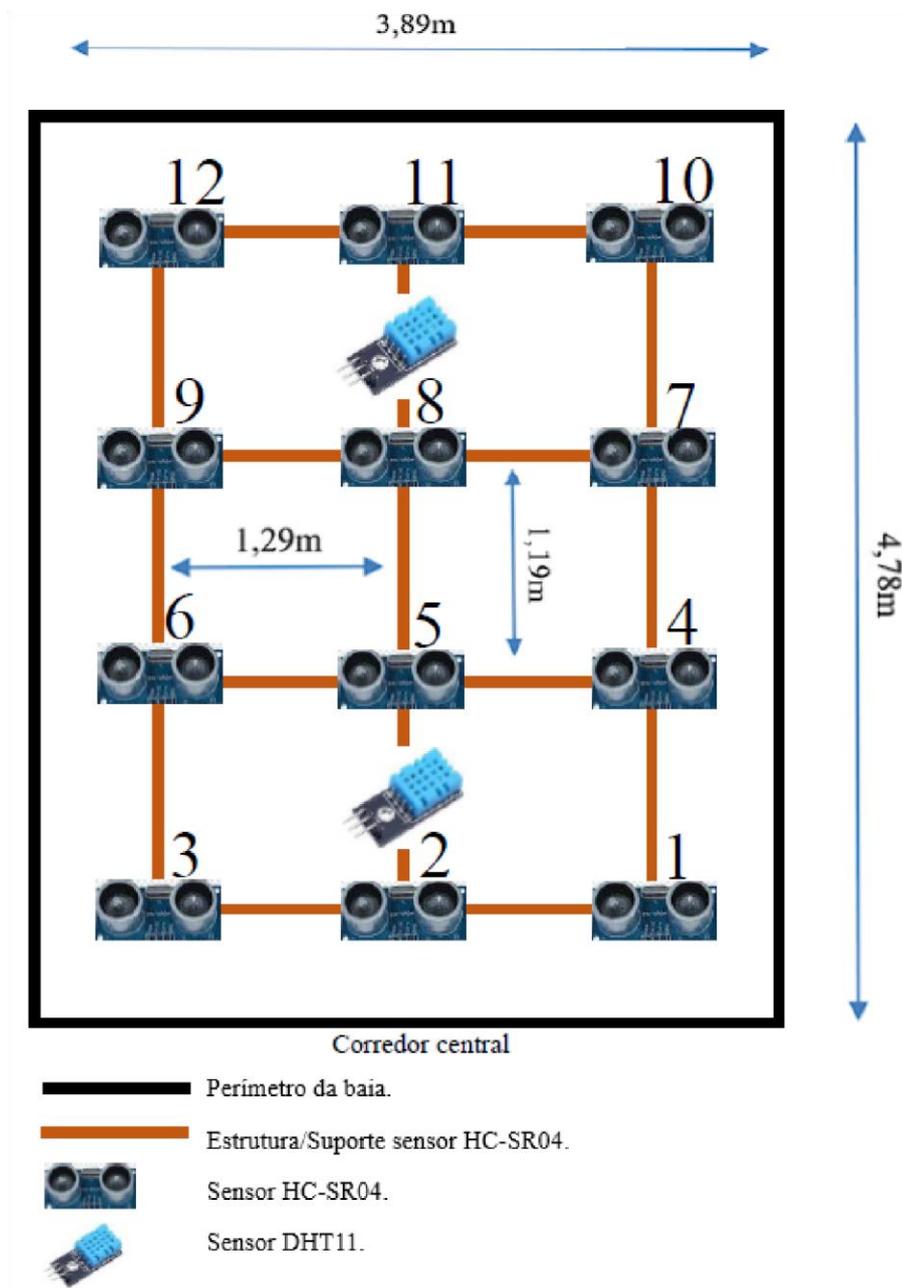
Especificação das cores: vermelho (5v); preto (GND); verde (ECHO); rosa (TRIG); azul escuro (Sinal DHT 11); azul claro (CS do cartão SD); amarelo (CLK do cartão SD); alaranjado (MOSI do cartão SD) e branco (MISO do cartão SD).

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

A coleta do movimento do animal dentro da baia e das variáveis ambientais, foi realizada simultaneamente com as observações comportamentais. O correto funcionamento do dispositivo automatizado foi garantido através do uso de código de programação, montado em forma de linguagem C++ a partir do Software Arduino IDE versão 2.2.1 (Quadro 2 – Imagem 3).

As variáveis ambientais foram analisadas a partir dos dados registrados pelos sensores DHT11 (temperatura e umidade), posicionados imediatamente entre os sensores responsáveis pelos quadrantes 2 e 5, e, 8 e 11, respectivamente, estando acima do piso da baia a uma altura de 1,5 m, sendo possível monitorar os dados referentes aos quadrantes mais próximos ao centro da granja e os mais externos (Figura 2).

Figura 2 - Representação do suporte e posicionamento dos sensores ultrassônicos e de temperatura e umidade.



Fonte: Autores.

A avaliação do movimento animal foi determinada em quadrantes, sendo estes determinados pela localização dos sensores ultrassônicos acima da baia, de forma que cada sensor acima ficou responsável por um quadrante, totalizando 12 quadrantes (Figura 3). A estrutura de suporte para os sensores ultrassônicos foi construída em madeira, com 4 peças de 2,60m e 3 peças de 3,60m (Quadro 2 – Imagem 1), sendo fixada a uma distância de 3 metros em relação ao piso da baia (Quadro 2 – Imagem 4).

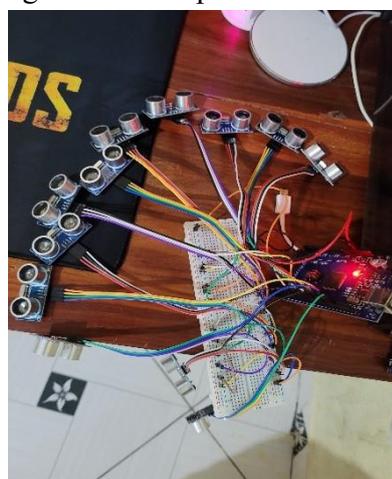
Quadro 2 - Imagens Cronológicas da montagem e instalação do sistema automatizado de monitoramento.

Imagem 1 - Suporte de apoio dos sensores.



Fonte: Autores.

Imagem 2 - Teste prévio do sistema.



Fonte: Autores.

Imagem 3 - Programação no Arduino IDE.

```

1 #include <DHT.h>
2 #include <DHT_U.h>
3
4
5 #define DHTPIN_1 A1
6 #define DHTPIN_2 A2
7 #define DHTTYPE DHT11
8 DHT dht1(DHTPIN_1, DHTTYPE);
9 DHT dht2(DHTPIN_2, DHTTYPE);
10
11
12 const int pingTrigger = 8;
13 const int Sensor_12 = 31;
14 const int Sensor_11 = 32;
15 const int Sensor_10 = 33;
16 const int Sensor_9 = 26;
17 const int Sensor_8 = 29;
18 const int Sensor_7 = 20;
19 const int Sensor_6 = 22;
20 const int Sensor_5 = 26;
21 const int Sensor_4 = 25;
22 const int Sensor_3 = 24;
23 const int Sensor_2 = 23;
24 const int Sensor_1 = 22;
25
26 void setup() {
27
28   pinMode(pingTrigger, OUTPUT);
29   pinMode(Sensor_1, INPUT);
30   pinMode(Sensor_2, INPUT);
31   pinMode(Sensor_3, INPUT);
32   pinMode(Sensor_4, INPUT);
33   pinMode(Sensor_5, INPUT);
34   pinMode(Sensor_6, INPUT);
35   pinMode(Sensor_7, INPUT);
36   pinMode(Sensor_8, INPUT);
37   pinMode(Sensor_9, INPUT);
38   pinMode(Sensor_10, INPUT);
39   pinMode(Sensor_11, INPUT);
40   pinMode(Sensor_12, INPUT);
41

```

Fonte: Autores.

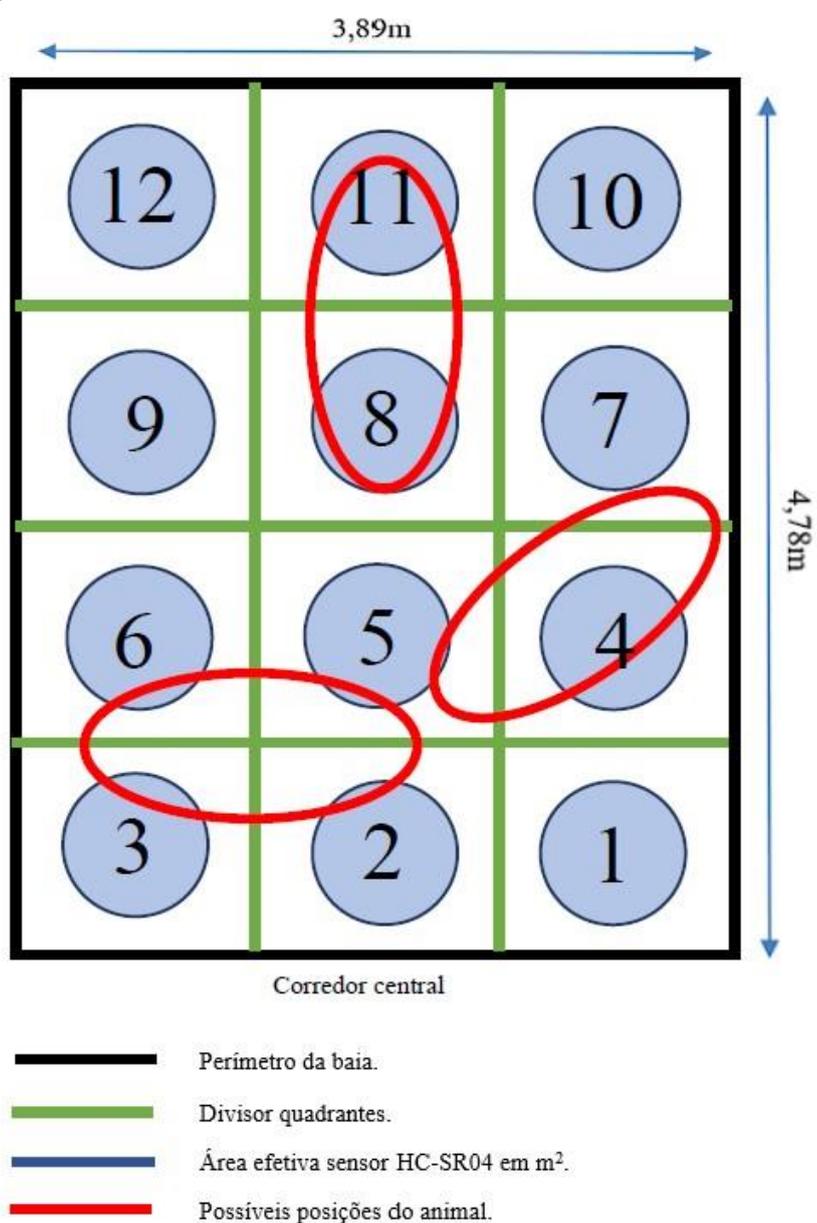
Imagem 4 - Instalação do sistema de coleta.



Fonte: Autores.

Considerando o ângulo e distância efetiva de trabalho especificado pelo fabricante de 15° e 3 metros respectivamente, cada sensor pode cobrir uma área média de 0,7581 metros quadrados em círculo, considerando a propagação do ultrassom, totalizando 9,09 dos 18,59 metros quadrados de cada baia, a distância média entre cada sensor foi de 1,24 metros, gerando 0,25 metros de ponto cego entre 2 sensores, totalizando os 9,49 metros quadrados restantes por baia, não comprometedores na avaliação, considerando o comprimento e largura média 1,8 e 0,8 metros respectivamente do animal (Figura 3).

Figura 3 – Numeração e representação da área efetiva do sensor ultrassônico por quadrante e possível localização do animal.



Fonte: Autores.

A localização do animal foi determinada a partir dos dados coletados pelo sensor ultrassônico, sendo considerados valores positivos de posicionamento apenas para distâncias menores que 3 metros, caracterizando a presença do animal em determinado quadrante (Figura 3), os dados foram armazenados no módulo Micro SD Card, e posteriormente tabelados na planilha de cálculos Excel, determinando o quadrante de localização do animal em determinada coleta e turno.

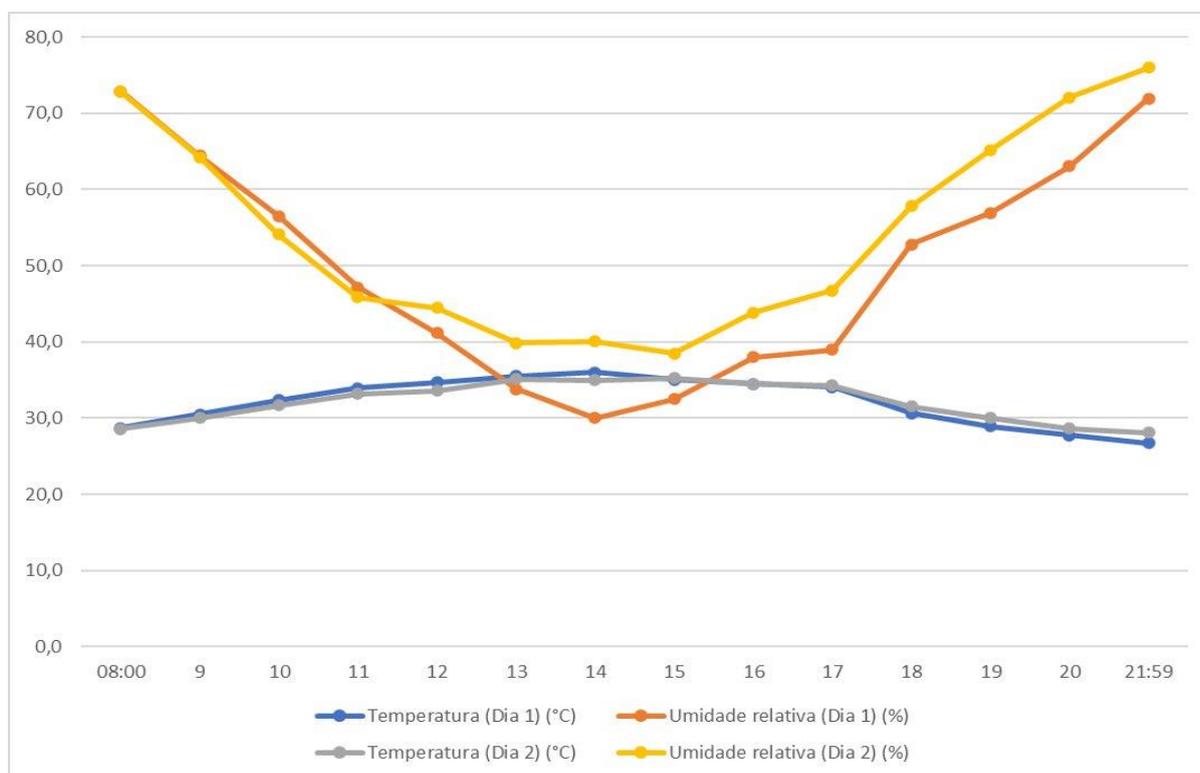
Foram realizadas as análises descritivas e de correlação dos dados através do método de correlação de Pearson, utilizando três grupos: (1) parâmetros comportamentais (Tabela 1); (2) parâmetros ambientais (Tabela 1); e (3) movimento: quadrante. Os resultados também foram avaliados a partir da análise de Dendrograma de dissimilaridade, obtido a partir da matriz de correlação entre os grupos avaliados, utilizando-se a distância Euclidiana média.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis Ambientais

Foi observado nos dois dias de mensuração, amplitude térmica de 9,3°C, no dia 1, e 6,8°C no dia 2. A variação de umidade foi de 42,28% e 37,5%, para os dias 1 e 2, respectivamente (gráfico 1). O ponto máximo de temperatura (36°C) ocorreu às 14h, coincidindo com a mínima mensurada de umidade relativa do ar, 30%.

Gráfico 1 – Valores médios de temperatura e umidade do ar coletados ao longo do dia durante os dois dias avaliados.



Fonte: Autores.

A temperatura e umidade relativa do ar são parâmetros de extrema importância na produção intensiva de suínos, dada a influência direta desses fatores no desempenho fisiológico, produtivo e no bem-estar dos animais. Machos adultos, especialmente de raças de alto desempenho, enfrentam desafios significativos ao se adaptarem a condições excessivas de calor e umidade, já que seu metabolismo é otimizado para ambientes mais amenos, logo, são

prejudicados em condições de altas temperaturas e umidade elevada (DA SILVA; MINUSCULLI e REIS, 2021).

De acordo com Perdomo *et al.*, (1985), de forma geral, a faixa de temperatura ideal para criação de suínos em fase de terminação, varia entre 12°C e 21°C, isso sugere, que mesmo nas horas consideradas mais amenas do dia, com mínimas próximas a 28°C entre os horários avaliados, o animal esteve em estresse térmico, situação que favorece a vasodilatação, diminuição da ingestão de alimentos, aumento da ingestão de água e sudorese (SOUZA *et al.*, 2020).

A temperatura ambiente adequada é crucial para evitar o estresse térmico, um fenômeno que pode resultar em impactos adversos no comportamento alimentar, metabolismo e resposta imunológica dos suínos. Além disso, a umidade relativa do ar, desempenha um papel essencial na prevenção de problemas respiratórios e dermatológicos, contribuindo para a manutenção de um ambiente saudável (ALVES *et al.*, 2020).

Os valores médios coletados referentes a umidade relativa do ar se mostraram dentro dos padrões especificados por Perdomo *et al.*, (1985) de 50 a 70 %, somente entre os intervalos 8h - 10h e 18h - 20h (gráfico 1), dada a elevada amplitude registrada do parâmetro, isto indica, que em 71,43% do tempo total avaliado, as condições de umidade relativa do ar não foram adequadas para a manutenção do animal.

Assim como a temperatura, a umidade relativa do ar pode impactar diretamente sobre o ambiente de alojamento dos suínos, influenciando aspectos como o conforto térmico, a saúde respiratória e o desempenho produtivo (FERRARI e CAMARGO, 2023). Uma umidade relativa inadequada pode resultar em uma série de problemas para os suínos em fase de terminação, tais como, risco de proliferação de micro-organismos patogênicos, estresse térmico, problemas respiratórios, ressecamento das vias aéreas e desconforto, o que afeta negativamente a saúde e o desempenho dos animais.

De acordo com Fialho, (1994), altas taxas de umidade relativa do ar, dificultam a perda de calor para o ambiente, dessa forma, o animal retém calor, o que favorece o aumento da taxa respiratória e a atividade de todos os músculos atuantes no processo, gerando ainda mais esforço, e com isso aumentando ainda mais sua temperatura corporal.

5.2 Comportamento Animal

O comportamento de suínos está diretamente relacionado as práticas de criação, isto destaca a importância do enriquecimento ambiental, que inclui o fornecimento de condições propícias para que os suínos expressem comportamentos instintivos normais, como a busca por alimentos, atividades de interação e exploração do ambiente. Tais fatores são coerentes com a ideia de Massari *et al.*, (2015), que enfatiza a importância de um ambiente de criação adequado, pois promove o bem-estar positivo, contribuindo para a expressão dos comportamentos naturais, longevidade, saúde e, por conseguinte, um aumento no potencial de produção individual.

As taxas dos parâmetros comportamentais avaliados durante o período de 14 horas diárias em dois dias de experimento, revelam que as taxas de Ócio Deitado de 78,6 e 82,1%, se sobressaiu em relação às taxas de comportamentos por Ingestão de água, Ingestão de alimento Ócio em pé, Ofegante, Estereotípias e Outros comportamentos, para os dias 1 e 2 respectivamente (Tabela 2), de acordo com Broom e Fraser, (2010), suínos são identificados como os animais de produção que dedicam a maior parte do seu tempo ao repouso e sono, alcançando até 19 horas por dia quando mantidos em ambientes confinados.

Este comportamento não necessariamente é aplicado somente em animais adultos, estudos apontam que leitões em condições de conforto térmico a 21°C, foram observados deitados durante 82% do tempo (KIEFER *et al.*, 2010). A sobressalência do comportamento de ócio é frequentemente observada e compreendida como uma manifestação natural da espécie, que pode ser atribuído à busca pelo conforto e relaxamento, refletindo a adaptação dos suínos a ambientes que proporcionem condições adequadas de bem estar (HOTZEL *et al.*, 2010).

Tabela 2 - Taxa em % dos parâmetros comportamentais de suíno adulto avaliados durante o período experimental.

Parâmetros	Dia 1	Dia 2
AL	3,6	3,6
AG	0	3,6
OP	3,6	0
OD	78,6	82,1
OFE	0	0
ES	11,9	9,5
OC	2,4	1,2

AL - Ingestão de alimentos; AG - ingestão de água; OP - Ócio em pé; OD - Ócio deitado; OFE - Ofegante; ES - Estereotípias; OC - Outros comportamentos.

Fonte: Autores.

Outros comportamentos com resultados significativos, foram Estereotípias seguido de Ingestão de alimentos, com médias de 10,7% e 3,6% respectivamente (Tabela 2). A ocorrência frequente de comportamentos repetitivos e sem função aparente, como o hábito de morder objetos, mastigar no vazio e enrolar a língua, podem ser por vezes associada a condições inadequadas de manejo e ambiente, estresse, falta de estímulos ambientais adequados ou restrições nas condições de criação como o confinamento excessivo (DIAS *et al.*, 2014).

As taxas de Ingestão de alimento na produção de suínos são na maioria das vezes muito expressivas, considerando as características e finalidades produtivas, bem como, a fase em que se encontra o animal. De acordo com Debreceni *et al.*, (2014), a ingestão de alimento por vezes, é a segunda atividade de maior expressão de suínos em fase crescimento, chegando a 14,5% dos comportamentos no período diurno. O comportamento alimentar inadequado, pode ser resultante do confinamento excessivo, que afeta negativamente o ganho de peso e a conversão alimentar dos animais (BAPTISTA *et al.*, 2011).

Por outro lado, os baixos valores obtidos para Ingestão de alimento no período experimental, podem ser explicados pelos horários fixos de alimentação, onde o suíno foi alimentado duas vezes ao dia, as 9:00h e as 17:00h, além do quantitativo reduzido devido ao excesso de peso do animal, isso estaria de acordo com Medeiros, (2013), ao afirmar que, suínos em fase de terminação permanecem a maior parte do tempo deitados, por estarem maiores e

com maior massa corporal dificultando sua locomoção pelo ambiente, validando ainda mais os resultados referentes ao comportamento de ócio.

5.3 Movimento Animal

O comportamento de movimentação dos suínos dentro da baia é associado a interação complexa de diversos fatores, tais como, disponibilidade de espaço, água e alimento, enriquecimento ambiental, condições ambientais e a distribuição dos recursos, esses aspectos, destacam a complexidade do manejo de suínos em cativeiro e ressaltam a importância de práticas que promovam o bem-estar animal (VASCONCELOS *et al.*, 2020).

O movimento do animal dentro da baia foi caracterizado pela sua permanência na maior parte do tempo, principalmente nos quadrantes 11, 12 e adjacentes (Tabela 3), em ambos os dias de avaliação, isso pode ser explicado pela localização do chuveiro e bebedouro nesses quadrantes, culminando na umidificação do piso da baia, resultante da água oriunda da ingestão e tempo de escoamento do chuveiro, que, de acordo com Carvalho dos Santos *et al.*, (2018), possibilita que os animais troquem calor por processos sensíveis.

Tabela 3 - Taxa em % do movimento animal por quadrante durante o período experimental.

Frequência por Quadrante	Dia 1	Dia 2
Quadrante 1	1,18	1,18
Quadrante 2	2,37	4,12
Quadrante 3	5,33	5,29
Quadrante 4	0	0
Quadrante 5	0,59	0,59
Quadrante 6	2,96	2,35
Quadrante 7	5,92	0
Quadrante 8	11,24	4,12
Quadrante 9	15,38	0,59
Quadrante 10	15,38	2,35
Quadrante 11	22,49	40
Quadrante 12	17,16	39,41

Fonte: Autores.

Outros quadrantes com leituras pertinentes, foram o 1, 2 e 3, considerando a presença do comedouro e a possibilidade de interação com o corredor central, por outro lado, os dados

coletados mostram uma média de incidência próxima de zero com relação a presença do animal nos quadrantes 4 e 5 (tabela 3). Suínos adultos têm uma propensão inata para desenvolver padrões comportamentais consistentes ao longo do tempo, estabelecendo rotinas que são influenciadas por diversos fatores, tais como o manejo, disponibilidade de recursos, condições ambientais e possibilidades de interação (BARBOSA *et al.*, 2022).

A liberdade comportamental dos suínos é diretamente influenciada pelas características da instalação e fatores ambientais como temperatura, umidade, ventilação e disponibilidade de recursos, tais como água, alimento e possibilidades de interação (DUARTE *et al.*, 2021). O movimento dos suínos na baía está intrinsecamente ligado ao seu comportamento exploratório à busca por recursos, e a disposição do ambiente dentro da baía, o que inclui a distribuição espacial das principais áreas de interação, como comedouros e bebedouros (KINANE; BUTLER e O'DRISCOLL, 2021).

5.4 Correlação entre as variáveis

De acordo com a matriz de correlação, houve correlação linear forte e positiva em relação ao comportamento de ócio em pé e a localização do animal nos quadrantes 3, 5 e 6 (tabela 4). Essa tendência em permanecer em estado de ócio nas proximidades do comedouro após a alimentação pode ser atribuída a fatores comportamentais naturais dos suínos e fisiológicos, onde após se alimentarem, buscam locais próximos para descansar e digerir o alimento.

Tabela 4 - Matriz de correlação de Pearson, entre os parâmetros comportamentais, ambientais e posicionamento do suíno nos quadrantes da baía.

	Qdr1	Qdr2	Qdr3	Qdr5	Qdr6	Qdr7	Qdr8	Qdr9	Qdr10	Qdr11	Qdr12
OP	0,03	0,51	0,80*	0,57*	0,77*	-0,15	-0,2	0,12	-0,11	-0,51	-0,37
OD	-0,29	-0,82*	-0,87*	-0,66*	-0,89*	0,29	0,14	0,16	-0,07	0,36	0,71*
AG	0,47	0,15	0,24	0,21	0,23	-0,15	-0,03	-0,2	0,09	0,07	-0,26
AL	0,44	0,68*	0,4	0,48	0,41	-0,19	-0,14	-0,18	0,11	-0,17	-0,44
ES	0,17	0,82*	0,93*	0,65*	0,95*	-0,25	-0,22	-0,07	0,08	-0,48	-0,68*
OC	-0,19	-0,03	-0,05	-0,16	0,01	-0,15	0,47	-0,3	-0,06	0,4	-0,26
T°C	0,23	-0,26	-0,23	-0,39	-0,21	-0,45	-0,28	0,13	-0,05	0,51	0,21
UR	-0,21	0,37	0,32	0,50*	0,31	0,34	0,18	-0,02	0	-0,61*	-0,19

* Estatisticamente significativa ao nível de 5% ($p < 0,05$). AL - Ingestão de alimentos; AG - ingestão de água; OP - Ócio em pé; OD - Ócio deitado; OFE - Ofegante; ES - Estereotípias; OC - Outros comportamentos; T°C – Temperatura do ar; UR – Umidade relativa do ar.

Fonte: Autores.

Houve correlação linear forte e positiva entre estereotípias (0,82) e ingestão de alimento (0,68), com localização no quadrante 2, esses comportamentos podem ser explicados pela presença do comedouro nesse quadrante, onde após a alimentação, o animal se mantinha no local realizando mastigações sem alimento. Esse comportamento em suínos após a ingestão de comida, pode ser atribuído as condições de manejo inadequadas, estresse ou falta de estímulos ambientais (GARCIA, 2023).

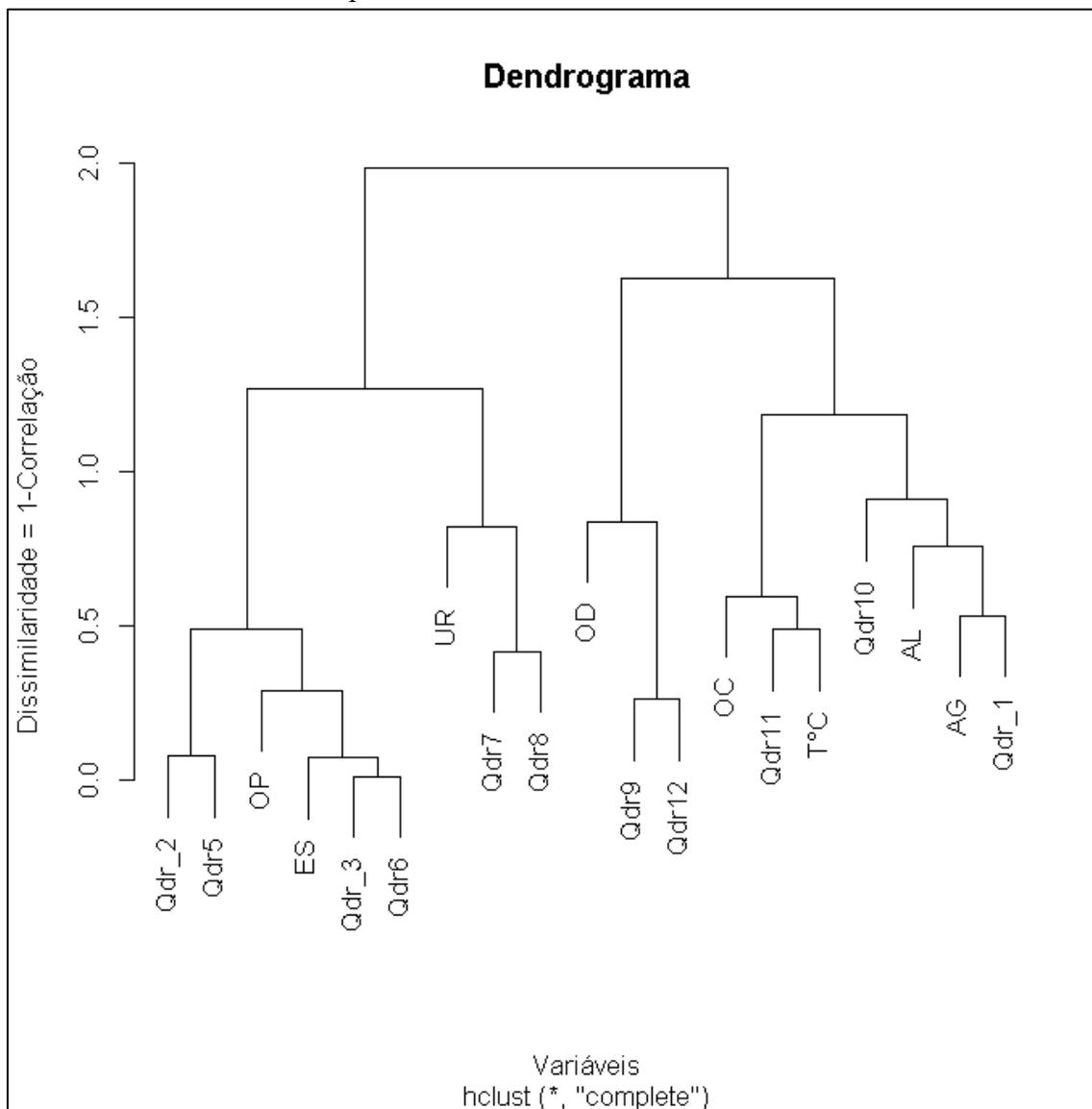
As ações de estereotípias tiveram correlação forte e positiva com os quadrantes 2, 3, 5 e 6 (tabela 4). A ocorrência desse comportamento nos quadrantes adjacentes ao comedouro, quase sempre após a alimentação, sugere que em ambientes confinados ou pouco enriquecidos, onde os suínos têm acesso limitado a estímulos naturais e atividades exploratórias, os animais podem desenvolver estereotípias devido ao estresse acumulado, tédio e ausência de desafios cognitivos (CARVALHO *et al.*, 2021).

Houve correlação linear forte e negativa entre umidade relativa do ar e o posicionamento no quadrante 11, indicando que no momento de menor umidade do ar e maiores temperaturas, o animal tende a estar localizado no quadrante 11. Isso se dá pela localização do bebedouro nesse quadrante, e do chuveiro nas proximidades (quadrante 12), de forma que seu uso proporciona a umidificação do piso da baía através do escoamento normal de sua utilização.

Isso corrobora com a correlação forte e positiva em ócio deitado no quadrante 12, em situações de temperatura elevada, por períodos mais prolongados. Essa preferência pelos quadrantes 11 e 12 pode ser interpretada como local ideal de melhores trocas de temperaturas por terem as temperaturas menores devido ao piso úmido nesses quadrantes, pois de acordo com Cleandro Dias, (2014), a elevada temperatura leva os suínos a procurarem áreas mais frias para descanso, facilitando as trocas térmicas.

Os suínos possuem glândulas sudoríparas queratinizadas não funcionais, o que dificulta a manutenção da temperatura corporal desses animais (FREITA *et al.*, 2017). De acordo com ARAÚJO; GUIMARÃES e GOMES, (2022), suínos apresentam grande dificuldade na dissipação do calor em ambiente de altas temperaturas e umidade, logo, as baixas taxas de umidade relativa podem favorecer a liberação de calor por via latente através do sistema respiratório, associando a esse processo, o aumento do contato corporal com a superfície para promover as trocas de energia em situações de elevadas temperaturas (MORALES, 2010).

Figura 4 - Dendrograma de dissimilaridade das variáveis comportamentais, ambientais e posicionamento do suíno nos quadrantes da baia



AL - Ingestão de alimentos; AG - ingestão de água; OP - Ócio em pé; OD - Ócio deitado; OFE - Ofegante; ES - Estereotípias; OC - Outros comportamentos; T°C – Temperatura do ar; UR – Umidade relativa do ar.

Fonte: Autores.

A análise do dendrograma (Figura 4), destaca dois grandes grupos de classes agrupadas em parâmetros comportamentais, ambientais e posicionamento na baia. A formação dos agrupamentos estrutura-se na relação dos parâmetros, sendo o ócio deitado agrupado com os quadrantes 9 e 12, isto, devido as tentativas do animal em manter a temperatura corporal em condições de conforto térmico, a partir das trocas de energia térmica em áreas com maior umidade no piso e temperaturas mais amenas (MASSARI *et al.*, 2015).

A relação entre o quadrante 11 e a T°C, indica que o conforto térmico pode ser obtido na localização do quadrante 11, já que temperaturas mais amenas diminuem os gastos energéticos envolvidos no processo de termogênese, processo essencial que possibilita ao corpo do animal, regular a temperatura interna de acordo com o ambiente e gasto de energia, visando promover a homeostase, que é o equilíbrio térmico em função das mudanças climáticas (VIEIRA, 2019).

O dendrograma (Figura 4), sugere uma relação entre o ócio em pé e o comportamento estereotipado, considerando o posicionamento do animal nos quadrantes 3 e 6, a relação provem da ideia de atividades insuficientes para o animal se envolver, contribuindo para o desenvolvimento de comportamentos estereotipados. Isso é especialmente observado em sistemas de produção intensiva, onde os suínos podem ficar confinados em espaços limitados, sem estímulos adequados para expressar seus comportamentos naturais (TAVARES, 2023).

Também é possível notar certo grau de proximidade entre os comportamentos ingestão de água e ingestão de alimento, em relação aos quadrantes 1 e 11, é um agrupamento totalmente válido e previsível ao considerarmos a localização do bebedouro e comedouro nesses quadrantes, uma vez que se alimente ou ingira água, o animal pode optar por ficar mais tempo nestas regiões, assim como descrito por Melfsen *et al.*, (2023), ao constatar uma tendência no movimento dos animais em relação ao cocho de alimentação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao implementar um sistema automatizado de monitoramento de suínos foi possível relacionar o comportamento e movimento dos animais, frente as variações climáticas ao longo do dia, ao bem-estar animal, por apresentar correlação alta e forte entre os parâmetros avaliados.

Foi possível instalar e validar a eficiência de sensores na plataforma Arduino® para o monitoramento dos animais, confirmado sua viabilidade, bem como elaborar e evoluir o banco de dados de armazenamento do sistema, correlacionando os dados de monitoramento com a análise visual.

Considerando a metodologia utilizada e os resultados obtidos no presente trabalho, é importante reconhecer a possibilidade de aplicações de metodologias alternativas. Variações deste experimento poderiam ser realizadas por meio do estudo de outras categorias e volumes de animais no sistema produtivo, visando compreender as diferenças entre as fases de crescimento. Além disso, aderir ao estudo outras variáveis comportamentais e microclimáticas.

REFERÊNCIAS

ALVES, Fabiana Villa; PORFÍRIO-DA-SILVA, Vanderley; KARVATTE JUNIOR, N. **Bem-estar animal e ambiência na ILPF**. 2019.

ALVES, Cleber Pereira et al. Influência da temperatura e umidade relativa do ar no consumo alimentar de suínos no semiárido brasileiro. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 4263-4269, 2020.

AMESTICA, O. E. et al. **An experimental comparison of arduino IDE compatible platforms for digital control and data acquisition applications**. 2019 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON). **Anais IEEE**, 2019.

ARAÚJO, Raiane Gomes Rodrigues; GUIMARÃES, Tiago Pereira; GOMES, Márcia Rosa. Influência dos fatores climáticos sobre o desempenho, qualidade de carcaça e carne de suínos: revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e10711326327-e10711326327, 2022.

AZEVEDO, Hierro Hassler Freitas et al. Bem-estar e suas perspectivas na produção animal. **Pubvet**, v. 14, n. 1, p. a481, 2020.

BAPTISTA, R. I. A. DE A.; BERTANI, G. R.; BARBOSA, C. N. Indicadores do bem-estar em suínos. **Ciencia rural**, v. 41, n. 10, p. 1823–1830, 2011.

BARBOSA, Caio Magalhães et al. Avaliação de comportamentos de suínos em fase de crescimento e terminação: Revisão sistemática. **Ciência animal é veterinária: Inovação e tendências - Volume 3**, v. 3, n. 1, p. 52-70, 2022.

Braga, J. S.; Macitelli, F.; Lima, V. A.; Diesel, T. O modelo dos “Cinco Domínios” do bemestar animal aplicado em sistemas intensivos de produção de bovinos, suínos e aves. **Revista Brasileira de Zootecias**, 19(2):204-226. 2018.

BROOM, D.M.; FRASER, A.F. **Comportamento e bem-estar de animais domésticos**. 4.ed. São Paulo: Manole, 452p. 2010.

BROOM, Donald M. Indicators of poor welfare. **British veterinary journal**, v. 142, n. 6, p. 524-526, 1986.

BROWN, D. D. et al. Observing the unwatchable through acceleration logging of animal behavior. **Animal Biotelemetry**, London, v. 1, art. 20, 2013.

CAGLIARI, T. P. et al. Avaliação do ambiente em pesquisas sobre o comportamento dos suínos em crescimento e terminação: Uma revisão sistemática. In: **Zootecnia: pesquisa e práticas contemporâneas - Volume 1**. [s.l.] Editora Científica Digital, 2021. p. 208–227.

- CARVALHO, C. L. et al. BEM-ESTAR ANIMAL EM SUÍNOS. In: **Suinocultura e Avicultura: Do Básico a Zootecnia de Precisão**. [s.l.] Editora Científica Digital, 2021. p. 89–115.
- CARVALHO DOS SANTOS, Tatiany et al. Influência do ambiente térmico no comportamento e desempenho zootécnico de suínos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 2, 2018.
- DA SILVA, Eduardo Torres Mendes et al. Sistemas de monitoramento de temperatura e umidade de baixo custo para maternidades de suinícola. **Energia na agricultura**, v. 37, n. 2, p. 1-11, 2022.
- DA SILVA, Taís Perez; MINUSCULLI, Patrick Renan; REIS, Mari Aurora Favero. Desempenho térmico por transferência de calor em edificações para suínos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. Supl. 2, p. 1-20, 2021.
- DE PAULA, Patricia Madureira Castro et al. Construction of a prototype for tracking dogs in the streets using Arduino. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 14, n. 2, 2020.
- DEBRECENI, O.; LEHOTAYOVÁ, A.; BUCKO, O.; PETRÁK, J. The Behaviour of the Pigs Housed in Hot Climatic Conditions. **Journal of Central European Agriculture**, [s.l.], v.15, n. 1, p. 64-75, 2014.
- DIAS, CLEANDRO PAZINATO; SILVA, CA da; MANTECA, XAVIER. Bem-estar dos suínos. **Londrina: o Autor**, v. 403, 2014.
- DUARTE, Maisa Benedete et al. Avaliação do ambiente em pesquisas sobre o comportamento dos suínos em crescimento e terminação: uma revisão sistemática. **Zootecnia: Pesquisa e Práticas Contemporâneas - Volume 1**, v. 1, n. 1, p. 208-227, 2021.
- FERRARI, Danielli; CAMARGO, Simone Cristina. Comportamento de suínos em fase de terminação em diferentes tipos de piso. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 6, n. 13, p. 415-429, 2023.
- FIALHO, E.T. Influência da temperatura ambiental sobre a utilização da proteína e energia em suínos em crescimento e terminação. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, São Paulo, 1994. **Anais CBNA**, p.63-83. São Paulo – SP, 1994.
- FRANÇA, Ismael. Sistema de produção de suínos com ênfase nas fases iniciais. 2020.
- FREITAS, H.B.; NASCIMENTO, K.M.R.S.; KIEFER, C.; ROSA, M.S.; MACIE, V.A.; SILVA, L.A.R.; CHAVES, N.R.B.; FLORES, B.C. Estresse por calor sobre o desempenho e aproveitamento de nutrientes em aves e suínos. **Anais da X mostra científica FAMES/UFMS**. Campo Grande, 2017.
- GALVÃO, Andria Tavares et al. Bem-estar animal na suinocultura: Revisão. **Pubvet**, v. 13, p. 148, 2019.

GARCIA, Claudiele Marques. Comportamento natural e os princípios de bem-estar animal aplicados à suinocultura. **Revistaft**, vol. 27, nº 120, p. 56, mar. 2023, doi: 10.5281/zenodo.7691956.

GOMES D. A.; BIANCHINI D. Interconnecting Wireless Sensor Networks with the Internet Using Web Services. in **IEEE Latin America Transactions**, vol. 14, no. 4, pp. 1937-1942, April 2016.

GUERRERO, Marina da C. et al. Productivity and quality of Mombasa grass under fertilization with pig deep-litter and NPK. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 437-443, 2020.

HOTZEL, M.J.; NOGUEIRA, S.S.C.; MACHADO FILHO, L.C.P. Bem-estar de animais de produção: das necessidades animais às possibilidades humanas. **Revista de Etologia**, v.9, n.2, p.1-10, 2010.

KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA, E.A.; SANTOS, A.P.; SILVA, C.M.; LUZ, M.F.; NANTES, C.L. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal [online]**, v.11, n.2, p.496-504, 2010.

KINANE, Orla; BUTLER, Fidelma; O'DRISCOLL, Keelin. Liberdade para crescer: melhorar o bem-estar das porcas também beneficia os leitões. **Animais**, v. 4, pág. 1181, 2021.

LAVAREDA FILHO, Ronem Matos. **Sistema de monitoramento inteligente de uma horta escolar baseado na plataforma arduino**. 2018.

LEMES, Maria Vitoria Nunes. **Ambiente Colaborativo baseado em Arduino, RFID, QR Code e Visualização de dados para auxílio na identificação de animais perdidos**. 2019.

LUDTKE, C., DANDIN, T., CIOCCA, J.R.P., BARBALHO, P., COSTA, O.A.D. Bem estar de Suínos, In: **VI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes**. 2011, São Pedro, SP. Anais...São Pedro, SP, 2011.

MASSARI, J. M., CURI, T. M. R. de C., MOURA, D. J., MEDEIROS, B. B. L., & SALGADO, D. D. Características comportamentais de suínos em crescimento e terminação em sistema "wean to finish". **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 4, p. 646-656, 2015.

MEDEIROS, Brenda Batista Lemos et al. **Bem-estar e desempenho de suínos criados em sistema "wean to finish"**. 2013. Tese de Doutorado. Tese Doutorado em Engenharia Agrícola, Campinas, Universidade Estadual de Campinas-Faculdade de Engenharia Agrícola, São Paulo, Brasil. 2013.

MELFSEN, Andreas et al. Describing Behavior Sequences of Fattening Pigs Using Process Mining on Video Data and Automated Pig Behavior Recognition. **Agriculture**, v. 13, n. 8, p. 1639, 2023.

MORALES, O.E.S. **Aspectos produtivos de fêmeas suínas e suas leitegadas em diferentes sistemas de ambiência na maternidade.** 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Veterinário. Porto Alegre. 2010.

OLIVEIRA, Marcelo Eduardo de. **Desenvolvimento de sistema automatizado de monitoramento de ambientes de produção animal, utilizando uma rede de sensores sem fio.** 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

OLIVEIRA D. C. G; RODRIGUES M.S; SANTOS S. F; JÚNIOR H. S. Caracterização e utilização de cinzas de cama profunda de suínos em compósitos cimentícios. **Engenharia Agrícola.** Volume 32, Nº 5, Páginas 810 – 821, out, 2012.

PAGGI, Ana Caroline et al. Cores alternativas de luz de abrigos escamoteadores para leitões lactentes: teste de preferência e validação em maternidade suína. **Ciência Rural**, v. 50, n. 11, 2020.

PANDORFI, Héilton; ALMEIDA, Gledson Luiz Pontes; GUISELINI, Cristiane. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, p. 558-568, 2012.

PERDOMO, C. C et al; Considerações sobre edificações para suínos. In: Curso de atualização sobre a produção de suínos, 4., 1985, Concórdia, SC. [Anais]. **EMBRAPA - CNPSA.** Concórdia, 1985.

RODRIGUES, Daniele Felicio et al. **Avaliação de comportamentos de suínos em fase de crescimento e terminação: revisão.** 2021.

ROLIM, Wesley Jhonnes Ramos; SPENCER, Patrick Jack; DE ANDRADE, Delvonei Alves. Development of an arduino based real time environmental monitor for animal facilities. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 15, n. 3, p. 2913-2931, 2023.

SANTOS B. F. d. B. **Alimentador Automático para Animais Utilizando Arduino.** 2015. 51 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

SANTOS, Jonathan Vinicius dos. **Avaliação do comportamento de suínos em ambientes com diferentes sistemas de resfriamentos utilizando modelos computacionais.** 2022. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SANTOS, R. DE K. S. DOS et al. Behavior of immunocastrated pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 9, p. 540–545, 2016.

SILVIA HELENA NOGUEIRA TURCO; DIAN LOURENÇONI; DANIEL DOS SANTOS COSTA; PABLO TEIXEIRA LEAL DE OLIVEIRA; DAVID RAMOS DA ROCHA; ITALO EMANNUEL DOS ANJOS SANTOS. Ferramentas para o monitoramento de respostas comportamentais, fisiológicas e de desempenho animal a campo. **Revista Científica de Produção Animal**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 69–75, 2020.

Simulate IoT Projects in Your Browser. Wokwi. Disponível em: <https://wokwi.com>. Acesso em: 08 nov. 2023.

SOUZA, Robério Gomes et al. Influência da temperatura na maternidade de suínos: revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. e193932757-e193932757, 2020.

SOUSA, Flaviane dos Santos de. **Uso de tecnologias para melhor aproveitamento na produção animal**. 2021. 33 f. TCC (Graduação) – Curso de Zootecnia, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2021.

TAVARES, Mariana Coelly Modesto Santos. **Enriquecimento ambiental, biomecânica óssea e bem-estar animal na produção de suínos em terminação**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2023.

THOM, Earl Crabill. O índice de desconforto. **Weatherwise** , v. 12, n. 2, pág. 57-61, 1959.

VASCONCELOS, Ezza Karolliny Ferreira et al. Comportamento de suínos em fase de crescimento criados em ambiente enriquecido. **Revista de Comportamento Animal e Biometeorologia**, v. 4, pág. 120-123, 2020.

VIEIRA, Enio Cardillo. Energia em biologia. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 26, n. 1 e 2, p. 136-145, 2019.

YAMAMOTO M. E.; VOLPATO, G. L. Comportamento animal. **Editores da Universidade Federal do Rio Grande do Norte**. Natal: RN, ed. 2, 2007.