



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CCA
CURSO DE ZOOTECNIA

LUIZA LIMA ELOI

**DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA A CRIAÇÃO DE SUÍNOS NO MUNICÍPIO
DE PEDREIRAS – MA**

SÃO LUÍS - MA

2025

LUIZA LIMA ELOI

**DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA A CRIAÇÃO DE SUÍNOS NO MUNICÍPIO DE
PEDREIRAS – MA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Zootecnia Bacharelado do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Zootecnista.

Orientador: **Dr. Brendo Júnior Pereira Farias**

Coorientador: **Prof. Dr. Raimundo Calixto Martins Rodrigues**

São Luís-MA
2025

Eloi, Luiza Lima.

Diagnóstico bioclimático para a criação de suínos no município de Pedreiras - MA./Luiza Lima Eloi – São Luís (MA), 2025.

27p.

Monografia (Curso de Zootecnia) Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, 2025.

Orientador: Prof. Me. Brendo Júnior Pereira Farias.

Conforto térmico. 2. Suinocultura. 3. Índice de temperatura e umidade. 4. Estresse térmico. 5. Bioclimatologia animal. I.Título.

CDU: 636.4(812.1)

LUIZA LIMA ELOI

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Zootecnia Bacharelado do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Zootecnista.

Aprovado em: 02 de Julho de 2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente

 BRENDON JUNIOR PEREIRA FARIAS
Data: 14/07/2025 18:51:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Brendo Júnior Pereira Farias (Orientador)

Mestre em Engenharia Agrícola (UFCG)

Universidade Federal de Campina Grande

Documento assinado digitalmente

 TACILA RODRIGUES ARRUDA
Data: 15/07/2025 16:14:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Tacila Rodrigues Arruda

Mestre em Engenharia Agrícola (UFCG)

Universidade Federal de Campina Grande

Documento assinado digitalmente

 YANKA BEATRIZ GONCALVES BATISTA
Data: 14/07/2025 19:18:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Yanka Beatriz Gonçalves Batista

Mestre em Engenharia Agrícola (UFCG)

Universidade Federal de Campina Grande

São Luís – MA

2025

Primeiramente a Deus, por sua infinita graça e todas as bençãos até aqui. A minha mãe Francisca Lima e meu pai Edinamar Eloi, por ter me ensinado a batalhar por meus sonhos se por me incentivar sempre. Minha irmã Luana Eloi, por acreditar e ser meu braço direito sempre. Meu amado filho, Arthur Gabriel, o sorriso mais puro e meu lugar de paz e calmaria. Ao meu companheiro de vida Wellington Borges, por ser meu porto seguro nessa jornada.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Ao Deus dos céus por sua infinita bondade, por seu amor e misericórdia sobre minha vida. Por ter escrito esse momento com suas próprias mãos, por ter me concedido forças, sabedoria e discernimento para que pudesse concluir mais uma etapa tão significativa em minha vida.

A minha família, a razão de tudo, meus pais, Francisca Lima e Edinamar Eloi. Vocês me ensinaram que mesmo em meio toda a dificuldade, “todas as coisas cooperam para o bem dos que amam a Deus” (Romanos 8:28). Minha irmã, Luana Eloi, meu filho Arthur Gabriel e ao meu companheiro Wellington Borges. Sem o apoio, carinho e amor de vocês, eu jamais conseguiria. O meu amor pertence a vocês cinco.

Ao meu companheiro Wellington Borges. O seu companheirismo, o seu amor, sua paciência e seus cuidados foram fundamentais nos piores momentos em que pensei em sair correndo e desistir. Obrigada por nunca ter soltado minha mão, me abraçado quando chorei e pensei que nada daria mais certo. Eu amo você, e louvo a Deus por sua vida.

Ao meu primo e compadre Ricardo Eloi, sou eternamente grata por estar presente quando mais precisei. Enquanto muitos me julgavam por uma gravidez na adolescência, sua ligação foi a única que demonstrou acolhimento e real preocupação. Foi você quem me incentivou a escolher o nome do meu filho. Seu apoio, mesmo com a correria da vida, fez toda a diferença.

Aos meus primos Luisa Eloi e Leocádio Eloi. Sou imensamente grata por ter me acolhido na casa de deles sem ao menos me conhecer direito, e com certeza esse gesto fez total diferença sem isso não estaria aqui finalizando a tão sonhada graduação, pois não teria nem conseguido finalizar meu ensino médio, obrigada.

Ao meu orientador Brendo Júnior e coorientador Raimundo Calixto, agradeço por aceitarem esse desafio comigo. Sou grata pelos ensinamentos, conselhos e confiança. Vocês fizeram a diferença.

RESUMO

A suinocultura desempenha papel relevante na economia brasileira, especialmente nas regiões Sul e Sudeste. No entanto, no Maranhão, ainda enfrenta desafios significativos, como infraestrutura precária, baixo nível tecnológico e manejo inadequado. Este trabalho tem como objetivo analisar os impactos das condições climáticas sobre a produção de suínos no município de Pedreiras (MA), com foco na bioclimatologia animal. A pesquisa baseia-se na coleta e análise de dados meteorológicos (temperatura e umidade) e na aplicação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para avaliar o conforto térmico dos animais em diferentes fases de desenvolvimento. Com o diagnóstico bioclimático, é possível propor estratégias de manejo que visem reduzir o estresse térmico, melhorar o bem-estar animal e aumentar a produtividade. O estudo também busca contribuir com informações técnicas que subsidiem políticas públicas e ações práticas para o fortalecimento da suinocultura na região.

Palavras-chave: suinocultura, conforto térmico, índice de temperatura e umidade, estresse térmico, bioclimatologia animal.

ABSTRACT

Swine farming plays a significant role in the Brazilian economy, particularly in the South and Southeast regions. However, in the state of Maranhão, it still faces major challenges such as poor infrastructure, low technological adoption, and inadequate management practices. This study aims to analyze the impacts of climatic conditions on pig production in the municipality of Pedreiras (MA), with a focus on animal bioclimatology. The research is based on the collection and analysis of meteorological data (temperature and humidity) and the application of the Temperature-Humidity Index (THI) to assess the thermal comfort of pigs at different development stages. Through the bioclimatic diagnosis, it is possible to propose management strategies to reduce heat stress, improve animal welfare, and enhance productivity. The study also aims to contribute technical information to support public policies and practical actions to strengthen swine farming in the region. **Keywords:** swine farming, thermal comfort, temperature and humidity index, heat stress, animal bioclimatology.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
3.	METODOLOGIA	15
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1.	Temperatura do Ar (TA)	17
4.2.	Umidade Relativa (UR)	17
4.3.	Índice de Temperatura e Umidade (ITU).....	18
4.4.	Implicações por Fase de Desenvolvimento	20
4.4.1.	Martenidades/leitões recem nascidos.....	20
4.4.2.	Creche	20
4.4.3.	Crescimento e Terminação.....	21
5.	Recomendações de Manejo.....	21
5.1.	Implementação de sistemas de ventilação, resfriamento evaporativo e sombreamento	21
5.2.	Ajustes na densidade animal e formulação de dietas com maior densidade energética	22
5.3.	Monitoramento contínuo do ITU para tomada de decisões em tempo real	22
7.	REFERÊNCIAS	24

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 Data: 1991 - 2021 Temperatura mínima (°C), Temperatura máxima (°C), Chuva (mm), Umidade, Dias chuvosos. Data: 1999 - 2019: Horas de sol- fonte: Climate, 2021</i>	15
<i>Tabela 2- Valores médios de temperatura do ar média, máxima, mínima e unidade relativa de 1991 a 2021-fonte: Climate, 2021</i>	16
<i>Tabela 3- Valores de conforto de temperatura, umidade relativa do ar e do índice de temperatura e umidade (ITU), em função das fases de produção dos suínos (adaptado de Silva, 1999.)</i>	16
<i>Tabela 4- Idades usadas como base para o diagnóstico bioclimático de acordo com cada fase dos leitões.....</i>	17
<i>Tabela 5 – Valores médios de Índice de Temperatura e Umidade médio, ,Máximo e Mínimo de 1991 a 2021</i>	18
<i>Tabela 6- Diagnóstico bioclimático para leitões com as temperaturas médias, máximas e mínimas, umidade relativa e ITU.....</i>	19

1. INTRODUÇÃO

A criação de suínos, como atividade produtiva, depende diretamente da interação dos animais com o ambiente em que estão inseridos. Para que possam expressar seu máximo potencial genético e produtivo, é essencial que sejam mantidos em condições ambientais adequadas, o que também favorece seu bem-estar (Alves & Silva, 2021).

A bioclimatologia animal, ciência que estuda os efeitos do clima sobre a produtividade, tem contribuído significativamente para mitigar os impactos climáticos adversos, relacionando as respostas fisiológicas dos animais às condições do meio. Uma ferramenta fundamental nesse contexto é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que permite avaliar o conforto térmico e orientar estratégias de manejo. Segundo Azevedo (2020), o ITU pode indicar com precisão o grau de conforto ou estresse térmico, auxiliando os produtores na tomada de decisões.

A zona de conforto térmico (ZCT), por sua vez, é o intervalo de temperatura em que os animais mantêm a homeotermia sem esforço metabólico adicional (Medeiros & Vieira, 1997; Baêta & Souza, 1997). Em suínos, esse equilíbrio térmico é essencial, pois são animais homeotérmicos e seu desempenho produtivo depende da manutenção da temperatura corporal dentro da ZCT (Mount, 1968). No entanto, um dos principais desafios enfrentados pela suinocultura no Brasil é a exploração de raças adaptadas a climas frios, como as europeias e norte-asiáticas, pouco compatíveis com as condições tropicais (Rodrigues et al., 2010; Zangeronimo et al., 2015).

O estresse térmico, especialmente o estresse por calor, limita fortemente a produtividade, e conhecer a capacidade de adaptação dos animais é essencial para o sucesso zootécnico (Nunes et al., 2016).

A suinocultura é amplamente desenvolvida no Brasil e representa uma cadeia produtiva consolidada globalmente. No cenário regional, o Nordeste ocupa a quarta posição na produção nacional de carne suína, com destaque para o Maranhão, que contribuiu com 1.231.823 cabeças de suínos (IBGE, 2016), favorecido por boas condições edafoclimáticas e localização estratégica para exportação. No âmbito nacional, a produção de carne suína continua concentrada no Sul, sobretudo em Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná. Em 2024, essas três unidades federativas responderam pela esmagadora maioria das exportações. Entre janeiro e dezembro de 2024, o Brasil exportou 1,352 milhões de toneladas de carne suína, estabelecendo novo recorde, com US\$ 3,033 bilhões em receita. Só em abril de 2025, as exportações somaram 129,2 mil

toneladas um avanço de 14,6 % em relação a abril de 2024 impulsionadas principalmente pelo crescimento nos estados do Sul. Consequentemente, o Sul permanece responsável por cerca de 83 % das exportações brasileiras de carne suína, graças ao alto nível de tecnificação e investimentos no setor . Em contrapartida, Norte e Nordeste respondem por uma parcela bastante modesta da produção nacional – estimada em apenas 0,2 % do total, conforme dados da ABPA de 2018

No entanto, estados nordestinos como Maranhão, Piauí e Bahia vêm registrando crescimento significativo, com a produção triplicando nos últimos anos, impulsionada pela disponibilidade de grãos. No Ceará, o aumento da demanda interna também contribuiu para o avanço da atividade, mesmo diante de limitações geográficas. Em 2023, a Bahia abateu 62,3 mil suínos no segundo trimestre, produzindo 6 mil toneladas de carne (Soares, 2023).

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um diagnóstico bioclimático a fim de entender o comportamento da interação animal-instalação-ambiente em todos os estágios de vida dos suínos, identificando os meses em que os animais estarão em conforto ou desconforto térmico por meio dos dados meteorológicos locais e do cálculo de índices de conforto térmico, além de criar recomendações técnicas para que os produtores possam mitigar os efeitos adversos do clima, criando um ambiente confortável para os suínos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em tempos de mudanças climáticas, a adaptação dos sistemas de produção às novas realidades ambientais tornou-se imperativa. A bioclimatologia animal, como campo de estudo, oferece subsídios para compreender como as variáveis ambientais influenciam diretamente o comportamento fisiológico dos suínos, auxiliando na tomada de decisões para o manejo adequado (Silva et al., 2023).

Em regiões tropicais, como o Nordeste brasileiro, onde predominam altas temperaturas e umidade relativa elevada, o estresse térmico é um dos maiores entraves ao desempenho zootécnico. A identificação das zonas de conforto térmico para os suínos permite ajustes precisos nas instalações e práticas de manejo. Segundo Ferreira et al. (2021), suínos mantidos fora da ZCT demonstram alterações comportamentais, como aumento da frequência respiratória, menor consumo alimentar e maior tempo de repouso, fatores que reduzem o ganho de peso e a conversão alimentar.

Além disso, o diagnóstico bioclimático não deve ser tratado de forma isolada,

mas sim integrado ao sistema produtivo como um todo. A implementação de sombreamento natural, uso de cortinas automatizadas, ventilação cruzada e sistemas de resfriamento evaporativo são exemplos de práticas que, combinadas ao monitoramento contínuo das condições ambientais, reduzem os impactos negativos do ambiente sobre os animais (Gomes et al., 2022). Essa integração é fundamental para a manutenção do bem-estar e da saúde dos suínos, o que, por sua vez, melhora os índices produtivos e reduz a necessidade de intervenções sanitárias.

A abordagem bioclimática também tem sido inserida em programas de capacitação de produtores rurais e técnicos, promovendo maior eficiência nas granjas. Iniciativas como o "Programa Bem-Estar Animal", coordenado por órgãos estaduais e universidades, têm difundido a importância da climatização e da adequação ambiental como pilares da suinocultura moderna (Rodrigues et al., 2022). Essas ações educacionais são fundamentais para reduzir as desigualdades tecnológicas entre as regiões produtoras do Brasil.

Outro aspecto relevante é a adaptação genética das raças de suínos ao clima tropical. A maioria das raças utilizadas no país tem origem europeia e, portanto, menor tolerância ao calor. No entanto, pesquisadores têm buscado selecionar linhagens mais resistentes ao estresse térmico, visando maior produtividade em condições adversas. A combinação entre melhoramento genético e ambiente adaptado representa um caminho promissor para a sustentabilidade da produção suinícola no Brasil (Almeida et al., 2021).

Finalmente, cabe ressaltar que o uso do diagnóstico bioclimático está alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 02, 03, 12, 14 e 15), especialmente os que tratam da segurança alimentar, saúde animal e ação contra as mudanças climáticas. A suinocultura que adota tais práticas se torna mais resiliente, competitiva e responsável ambientalmente, colaborando com as exigências do mercado consumidor e das legislações sanitárias e ambientais.

Recentemente, pesquisadores como Wei et al. (2025) desenvolveram modelos avançados de ventilação térmica, baseados no balanço de entalpia, integrando controle de temperatura e umidade, com resultados positivos na manutenção do conforto térmico em condições reais. Além disso, a automação e a inteligência artificial têm modernizado a suinocultura brasileira, melhorando a conversão alimentar e reduzindo o uso de novas áreas agricultáveis (Talamini, 2024).

A biossegurança é outro pilar fundamental, com medidas sanitárias rigorosas permitindo ao Brasil manter-se como um dos principais exportadores de carne suína,

mesmo frente à ameaça da Peste Suína Africana (Forbes Brasil, 2025). O Plano ABC+ (MAPA, 2023) reforça esse compromisso ao promover a suinocultura de baixa emissão de carbono, integrando práticas sustentáveis com o bem-estar animal.

Estudos como os de Medeiros et al. (2021) e Silva et al. (2020) reforçam que a zona de conforto térmico dos suínos varia conforme a fase produtiva, sendo mais crítica nas fases de creche e terminação. Lima et al. (2023) destacam a evolução das instalações, incorporando ventilação mecânica, nebulização, cortinas automatizadas e isolamento térmico eficiente. Oliveira et al. (2022) salientam o uso de ferramentas de modelagem bioclimática e sensores ambientais no planejamento das instalações.

Ferreira et al. (2021) e Costa et al. (2024) defendem o uso de sistemas híbridos de climatização como alternativa tecnicamente viável, sobretudo em regiões tropicais úmidas. O diagnóstico bioclimático eficiente torna-se uma etapa essencial para o planejamento estratégico das propriedades.

Oliveira et al. (2023) relatam que o estresse térmico compromete o sistema imunológico, o que justifica a adoção de sensores ambientais e IA no mapeamento das zonas térmicas (Carvalho et al., 2022). Andrade et al. (2021) destacam a arquitetura bioclimática como fator chave na construção de ambientes mais confortáveis.

A suinocultura brasileira se divide entre sistemas intensivos, com controle ambiental rigoroso, e sistemas extensivos, com menor tecnificação (Meneses, 1999). O perfil regional é heterogêneo, com destaque para o Sul e Sudeste tecnologicamente avançados e o Norte e Nordeste ainda com predominância de sistemas familiares (Alves, 2013).

No Maranhão, observa-se a ausência de organização da cadeia produtiva, com desafios sanitários e de infraestrutura, conforme apontado pela EMBRAPA (2024). Pereira (2005) e Baêta e Souza (2010) destacam a relevância da ambiência nas instalações para o desempenho produtivo. A alimentação é outro fator relevante, pois em condições de calor, os suínos reduzem o consumo alimentar. Pereira et al. (2023) recomendam dietas ajustadas e suplementos eletrolíticos para mitigar o estresse térmico.

Ou seja, o diagnóstico bioclimático representa uma ferramenta essencial para o desenvolvimento da suinocultura nacional, permitindo a integração entre aspectos ambientais, estruturais, nutricionais e tecnológicos, com vistas à sustentabilidade, eficiência produtiva e bem-estar animal.

3. METODOLOGIA

O estudo foi direcionado ao município de Pedreiras, localizado no estado do Maranhão, região Nordeste do Brasil. Geograficamente, Pedreiras está situada na latitude 4°34'18.9" S e longitude 44°35'03.5" W, inserida na Mesorregião Centro Maranhense, Microrregião do Médio Mearim. O clima predominante na região é tropical úmido, caracterizado por altas temperaturas ao longo do ano e um período chuvoso concentrado entre os meses de janeiro e maio, com elevada umidade relativa do ar fatores que influenciam diretamente a produção animal, exigindo cuidados específicos com a ambiença. O Maranhão apresenta diversidade climática devido à sua localização em zona de transição entre climas semiárido e úmido equatorial. O clima varia entre tropical quente e úmido (As) na região oeste e tropical quente e semiúmido (Aw) nas demais regiões. A bacia hidrográfica do rio Mearim, que nasce na serra da Menina a 650 metros de altitude, drena a área do município de Pedreira.

Foi realizado um diagnóstico bioclimático para cada estágio de vida do animal com base nas variáveis climáticas temperatura média do ar (TA méd, °C), máxima (TA máx, °C) e mínima (TA mín, °C) e umidade relativa do ar média (UR, %) no período de 1991 a 2021 coletadas na estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021) na cidade de Pedreiras – MA. O índice de temperatura e umidade (ITU) foi calculado conforme a equação:

$$ITU_{m\acute{e}d} = \left(0,8 \times TA_{m\acute{e}d} + \left(\frac{UR}{100} \right) \times (TA_{m\acute{e}d} - 14,4) + 46,4 \right) \quad (1)$$

Onde TA - Temperatura do ar e UR - umidade relativa do ar (Thom, 1959).

As variáveis climatológicas TA e UR, obtidas na estação climática e o ITU calculado foram comparados com as condições consideradas adequadas para o conforto térmico para suínos.

Tabela 1 Data: 1991 - 2021 Temperatura mínima (°C), Temperatura máxima (°C), Chuva (mm), Umidade, Dias chuvosos. Data: 1999 - 2019: Horas de sol- fonte: Climate data, 2021

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agos	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura Média (°C)	26	25,5	25,4	25,5	26	26,5	27,2	28,3	29,2	29,6	29	27,6
Temperatura Mínima (°C)	23,1	22,9	22,9	23	23,1	22,9	23	23,5	24,3	24,9	24,8	24,1
Temperatura Máxima (°C)	30,1	29,5	29,3	29,3	29,8	31	32,4	34	35	35,2	34,2	32,3
Chuva	252	271	329	265	131	33	17	6	10	19	53	138

(mm)												
Umidade (%)	84	88	89	89	85	75	63	55	55	57	63	73
Dias chuvosos (d)	19	19	21	19	14	5	3	1	1	3	6	13
Horas de sol (h)	7,2	63	6	5,9	7	8,2	8,9	9,5	9,3	9,1	8,9	8,4

A diferença entre a precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso é de 323 mm, já a flutuação das temperaturas ao longo das estações é designada por 4.1 °C.

O mês com maior humidade relativa é Abril (54.62 %). O mês com a quantidade mais baixa de humidade relativa é Agosto (54.62 %). O mês com a maior quantidade de precipitação é Março (27.93 dias), enquanto o mês com o nível de precipitação mais baixo é Agosto (1.27) (Climate Data, 2021).

Tabela 2– Valores médios de temperatura do ar média, máxima, mínima e unidade relativa de 1991 a 2021- fonte: Climate data, 2021

Meses	TA Méd (°C)	TA Máx (°C)	TA Mín (°C)	UR (%)
Janeiro	26	30,1	23,1	84
Fevereiro	25,5	29,5	22,9	88
Março	25,4	29,3	22,9	89
Abril	25,5	29,3	23	89
Maio	26	29,8	23,1	85
Junho	26,5	31	22,9	75
Julho	27,2	32,4	23	63
Agosto	28,3	34	23,5	55
Setembro	29,2	35	24,3	55
Outubro	29,6	35,2	24,9	57
Novembro	29	34,2	24,8	63
Dezembro	27,6	32,3	24,1	73

Tabela 3– Valores de conforto de temperatura, umidade relativa do ar e do índice de temperatura e umidade (ITU), em função das fases de produção dos suínos (adaptado de Silva, 1999.)

Categoria	Temperatura (°C)	UR (%)	ITU ideal
Matrizes	12 – 18	50 – 70	54 – 63
Leitões/Nascimento	30 – 32	70	81 – 84
1 semana	27 – 28	70	77 – 78
2 semanas	25 – 26	70	74 – 75
3 semanas	22 – 24	70	69 – 72
4 semanas	21 – 22	70	68 – 69
5 a 8 semanas	20 – 22	50 – 70	66 – 69
20 a 30 kg	18 – 20	50 – 70	63 – 66
30 a 60 kg	16 – 18	50 – 70	60 – 63
60 a 100 kg	12 – 18	50 – 70	57 – 63

Tabela 4- Idades usadas como base para o diagnóstico bioclimático de acordo com cada fase dos leitões

Fases	Idade Aproximada
Maternidade	0 a 21 dias (leitões)
Creche	3 a 10 semanas
Crescimento	10 a 16/17 semanas
Terminação	17 a 22/24 semanas

Para comparar as exigências térmicas dos suínos com os valores repetição de o ITU foi adotada a seguinte simbologia: I – inferiores aos exigidos; C – confortável e S – superior aos exigidos pelas, sendo as letras adotadas para referir-se à situação térmica dos animais em relação a TA média (°C), a TA máx (°C), a TA mín (°C), e também para refere-se à situação térmica em relação a UR e ITU.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Temperatura do Ar (TA)

De janeiro a junho, observou-se predominância de condições inferiores (I) e superiores (S) às exigidas principalmente nas temperaturas máximas (tabela 6). Tais condições superam os limites superiores da zona de conforto térmico (tabela 02) para suínos, comprometendo o desempenho produtivo, em especial nas fases de crescimento e terminação (Gonçalves et al., 2023). As altas temperaturas elevam o consumo de água e reduzem a ingestão de alimento, afetando diretamente a taxa de crescimento dos animais (Mendoça et al., 2021). Nos meses de julho a dezembro, houve melhora nas temperaturas mínimas e médias, com maior ocorrência de conforto (C). Contudo, as temperaturas máximas continuaram indicando estresse (S) (tabela 06), o que reforça a necessidade de manejo térmico mesmo em períodos considerados mais amenos (Oliveria et al., 2022).

4.2. Umidade Relativa (UR)

A UR permaneceu elevada durante todo o ano, sendo classificada como Estressora (S) em todos os meses (Tabela 06). Essa condição limita a capacidade dos suínos de dissiparem calor, agravando os efeitos de temperaturas elevadas (Silva et al., 2023). A combinação de alta umidade com altas temperaturas aumenta significativamente o risco

de hipertermia nos suínos, especialmente em ambientes de produção intensiva (Barros et al., 2022).

4.3. Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

O ITU, indicador composto que reflete o risco de estresse térmico, foi consistentemente classificado como estressante (S) (Tabela 6) durante todo o período analisado. Esse resultado evidencia que, mesmo em meses com temperaturas mais amenas, a elevada umidade mantém o risco de estresse elevado. Conforme apontado por Freitas et al. (2023), o ITU acima de 75 é considerado crítico para suínos, principalmente para matrizes em lactação.

Tabela 5 – Valores médios de Índice de Temperatura e Umidade médio, ,Máximo e Mínimo de 1991 a 2021

Meses	ITU da TA Méd	ITU da TA Máx	ITU da TA Min
Janeiro	76,94	83,67	72,19
Fevereiro	76,57	83,29	72,2
Março	76,51	83,10	72,29
Abril	76,68	83,10	72,45
Maio	77,06	83,33	72,28
Junho	76,68	83,65	71,1
Julho	76,22	83,66	70,22
Agosto	76,69	84,38	70,21
Setembro	77,90	85,73	71,29
Outubro	78,74	86,42	72,31
Novembro	78,80	86,23	72,79
Dezembro	78,12	85,31	72,76

Tabela 6- Diagnóstico bioclimático para leitões com as temperaturas médias, máximas e mínimas, umidade relativa e ITU

Mês	Temperaturas			U R	ITU		
	Médias	Máximas	Mínimas		TA Méd	TA Máx	TA Mín
Janeiro	C	I	I	S	C	S	S
	C	S	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
Fevereiro	C	I	I	S	C	S	S
	C	I	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
Março	C	I	I	S	C	S	S
	C	I	I	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
Abril	C	I	I	S	C	S	S
	C	I	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
Maio	C	I	I	S	C	S	S
	C	I	I	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
Junho	C	I	I	S	C	S	S
	C	S	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
Julho	C	S	I	I	C	S	S
	C	S	S	C	S	S	S
	S	S	S	C	S	S	S
	S	S	S	C	S	S	S
Agosto	C	S	I	I	C	S	S
	C	S	S	C	S	S	S
	S	S	S	C	S	S	S
	S	S	S	C	S	S	S
Setembro	C	S	S	I	C	S	S
	C	S	S	C	S	S	S
	S	S	S	C	S	S	S
	S	S	S	C	S	S	S
Outubro	C	S	S	I	C	S	S
	C	S	S	C	S	S	S
	S	S	S	C	S	S	S
	S	S	S	C	S	S	S
Novembro	C	S	S	I	C	S	S
	C	S	S	C	S	S	S
	S	S	S	C	S	S	S
	S	S	S	C	S	S	S
Dezembro	C	S	S	S	C	S	S
	C	S	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S
	S	S	S	S	S	S	S

A letra S-Superior , C-Confortável e I-Inferior ao exigido por cada fase para os suíños.

4.4. Implicações por Fase de Desenvolvimento

4.4.1. Maternidades/leitões recém-nascidos

As implicações são particularmente graves devido à sua fisiologia imatura e limitada capacidade de termorregulação. Leitões recém-nascidos possuem uma camada de gordura subcutânea muito fina e um metabolismo que ainda não consegue manter a temperatura corporal estável, por isso, são extremamente sensíveis tanto ao frio quanto ao calor. Tanto as temperaturas muito baixas quanto as muito altas influenciam negativamente o comportamento dos leitões (Tabela 2). O frio leva à letargia, dificultando a mamada. Já o calor extremo pode fazer com que a matriz se mova mais, aumentando o risco de esmagamento dos leitões. Almeida et al. (2024) destacam que o estresse térmico compromete o tempo de mamada e a frequência de sucção, reduzindo o ganho de peso nas primeiras semanas de vida. A baixa imunidade, combinada a ambientes úmidos e mal ventilados, favorece a proliferação de agentes patógenos. O sistema imune dos leitões ainda é imaturo, e qualquer estressor térmico facilita infecções. Conforme Medeiros et al. (2022), leitões submetidos a estresse térmico apresentaram maior incidência de diarreia neonatal e doenças respiratórias, com necessidade aumentada de intervenções medicamentosas. Essa fase foi a que mais apresentou temperaturas medias (Tabela 2 e 5) confortáveis durante os meses, já a UR e o ITU sempre elevados (Tabela 5 e 6).

4.4.2. Creche

Compromete a eficiência alimentar e diminui a taxa de crescimento (Almeida et al., 2024). Os suínos na fase de creche têm uma zona de conforto térmico estreita em torno de 26 °C a 30 °C no início da fase e 22°C 24°C no final da fase (Tabela 3 e 5), e variações fora dessa faixa comprometem significativamente o desempenho (Tabela 2). Segundo Lopes et al. (2023), temperaturas abaixo de 26 °C aumentam a conversão alimentar, enquanto temperaturas acima de 30 °C reduzem o consumo de ração e, consequentemente, o ganho de peso diário. O estresse térmico, principalmente por calor (Tabela 2 e 6), provoca redução na ingestão alimentar e no ganho de peso. O crescimento fica prejudicado já nas primeiras semanas pós-desmame. Estudos de Mendonça et al. (2021) mostram que leitões em ambiente com TA superior a 30 °C tiveram até 12% menos ganho de peso comparado ao grupo em ambiente controlado (Tabela 2) . Variações térmicas, associadas a alta umidade e ventilação inadequada (5 e 6), favorecem o surgimento de enterites pós-desmame. Conforme Silva et al. (2023), ambientes com ITU acima de 75 aumentam a incidência de diarreia em 30%, com maior necessidade de uso

de antimicrobianos.

4.4.3. Crescimento e Terminação

Temperaturas elevadas resultam em menor ganho de peso e pior conversão alimentar (Tabela 2 e 6). O desempenho zootécnico é severamente afetado acima de 30 °C (Lopes et al., 2023). Em temperaturas acima de 30°C, os suínos reduzem drasticamente o consumo de ração como forma de minimizar a produção de calor metabólico, o que compromete o ganho de peso e o índice de conversão alimentar.

Segundo Gonçalves et al. (2023), o ganho de peso diário pode cair até 18% quando a TA média ultrapassa 32 °C, mesmo com fornecimento ad libitum de ração e água (Tabela 3). O ITU elevado indica risco de estresse térmico severo, mesmo quando a TA isoladamente parece aceitável. De acordo com Freitas et al. (2023), o ITU acima de 75 já é suficiente para gerar aumento na frequência respiratória, letargia e menor eficiência alimentar em suínos em terminação. Durante todos os meses do ano as TA, o UR e o ITU se encontram em valores superiores aos exigidos por essas fases (Tabela 2, 5 e 6).

5. RECOMENDAÇÕES DE MANEJO

O enfrentamento do estresse térmico na suinocultura, especialmente em regiões de clima quente e úmido como o município de Pedreiras–MA, exige a adoção de estratégias de manejo ambiental e nutricional que garantam o conforto térmico e o bem-estar dos animais, além de assegurar a eficiência produtiva.

5.1. Implementação de sistemas de ventilação, resfriamento evaporativo e sombreamento

A utilização de sistemas de ventilação mecânica e natural é uma das estratégias mais eficazes para a redução da temperatura interna das instalações. Ventiladores posicionados adequadamente promovem maior troca de ar, reduzindo o acúmulo de calor no ambiente. Associado a isso, o resfriamento evaporativo, por meio de nebulizadores ou painéis evaporativos, tem demonstrado significativa eficiência na redução da temperatura interna, especialmente quando a umidade relativa do ar é controlável (Souza et al., 2023).

Além disso, a adoção de estruturas de sombreamento, tanto naturais (como arborização) quanto artificiais (como telas ou telhados termoacústicos), reduz a incidência direta da radiação solar sobre as edificações e animais, diminuindo o ganho de calor e favorecendo o conforto térmico (Ferreira et al., 2022).

5.2. Ajustes na densidade animal e formulação de dietas com maior densidade energética

A densidade animal nas instalações deve ser ajustada conforme a fase de desenvolvimento dos suínos e as condições ambientais. Em situações de estresse térmico, a redução da lotação contribui para menor produção de calor metabólico e maior dissipação de calor pelos animais, favorecendo o bem-estar (Kiefer et al., 2021).

Paralelamente, a formulação de dietas com maior densidade energética e menor teor de fibra bruta é recomendada. Dietas energéticas reduzem o tempo de permanência dos animais em alimentação ativa, diminuindo o calor metabólico gerado, enquanto a restrição de fibras reduz a produção de calor fermentativo no trato digestivo. A suplementação com aditivos como antioxidantes, eletrólitos e aminoácidos também pode ajudar a mitigar os efeitos negativos do estresse térmico (Silva et al., 2023).

5.3. Monitoramento contínuo do ITU para tomada de decisões em tempo real

O uso do ITU como ferramenta de monitoramento contínuo é essencial para a gestão eficiente do ambiente. Sensores digitais integrados a sistemas de automação permitem acompanhar em tempo real as variações climáticas internas das instalações, ativando mecanismos de ventilação, nebulização ou alarme quando os níveis críticos são atingidos (Oliveira et al., 2023).

Esse monitoramento dinâmico permite ao zootecnista e ao produtor ajustarem práticas de manejo (como horários de alimentação, movimentação dos animais e intervenções veterinárias), de acordo com a zona de conforto térmico dos suínos, otimizando a produtividade e reduzindo perdas econômicas.

6. CONCLUSÃO

Diante da análise realizada, constata-se que as condições climáticas do município de Pedreiras–MA exercem influência decisiva sobre o desempenho da suinocultura local. O diagnóstico bioclimático, com base no ITU, evidenciou que, durante grande parte do ano, os suínos são expostos a situações de estresse térmico, especialmente nas fases mais sensíveis de crescimento e terminação. A análise do ITU revela que os valores médios mensais da TA média apresentaram relativa constância ao longo do ano, variando entre 76,22 (julho) e 78,80 (novembro). Esses índices são considerados ideais apenas para a fase de leitões em maternidade, mas elevados para as demais fases de criação, como crescimento, terminação e reprodução, o que pode comprometer o bem-estar e o

desempenho dos suínos. Já os valores de ITU com base na TA máxima permaneceram elevados em todos os meses, oscilando de 83,10 (março e abril) a 86,42 (outubro), evidenciando condições críticas de estresse térmico para todas as fases produtivas da suinocultura. Por outro lado, o ITU calculado com base na TA mínima variou de 70,21 (agosto) a 72,79 (novembro), situando-se em um intervalo mais ameno, porém ainda próximo ao limite superior do conforto térmico, especialmente em meses como janeiro, outubro e dezembro. Esses dados indicam a necessidade de intervenções no ambiente de criação, principalmente nas horas mais quentes do dia, para mitigar os efeitos adversos do clima sobre o desempenho zootécnico dos animais.

A elevada temperatura ambiente aliada à umidade relativa do ar acima dos níveis ideais compromete o conforto térmico, o bem-estar animal e, por consequência, a produtividade e a rentabilidade da atividade. Nesse cenário, a atuação do zootecnista torna-se indispensável. Este profissional, por sua formação técnica e conhecimento em fisiologia animal, ambiência e manejo, é capaz de diagnosticar os impactos ambientais e propor estratégias eficazes de adequação das instalações, bem como práticas de manejo adaptadas à realidade climática local.

Além das adversidades ambientais, a suinocultura maranhense ainda enfrenta desafios estruturais, como o manejo rudimentar, a carência de infraestrutura adequada e a ausência de políticas públicas voltadas ao setor. Superar essas limitações requer a valorização do zootecnista como agente de transformação no campo, promovendo a capacitação técnica dos produtores, a adoção de tecnologias apropriadas e a modernização das unidades produtivas.

Portanto, este estudo contribui com dados climáticos históricos e análise bioclimática aplicável à realidade regional, relevantes para a melhoria da suinocultura em Pedreiras–MA, mas também reforça o papel estratégico do zootecnista na formulação de soluções sustentáveis, voltadas à eficiência produtiva, ao bem-estar animal e ao desenvolvimento socioeconômico da região Nordeste. Garantir um ambiente adequado aos animais é, acima de tudo, uma responsabilidade técnica e ética, que exige a presença de profissionais capacitados e comprometidos com a sustentabilidade da produção animal.

7. REFERÊNCIAS

- ABCS. Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. Mapping of Brazilian Pork Chain. (Mapeamento da suinocultura brasileira) Brasília: SEBRAE/ABCS, 2016. 376 p.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual 2018. 2018. 176 p. Acesso em: 24 out. 2024.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual de 2022. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/01/abpa-relatorioanual-2022.pdf>. Acesso em: 24 out. 2024.
- Almeida, RF.; Impactos do estresse térmico em leitões: uma revisão. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 53, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz>. Acesso em: 18 maio 2025.
- Almeida, E. A. Frederico, G.; Seleção genética de suínos para tolerância ao calor em regiões tropicais: estratégias para manutenção do desempenho zootécnico sob estresse térmico. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 50, n. 3, p. 1–10, 2021.
- Alves, AR.; Silva, AC. Diagnóstico bioclimático para animais de produção na região dos Cocais-MA, 2021.
- Azevedo, M. Índice de Temperatura e Umidade (ITU) como ferramenta de manejo ambiental na produção animal. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 10, n. 2, p. 45–53, 2020.
- Baêta, FC.; Souza, C. Ambiência em edificações rurais: conforto animal. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.
- Baêta, FC.; Souza, CF. Ambiência em edificações rurais: conforto animal. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269 p.
- Barros, RA. Donzele, JL.; Oliveira, RFM.; Efeitos da umidade relativa e temperatura elevada sobre o bem-estar de suínos em sistemas intensivos. Arquivos de Zootecnia e Tecnologia, v. 39, n. 1, p. 55–64, 2022.
- Brasília: MAPA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura>. Acesso em: 4 jun. 2025.
- Carvalho, JA.; Gasa J.; Casanova J.; Efeitos do estresse térmico sobre a reprodução de matrizes suínas. Revista de Agropecuária Tropical, v. 52, n. 2, p. 41-48, 2022. Disponível em: <https://revistaagrotrop.ufg.br>. Acesso em: 18 maio 2025.
- Costa, DF.; Bertoloni, W.; Ludtke, CB.; Silveira ETF.; Estratégias híbridas de climatização em instalações para suínos: avaliação de desempenho térmico e energético.

- CLIMATE-DATA.ORG. Pedreiras (Maranhão). Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/maranhao/pedreiras-42347/>. Acesso em: 01 jan. 2025.
- Embrapa. Estatísticas - Suínos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinoss-e-aves/cias/estatisticas-suinos>. Acesso em: 09 out. 2024.
- Ferreira, RA, Boof, CE.; Ambiência na suinocultura: importância do conforto térmico para o desempenho animal. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 44, e56983, 2022.
- Ferreira, RM, Cristan, J, Dubiela, JA, Sampaio, CAP, Avaliação do ambiente térmico em sistemas de produção de suínos no Brasil. *Ciência Animal Brasileira*, v. 22, e-71234, 2021.
- FORBES BRASIL. Rigor sanitário garante posição do Brasil entre os maiores exportadores de carne suína. Forbes Brasil, São Paulo, 2025. Disponível em: <https://forbes.com.br>. Acesso em: 4 jun. 2025.
- Freitas, LM. Avaliação do índice de temperatura e umidade como indicador de risco em suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v. 43, n. 2, p. 107-114, 2023. Disponível em: <https://revistas.ufla.br/engagricola>. Acesso em: 18 maio 2025.
- Gonçalves, CM. Efeitos de condições térmicas extremas em suínos de terminação. *Revista Científica de Produção Animal*, v. 25, n. 1, p. 12-21, 2023. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/vet>. Acesso em: 18 maio 2025.
- Gomes, AL.; Estratégias bioclimáticas para o conforto térmico na suinocultura: integração de técnicas e monitoramento ambiental. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, n. 7, p. 550-560, 2022.
- IBGE (org.). Censo agropecuário 2016. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>. Acesso em: 17 nov. 2024.
- Kiefer, C. Efeitos da densidade populacional e ambientes sobre o bem-estar e desempenho de suínos. *Archives of Veterinary Science*, v. 26, n. 1, p. 34–42, 2021.
- Lima, TS. Impactos do estresse térmico sobre o desempenho produtivo de suínos: uma revisão. *archives of veterinary science, curitiba*, v. 28, n. 2, p. 45-53, 2023.
- Lopes, DS. Zona de conforto térmico para suínos em crescimento. *Boletim de Pesquisa Agropecuária*, v.34, n. 1, p.22-29, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes>. Acesso em: 18 maio 2025.
- Medeiros, CM. Análise bioclimática de galpões de suínos em diferentes regiões do Brasil.

Revista Engenharia na Agricultura, v. 29, n. 2, p. 112-120, 2021.

Medeiros, CM. Bem-estar e desempenho de suínos em condições tropicais. Revista Brasileira de Medicina Veterinária, v. 44, n. 3, p. 15-22, 2022. Disponível em: <https://rbmv.org.br>. Acesso em: 18 maio 2025.

Medeiros, LFD.; Vieira, DH. Bioclimatologia animal. 1997. Disponível em: http://www.iz.ufrj.br/zootecnia_draa/biblioteca/Fernando/apostila%20I.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.

Mendonça, CL. Estresse térmico e comportamento alimentar em suínos. Veterinária e Zootecnia, v. 28, n. 3, p. 59-67, 2021. Disponível em: <https://revistas.unesp.br/veterinaria>. Acesso em: 18 maio 2025.

Meneses, JF. Produção de suínos e bem-estar animal: uma perspectiva europeia. 1999.

Mount, LE. The climatic physiology of the pig. London: Edward Arnold. 1968. p.271.

Nunes, MLA. Miranda, KOS.; Avaliação fisiológica de estresse por calor em porcas gestantes submetidas a diferentes sistemas de alojamento em cama e em piso de concreto.

Engenharia Agrícola,

v. 34, n. 1, 2016.

Oliveira, HR. Manejo ambiental na suinocultura: desafios e soluções. Revista de Zootecnia Tropical, v. 40, n. 4, p. 45-52, 2022. Disponível em: <https://www.revistazootrop.ufrj.br>. Acesso em: 18 maio 2025.

Oliveira, JR. Aplicação de simulações térmicas no projeto de instalações para suinocultura. Revista Agroambiental, v. 16, n. 3, p. 78-85, 2022.

Oliveira, LC. Tecnologias de monitoramento ambiental em granjas de suínos: avanços e aplicações práticas. Zootecnia Tropical, v. 43, n. 3, p. 112–121, 2023.

Oliveira, RFM. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e sobre parâmetros fisiológicos e hormonais de leitões consumindo dietas com diferentes níveis de energia digestível. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 26, n. 3, p. 1173-1182, 1997.

Pereira, CCJ. Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

Pereira, JCC.; Miranda, JJF. Bioclimatologia animal. Belo Horizonte: Escola de Veterinária - UFMG, 1979. 62 p.

Plano ABC+: Plano Setorial de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária.

Rodrigues, NEB. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. Revista Eletrônica Nutritime, v. 7, p. 1197-1211, 2010.

Rodrigues, AP.; Abordagens bioclimáticas aplicadas à suinocultura: capacitação técnica e

- adequação ambiental. Revista de Produção Animal Sustentável, v. 14, n. 2, p. 45-58, 2022.
- Silva, AJ. Termorregulação em suínos e os efeitos da umidade ambiental. Animal Biociência, v. 36, n. 5, p. 1011-1019, 2023. Disponível em: <https://www.animbiosci.org>. Acesso em: 18 maio 2025.
- Silva, I. J. O. Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 180-195.
- Souza, S.R.L.; NÄÄS, I.A.; Marcheto, F.G.; Salgado, D.D. [2004]. Análise das condições ambientais em sistemas de alojamento ‘freestall’ para bovinos de leite. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.8, n.2/3, 2004. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br>> Acesso em: 09 nov. 2024.
- Souza, FL. Tolon, YB.; Tecnologias de ventilação para suínos em climas tropicais. Revista Engenharia Agrícola, v. 43, n. 3, p. 127-135, 2023. Disponível em: <https://revengagri.com.br>. Acesso em: 18 maio 2025.
- Soares, KR.; Ximenes, LF. Carne Suína. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2022. p. 13. Ano 7, n. 221. (Caderno Setorial ETENE). Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1322/3/2022_CDS_221.pdf. Acesso em: nov. de 2024
- Talamini, E. Inovações tecnológicas na suinocultura brasileira: inteligência artificial e sustentabilidade. Revista de Agro informática e Produção Animal, v. 16, n. 2, p. 110–120, 2024.
- Thom, E.C. (1959). The discomfort index. Weatherwise, 60(1), 12-57.
- Wei, M.; Zhang, J.; Koerkamp, PG.; Aarnink, AJ.; Sun, C. modeling and optimal control of thermal environment in pig houses. arxiv, 2025. disponível em: <https://arxiv.org/abs/2506.00502>. acesso em: 6 jun. 2025
- Zangeronimo, M. Pereira, LP.; Efeito da nutrição na reprodução em marrãs – Revisão de literatura. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, v. 20, n. 1, p. 1-20, 2015.