

Caracterização da variabilidade climática em diferentes regiões do estado da Paraíba aplicada à produção e ao bem-estar animal

Characterization of climate variability in different regions of the state of Paraíba applied to animal production and welfare

Ariádne de Barros Carvalho¹; Jefta Ruama de Oliveira Figueiredo¹; Natália Ingrid Souto da Silva²; Rodrigo Formiga Leite¹; Talícia Maria Alves Benício³; Maycon Rodrigues da Silva¹; Nágela Maria Henrique Mascarenhas⁴; Danilo Leite Fernandes⁵; Expedito Danúsio de Souza⁵; Bonifácio Benicio de Souza^{1*}.

¹ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Patos-PB, Brasil.

² Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN, Brasil.

³ Universidade Estadual do Tocantins (UNITINS), Palmas-TO, Brasil.

⁴ Faculdade Rebouças de Campina Grande (FRCG), Campina Grande-PB, Brasil.

⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Brasil.

*Email para contato: bonifacio.ufcg@gmail.com

Resumo

Este artigo técnico tem como objetivo caracterizar a variabilidade das condições climáticas em diferentes regiões do estado da Paraíba e discutir suas implicações para a produção e o bem-estar animal. A análise foi conduzida a partir de séries históricas de dados meteorológicos obtidos em estações localizadas nos municípios de Campina Grande, Patos e São Gonçalo/Sousa, representativos das regiões do Agreste, Sertão e Alto Sertão paraibano, no período de 2009 a 2018. Foram avaliadas as variáveis temperatura do ar, umidade relativa e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU/THI), considerando três horários diários (9:00, 15:00 e 21:00 horas). Os resultados indicaram que a região de Campina Grande apresentou, de forma consistente, melhores condições de conforto térmico, enquanto as regiões de Patos e Sousa registraram valores elevados de ITU, especialmente nos períodos mais quentes do dia, caracterizando maior risco de estresse térmico. Esses achados reforçam a necessidade de planejamento ambiental e da adoção de estratégias de manejo voltadas à mitigação dos efeitos do calor nos sistemas de produção animal das regiões semiáridas do estado.

Palavras-chave: Bioclimatologia animal; Conforto térmico; Estresse térmico; Clima regional; Produção animal.

Abstract

This technical article aimed to characterize the variability of climatic conditions in different regions of the state of Paraíba, Brazil, and to discuss their implications for animal production and welfare. The analysis was based on historical series of meteorological data obtained from stations located in the municipalities of Campina Grande, Patos, and São Gonçalo/Sousa, representing the Agreste, Sertão, and Alto Sertão regions of Paraíba, respectively, from 2009 to 2018. The variables analyzed included air temperature, relative humidity, and the Temperature–Humidity Index (THI), considering three daily time points (9:00 a.m., 3:00 p.m., and 9:00 p.m.). The results indicated that the Campina Grande region consistently presented more favorable thermal comfort conditions, whereas the regions of Patos and Sousa showed high THI values, especially during the hottest periods of the day, indicating a greater risk of heat stress. These findings highlight the need for environmental planning and the adoption of management strategies aimed at mitigating the effects of heat on animal production systems in the semi-arid regions of the state.

Keywords: Animal bioclimatology; Thermal comfort; Heat stress; Regional climate; Animal production.

Introdução

As variações climáticas observadas nas últimas décadas têm se consolidado como um dos principais desafios para os sistemas produtivos agropecuários, especialmente em regiões caracterizadas por elevada variabilidade térmica e irregularidade pluviométrica. No contexto brasileiro, o Nordeste destaca-se por apresentar uma das climatologias mais complexas do mundo, marcada por contrastes espaciais e temporais acentuados na distribuição das chuvas, nas temperaturas e na umidade do ar, fatores que influenciam diretamente o desempenho produtivo e o bem-estar dos animais de produção.

O estado da Paraíba insere-se nesse cenário de elevada heterogeneidade climática, apresentando desde áreas de clima tropical úmido, próximas ao litoral, até regiões semiáridas no interior, sujeitas a longos períodos de estiagem, altas temperaturas e baixos índices de umidade relativa do ar. Essas condições ambientais impõem limitações importantes à produção animal, exigindo planejamento técnico, manejo adequado e estratégias de mitigação do estresse térmico para garantir a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

O clima exerce influência direta sobre os animais por meio da interação entre temperatura, umidade, radiação solar e ventilação, afetando os mecanismos fisiológicos responsáveis pela manutenção da homeostase térmica. Em ambientes onde as condições climáticas ultrapassam a zona de conforto térmico, os animais passam a direcionar parte significativa de sua energia para a dissipação de calor, o que pode resultar em redução do desempenho produtivo, alterações comportamentais, comprometimento do bem-estar e maior susceptibilidade a enfermidades.

Nesse contexto, o uso de índices bioclimáticos, como o Índice de Temperatura e Umidade (ITU ou THI), tem se mostrado uma ferramenta técnica relevante para a avaliação do conforto térmico animal. Esses índices permitem integrar diferentes variáveis ambientais em um único parâmetro, facilitando a interpretação das condições ambientais e subsidiando a tomada de decisões relacionadas ao manejo, à ambiência e ao planejamento dos sistemas de produção animal, sobretudo em regiões semiáridas.

A análise de séries históricas de dados meteorológicos constitui uma estratégia fundamental para a compreensão do comportamento climático regional e de suas tendências ao longo do tempo. O monitoramento sistemático de variáveis como temperatura do ar e umidade relativa possibilita identificar padrões climáticos, extremos térmicos e períodos críticos, fornecendo informações essenciais para o zoneamento climático e para a definição de aptidões agropecuárias mais seguras e sustentáveis.

Dessa forma, a caracterização da variabilidade climática em diferentes regiões do estado da Paraíba, associada à interpretação de seus efeitos sobre o conforto térmico e o bem-estar animal, apresenta-se como um instrumento técnico de grande relevância. Ao reunir e analisar dados climáticos consolidados de distintas regiões do estado, este artigo

técnico busca contribuir com informações aplicadas que auxiliem o planejamento ambiental, o manejo produtivo e a adoção de estratégias voltadas à mitigação dos impactos do estresse térmico nos sistemas de produção animal.

Diante desse contexto, o presente artigo técnico tem como objetivo caracterizar a variabilidade das condições climáticas em diferentes regiões do estado da Paraíba, a partir da análise de séries históricas de dados meteorológicos, e discutir suas implicações para a produção animal e o bem-estar animal, com ênfase no conforto térmico e na aplicação prática das informações ao planejamento e ao manejo dos sistemas produtivos.

Material e métodos

Localização geográfica e caracterização climática da região

O estado da Paraíba está localizado na região Nordeste do Brasil e possui uma área territorial de 56.372 km², correspondendo a aproximadamente 0,66% do território nacional. Situa-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18" de latitude Sul e os meridianos 34°45'54" e 38°45'45" de longitude Oeste, limitando-se ao norte com o estado do Rio Grande do Norte, a leste com o Oceano Atlântico, a oeste com o estado do Ceará e ao sul com o estado de Pernambuco.

Do ponto de vista climático, o estado apresenta clima tropical úmido na faixa litorânea, passando gradualmente para condições semiáridas no interior, caracterizadas por estiagens prolongadas e elevada irregularidade pluviométrica. A temperatura média anual varia entre 22 °C e 26 °C, podendo registrar valores mínimos em torno de 16 °C nos meses mais frios e máximos de até 38 °C nos períodos de primavera e verão, conforme descrito por Francisco (2010).

Dados utilizados e procedimentos metodológicos

O estudo foi desenvolvido com base em dados meteorológicos secundários provenientes de estações meteorológicas convencionais em operação, pertencentes à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados dados diários de

temperatura do ar e umidade relativa do ar, obtidos a partir de uma série histórica de dez anos (2009 a 2018).

Para fins de análise, foram selecionadas três estações meteorológicas localizadas em diferentes microrregiões do estado da Paraíba, representando distintos contextos climáticos: Campina Grande, pertencente à microrregião da Borborema; Patos, localizada no Sertão; e São Gonçalo (município de Sousa), inserida no Alto Sertão. As coordenadas geográficas e altitudes das estações meteorológicas utilizadas encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Os dados coletados foram organizados em planilha eletrônica, a partir da qual foram calculadas as médias das variáveis analisadas, possibilitando a caracterização climática das diferentes localidades ao longo do período estudado. As informações obtidas serviram de base para a análise comparativa das condições ambientais e para a interpretação técnica dos efeitos das variáveis climáticas sobre a produção e o bem-estar animal.

Tabela 1. Localidades incluídas no estudo e suas respectivas coordenadas geográficas

Localidades das estações	Latitude	Longitude	Altitude
	Grau min.	Grau min.	Metros
Campina Grande -PB	7° 13' 51"	35° 52' 54"	512
Patos - PB	07° 1'	37° 16'	221
São Gonçalo (Sousa – PB)	6° 46'	38° 12'	220

Resultados e discussão

Os dados meteorológicos referentes à temperatura de bulbo seco (TBS) evidenciaram diferenças entre as localidades avaliadas e entre os horários analisados, refletindo a heterogeneidade climática existente entre as regiões do estado da Paraíba. De modo geral, as menores temperaturas ocorreram no período noturno (21:00 h), enquanto os maiores valores foram observados no período da tarde (15:00 h), especialmente nas localidades situadas no Sertão e no Alto Sertão Tabela 2.

Nas cidades de Campina Grande e Sousa, as menores temperaturas foram registradas às 21:00 h, ao passo que, no período da tarde, Sousa apresentou valores elevados, próximos aos observados em Patos. Em contraste, Campina Grande manteve temperaturas mais amenas no período da tarde, comportamento associado à sua localização geográfica e às características climáticas do Agreste, relativamente mais favoráveis ao conforto térmico quando comparadas às regiões semiáridas do interior.

Tabela 2. Dados de TBS (temperatura de bulbo seco) em função do horário em três cidades do estado da Paraíba.

Estação	Horário			
	21:00 h	9:00 h	15:00 h	Média diária
Campina Grande	22,03	23,83	27,61	24,49
Patos	27,63	27,46	33,37	29,48
Sousa	26,43	27,14	33,27	28,94

No período da manhã (9:00 h), Campina Grande apresentou os menores valores de temperatura, seguida por Sousa e Patos. Considerando as variações ao longo do dia dentro de cada localidade, Patos apresentou as maiores médias diárias, compatíveis com o clima quente e seco predominante na região, condição que pode dificultar a produção animal, sobretudo em períodos de estiagem prolongada. Esse comportamento está de acordo com estudos que apontam a influência direta das condições climáticas sobre a fisiologia animal, com reflexos no desempenho produtivo e no bem-estar (NEIVA et al., 2004).

Campina Grande apresentou médias térmicas mais baixas, condição que favorece a criação animal, especialmente de raças mestiças, reconhecidas por maior capacidade de adaptação às variações térmicas diárias. Resultados semelhantes foram observados em estudos realizados no Cariri paraibano, nos quais animais mestiços mantiveram desempenho produtivo adequado em diferentes sistemas de produção (COSTA, 2018). As maiores médias de TBS no período da tarde nas estações de Patos e Sousa reforçam a necessidade de estratégias de manejo voltadas à mitigação do estresse térmico, conforme também relatado por Souza et al. (2016).

A análise da TBS ao longo da série histórica (2009–2018) mostrou que Campina Grande manteve pequenas oscilações térmicas, enquanto Patos apresentou aumento progressivo das temperaturas médias, especialmente em anos associados a períodos de estiagem, elevada insolação e maior evapotranspiração. Esse conjunto de fatores compromete o conforto térmico e pode afetar negativamente o bem-estar animal Tabela 3.

Tabela 3. Dados de TBS (temperatura de bulbo seco), ou seja, temperatura do ar em graus Centígrados em função do ano em três cidades do estado da Paraíba (Campina Grande, Patos e Sousa).

Anos observados	Temperatura do ar em °C		
	Estações meteorológicas utilizadas		
	Campina Grande	Patos	Sousa
2009	25,40	25,91	27,32
2010	24,95	27,21	28,71
2011	24,16	28,05	28,34
2012	24,41	28,97	29,81
2013	24,62	28,91	29,75
2014	24,30	28,66	28,90
2015	24,55	29,34	29,53
2016	24,68	29,86	29,67
2017	24,27	29,41	29,37
2018	24,42	28,98	28,82

Quanto à umidade relativa do ar (UR), observaram-se variações entre as localidades e os horários avaliados, com redução acentuada no período da tarde, comportamento inversamente relacionado ao aumento da temperatura do ar, especialmente em Patos e Sousa Tabelas 4 e 5.

Ao longo da série histórica, verificou-se tendência de redução da UR a partir de 2012 em todas as localidades, com maior intensidade nas regiões sertanejas. Esse cenário sugere intensificação de condições ambientais mais secas, o que pode agravar os efeitos do estresse térmico sobre os animais.

Ao longo da série histórica, verificou-se tendência de redução da UR a partir de 2012 em todas as localidades, com maior intensidade nas regiões sertanejas. Esse cenário sugere intensificação de condições ambientais mais secas, o que pode agravar os efeitos do estresse térmico sobre os animais.

Durante o período analisado, Sousa apresentou valores de UR superiores aos registrados em Patos, possivelmente em função da presença de um reservatório hídrico próximo à estação meteorológica. Ainda assim, a associação entre temperaturas elevadas e umidade pode dificultar a dissipação de calor, prejudicando o conforto térmico animal (BAÊTA; SOUZA, 2010).

Tabela 4. Dados de umidade relativa (UR %) em função do horário em função do ano em três cidades do estado da Paraíba (Campina Grande, Patos e Sousa).

Estação	Horário			Média diária
	21:00	9:00	15:00	
Campina Grande	88,17	78,93	61,50	76,19
Patos	61,72	61,63	41,32	56,68
Sousa	75,39	67,03	49,06	64,86

Tabela 5. Dados de UR (umidade relativa) em função do ano em três cidades em função do ano em três cidades do estado da Paraíba (Campina Grande, Patos e Sousa).

Anos observados	Umidade Relativa (%)		
	Estações meteorológicas utilizadas		
	Campina Grande	Patoss	Sousa
2009	79,42	66,40	67,47
2010	76,97	60,00	68,11
2011	80,29	63,03	67,70
2012	73,69	53,65	58,54
2013	75,04	53,44	62,49
2014	76,48	56,32	64,48
2015	74,83	52,97	64,33
2016	73,68	53,87	63,73
2017	75,63	52,69	64,75
2018	75,87	54,42	67,07

A avaliação integrada das variáveis climáticas por meio do Índice de Temperatura e Umidade (ITU ou THI) permitiu caracterizar de forma mais abrangente as condições de conforto térmico nas regiões estudadas. Campina Grande apresentou, de modo geral, valores mais baixos de THI, enquanto Patos e Sousa permaneceram, em grande parte do período avaliado, em faixas de alerta para a produção animal, sobretudo nos horários mais quentes do dia Tabela 6 e 7.

Esses resultados estão em consonância com estudos que apontam aumento do THI em diferentes regiões do estado da Paraíba, especialmente no Alto Sertão, reforçando os efeitos das mudanças climáticas sobre o conforto térmico animal (SILVA et al., 2015). De forma integrada, os dados indicam que as regiões sertanejas permanecem sob condições ambientais mais restritivas à produção animal, o que reforça a importância do planejamento ambiental e da adoção de estratégias de manejo voltadas à mitigação do estresse térmico, como sombreamento, adequação dos horários de manejo e melhorias na ambiência.

Tabela 6. Dados de THI (índice de temperatura e umidade) em função do horário em três cidades do estado da Paraíba (Campina Grande, Patos e Sousa).

Estação	Horário			Média diária
	21:00	9:00	15:00	
Campina Grande	71,34	73,02	76,28	73,54
Patos	76,45	76,28	81,38	77,64
Sousa	76,23	76,41	82,35	77,88

Na análise anual do THI, Campina Grande apresentou menor oscilação, enquanto Patos e Sousa registraram valores mais elevados, com destaque para Sousa em determinados anos, indicando maior exposição a condições térmicas desfavoráveis.

Tabela 7. Dados de ITU (THI) (índice de temperatura e umidade) em função do ano em três cidades do estado da Paraíba.

Anos observados	Índice de temperatura e umidade ITU (THI)		
	Estações meteorológicas utilizadas		
	Campina Grande	Patos	Sousa
2009	73,84	76,44	74,62
2010	74,20	77,47	76,45
2011	73,48	77,39	77,45
2012	73,19	78,42	77,75
2013	73,64	78,29	78,14
2014	73,32	77,52	78,06
2015	73,50	77,88	78,94
2016	73,58	78,26	79,60
2017	73,21	77,65	79,12
2018	73,45	77,14	78,75

Os dados analisados foram obtidos a partir de estações meteorológicas convencionais localizadas nos municípios de Campina Grande (Agreste), Patos (Sertão) e São Gonçalo/Sousa (Alto Sertão), representando distintos contextos climáticos do estado.

As variáveis ambientais consideradas compreenderam a temperatura do ar (temperatura de bulbo seco), a umidade relativa do ar e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU ou THI), avaliadas em três horários diários (9:00, 15:00 e 21:00 horas).

No presente artigo técnico, os resultados do estudo original foram reinterpretados sob uma perspectiva aplicada, com ênfase nas implicações das condições climáticas para a produção animal e o bem-estar animal, preservando-se o rigor científico do trabalho-base e priorizando a aplicabilidade prática das informações para o planejamento ambiental e o manejo dos sistemas produtivos.

Considerações finais

A análise das condições climáticas em diferentes regiões do estado da Paraíba evidenciou a existência de comportamentos ambientais distintos, com implicações diretas para a produção animal e o bem-estar dos animais. De modo geral, a região de Campina Grande apresentou condições térmicas mais amenas e menor variabilidade ao longo do período analisado, configurando ambiente relativamente mais favorável à criação animal quando comparada às regiões do Sertão e Alto Sertão.

As regiões de Patos e Sousa apresentaram, de forma recorrente, temperaturas mais elevadas, menores valores de umidade relativa e índices de temperatura e umidade mais altos, especialmente nos períodos mais quentes do dia. Essas condições indicam maior exposição dos animais ao estresse térmico, o que pode comprometer o desempenho produtivo e o bem-estar, sobretudo em sistemas de produção que não adotam estratégias adequadas de manejo ambiental.

Os resultados reforçam a importância do uso de informações climáticas regionais como ferramenta técnica para o planejamento e a tomada de decisão nos sistemas de produção animal. A caracterização da variabilidade climática permite identificar períodos críticos e regiões mais vulneráveis, subsidiando a adoção de medidas voltadas à mitigação

dos efeitos do calor, como o ajuste dos horários de manejo, a oferta de sombreamento, melhorias na ambiência e adequação das práticas produtivas às condições locais.

Dessa forma, a compreensão das diferenças climáticas entre as regiões do estado da Paraíba constitui um elemento fundamental para a sustentabilidade da produção animal, especialmente em cenários marcados por elevada variabilidade térmica e hídrica. O conhecimento gerado por este estudo técnico contribui para o fortalecimento do planejamento ambiental e para a promoção de sistemas produtivos mais eficientes, adaptados às condições climáticas regionais e comprometidos com o bem-estar animal.

Referências

- BAÊTA F.C.; SOUZA C. F. **Ambiência em edificações rurais - conforto animal**. Editora da UFV, Viçosa, 2010.
- CARVALHO, A. de B.; FIGUEIREDO, J. R. de O.; SILVA, N. I. S. da; LEITE, R. F.; BENÍCIO, T. M. A. et al. Variação nas condições climáticas em diferentes regiões do estado da Paraíba no período de 2009 a 2018. *Revista COOPEX*, v. 14, edição especial II, n. 3, 2023. ISSN 2177-5052.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Estações meteorológicas convencionais e automáticas**. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>>. Acesso em: 16 Out. 2019
- MARENGO, J. A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, v.1, 2011.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1979.
- SILVA, G.A., et al. Influência do aquecimento global sobre as variáveis climatológicas e índice de conforto térmico no estado da Paraíba, Brasil. **Journal of Animal Behaviour Biometeorology**, v.3, n.4, p.116-119,2015.

SILVA, G.A; SOUZA, B.B.; SILVA, E.M.N. Influência do aquecimento global sobre as variáveis climatológicas e índice de conforto térmico no estado da Paraíba, Brazil. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 3, n. 4, p. 116–119, 2015.