



**BIOCLIMATOLOGIA E BEM-ESTAR
ANIMAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**
Coletânea Científica – Artigos Completos –
Volume 4 – 2026

Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA)

ISBN 978-65-01-94881-2 | Acesso Aberto

CAPÍTULO 8

Impactos do aquecimento global sobre variáveis climatológicas, índice de conforto térmico e produção animal no estado da Paraíba

Impacts of global warming on climatological variables, thermal comfort index and animal production in the state of Paraíba, Brazil

Bonifácio Benício de Souza^{1*}; Gustavo de Assis Silva¹; Antônio Nélon Lima da Costa²; José Valmir Feitosa²; João Vinícius Barbosa Roberto¹; Fabíola Franklin de Medeiros¹; Fábio Santos do Nascimento¹; Rosangela Maria Nunes da Silva¹; Claudiney Felipe Almeida Inô¹; Ariádne de Barros Carvalho¹

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

² Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato, Ceará, Brasil.

*Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v4.2026.c08>

RESUMO

O aumento na concentração de gases poluentes, decorrente da queima de combustíveis fósseis, aliado às atividades pecuárias, tem sido apontado como uma das principais causas das mudanças climáticas globais associadas ao efeito estufa na atmosfera terrestre. Essas alterações podem

provocar impactos significativos sobre os sistemas naturais e, especialmente, sobre a produção animal em regiões tropicais. Nesse contexto, objetivou-se avaliar os efeitos do aquecimento global sobre as variáveis climatológicas, o índice de conforto térmico e a produção animal no estado da Paraíba. Para tanto, foram utilizados dados meteorológicos provenientes de quatro estações distribuídas no estado, a partir dos quais foi calculado o índice de temperatura e umidade (ITU). As médias obtidas foram analisadas com base na comparação entre o período das normais climatológicas de 30 anos (1961–1990) e o período recente (2011–2015). Os resultados evidenciaram que todas as regiões do estado vêm apresentando alterações climáticas associadas ao efeito estufa, com elevação média do ITU nos últimos anos. Esses achados indicam a necessidade de adoção de estratégias adaptativas que assegurem a sobrevivência e a produtividade animal, evitando o aumento dos custos de produção no estado da Paraíba.

Palavras-chave: clima; temperatura ambiente; produtividade.

ABSTRACT

The increase in greenhouse gas concentrations resulting from the burning of fossil fuels, combined with livestock activities, has been identified as one of the main drivers of global climate change associated with the greenhouse effect in the Earth's atmosphere. These changes may significantly affect natural systems, particularly livestock production in tropical regions. In this context, the objective of this study was to evaluate the effects of global warming on climatological variables, the thermal comfort index, and animal production in the state of Paraíba, Brazil. Meteorological data from four stations distributed across the state were used to calculate the temperature-humidity index (THI). The obtained averages were analyzed by comparing the climatological normal period of 30 years (1961–1990) with a recent period (2011–2015). The results showed that all regions of the state are experiencing climate changes associated with the greenhouse effect, with an average increase in THI in recent years. These findings highlight the need for adaptive strategies to ensure animal survival and productivity, preventing increased production costs in the state of Paraíba.

Keywords: climate; ambient temperature; productivity.

INTRODUÇÃO

A intensificação das mudanças climáticas tem sido evidenciada pelo aumento na frequência e na magnitude de eventos extremos e catástrofes ambientais, com repercussões diretas sobre os sistemas naturais e produtivos. Nesse contexto, a elevação na concentração de gases poluentes, decorrente principalmente da queima de combustíveis fósseis e das atividades agropecuárias, é reconhecida como um dos principais vetores das mudanças climáticas globais associadas ao efeito estufa na atmosfera terrestre.

O aquecimento global configura-se como um fenômeno climático caracterizado pela elevação gradual da temperatura média do planeta, resultante da interação entre fatores naturais e antropogênicos. Entre os fatores naturais, destacam-se a variabilidade da atividade solar, a composição físico-química da atmosfera, o tectonismo e o vulcanismo. Por outro lado, os fatores antrópicos estão diretamente relacionados às emissões de gases de efeito estufa, especialmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), provenientes de atividades industriais, energéticas e agropecuárias (SILVA; PAULA, 2009).

De acordo com projeções do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a temperatura média global poderá apresentar elevação significativa até o final do século XXI. No contexto brasileiro, estima-se um aumento entre 2 °C e 4 °C em relação ao período de referência (1961–1990) (MARENGO et al., 2009). Esse cenário implica maior frequência e intensidade de ondas de calor, bem como alterações nos regimes de precipitação, com eventos extremos mais intensos e períodos secos mais prolongados, especialmente em regiões semiáridas.

As mudanças climáticas globais exercem impactos diretos e indiretos sobre os sistemas naturais e socioeconômicos, tornando imprescindível a identificação de vulnerabilidades e o desenvolvimento de estratégias adaptativas (LUCENA, 2010). Nesse contexto, a produção animal assume papel de destaque, uma vez que, além de contribuir para as emissões de gases de efeito estufa, também é altamente sensível às alterações climáticas (HOFFMANN, 2010). Tais mudanças representam uma ameaça à sustentabilidade dos sistemas agropastoris, podendo comprometer a produtividade, o bem-estar animal e a viabilidade econômica da atividade (GAUGHAN et al., 2009).

Os elementos climáticos exercem influência direta e indireta sobre os sistemas de produção animal em regiões tropicais, afetando parâmetros fisiológicos, produtivos e reprodutivos dos animais. Variáveis como temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento atuam de forma integrada, podendo comprometer o desempenho produtivo e o bem-estar animal quando se encontram fora da zona de conforto térmico (CARVALHO et al., 2023).

Segundo McManus et al. (2012), o aumento do estresse térmico, aliado à maior ocorrência de secas e eventos extremos, tende a provocar efeitos adversos na produção pecuária, exigindo a adoção de estratégias de manejo e a seleção de genótipos mais adaptados às condições ambientais. Nesse sentido, a adequação entre animal e ambiente torna-se um fator determinante para a manutenção da produtividade com sustentabilidade.

Dentre as variáveis climáticas que mais influenciam a fisiologia de animais homeotérmicos, destacam-se a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar.

A interação entre temperatura e umidade relativa do ar representa um dos principais fatores limitantes à produção animal em ambientes tropicais, uma vez que dificulta os mecanismos de dissipação de calor, especialmente por vias evaporativas. Nessas condições, os animais tendem a apresentar alterações fisiológicas que impactam negativamente sua eficiência produtiva (CARVALHO et al., 2023).

A interação entre essas variáveis interfere diretamente nos mecanismos de dissipação de calor, especialmente nas perdas evaporativas, comprometendo a termorregulação e, conseqüentemente, o desempenho produtivo dos animais.

No contexto da produção animal, as variações climáticas decorrentes do aquecimento global podem resultar na redistribuição geográfica das espécies, na substituição de raças e na necessidade de adequações estruturais nas instalações zootécnicas (GAUGHAN et al., 2008). No Brasil, especialmente na região semiárida, ainda são limitados os estudos que abordam de forma integrada os efeitos do aquecimento global sobre o conforto térmico e a produção animal, evidenciando a necessidade de investigações que subsidiem estratégias de adaptação e mitigação.

Diante desse cenário, objetivou-se, com este trabalho, avaliar os efeitos do aquecimento global sobre as variáveis climatológicas e o índice de conforto térmico no estado da Paraíba, contribuindo para a compreensão dos impactos climáticos sobre a produção animal em regiões semiáridas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no estado da Paraíba, com base em dados meteorológicos obtidos junto ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram consideradas informações provenientes de quatro estações meteorológicas distribuídas em diferentes regiões do estado, localizadas nos municípios de Campina Grande (Agreste), João Pessoa (Litoral), Monteiro (Cariri) e São Gonçalo (Alto Sertão).

As variáveis ambientais analisadas foram: temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica (PP), considerando dois períodos distintos: as normais climatológicas de 30 anos (1961–1990) e o período recente (2011–2015).

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi determinado com base na equação proposta por Thom (1959), conforme apresentado a seguir:

$$\text{ITU} = \text{TA} + 0,36\text{Tpo} + 0,42$$

em que:

TA = temperatura do ar (°C);

Tpo = temperatura do ponto de orvalho (°C).

As médias das variáveis analisadas foram comparadas entre os dois períodos estudados, a fim de identificar possíveis alterações climáticas ao longo do tempo. A análise baseou-se na diferença entre os valores médios das normais climatológicas (1961–1990) e do período recente (2011–2015), permitindo a avaliação das mudanças ocorridas no estado da Paraíba em decorrência do aquecimento global associado à intensificação dos gases de efeito estufa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados apresentados na Tabela 1, observa-se aumento da temperatura do ar em todas as regiões do estado da Paraíba, evidenciado pela diferença entre as médias do período das normais climatológicas de 30 anos (1961–1990) e do período recente (2011–2015). O maior incremento térmico foi registrado no município de Monteiro, localizado na região do Cariri, enquanto o menor aumento foi observado no município de João Pessoa, na região litorânea.

Esses resultados estão em consonância com as projeções do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que indicam aumento contínuo da temperatura média do ar ao longo do século XXI (MARENGO et al., 2009).

Adicionalmente, projeções do IPCC indicam que o clima brasileiro deverá sofrer impactos significativos decorrentes do aquecimento global até o final do século. Estima-se que as regiões Sul e Sudeste possam apresentar elevação de até 0,5% na temperatura média, enquanto as regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte poderão registrar aumentos de até 1,5%. Ressalta-se que tais projeções são consideradas otimistas, uma vez que pressupõem a adoção de medidas de controle das emissões de gases de efeito estufa. Em cenários mais críticos, caracterizados pela ausência de mitigação, a elevação da temperatura poderá superar significativamente esses valores.

Como consequência do aquecimento global, observa-se o derretimento das geleiras, a elevação do nível dos oceanos, a expansão térmica da água, o aumento da quantidade de nuvens e de vapor d'água na atmosfera e, conseqüentemente, da precipitação pluviométrica, o que promove alterações nas características ambientais de diferentes regiões do planeta (XAVIER; KERR, 2004).

Segundo Marengo et al. (2009), mesmo um pequeno aumento da temperatura poderá expor a região semiárida do Nordeste brasileiro a riscos significativos, com repercussões sociais relevantes. A redução do tempo de retenção de umidade no solo, associada ao aumento da frequência e intensidade das secas e à ocorrência de eventos de precipitação mais concentrados e intensos, tende a diminuir a disponibilidade hídrica, favorecendo processos de desertificação ou sua intensificação, o que compromete ainda mais a agricultura em áreas áridas dessa região (MARENGO et al., 2009).

A umidade relativa do ar apresentou maior redução média na região litorânea (João Pessoa) e aumento no Alto Sertão (São Gonçalo). Os efeitos da umidade sobre o clima refletem-se tanto na temperatura quanto no regime de chuvas. Devido ao elevado calor específico da água, ambientes mais úmidos tendem a apresentar menor amplitude térmica, uma vez que a retenção de calor ocorre por períodos mais prolongados. Além disso, em regiões com maior umidade, o regime de precipitação tende a ser mais intenso, em função da maior frequência de saturação do ar e conseqüente condensação.

Altas temperaturas associadas à elevada umidade relativa do ar constituem fatores determinantes na redução da produtividade animal. A atuação conjunta dessas variáveis dificulta a

dissipação de calor pelos mecanismos evaporativos, como respiração e transpiração, podendo se tornar um fator limitante para a produção animal, dependendo da espécie (SOUZA et al., 2010). Em condições ambientais adversas, os animais acionam mecanismos fisiológicos de termorregulação para manutenção da temperatura corporal, direcionando energia que seria destinada à produção para processos de manutenção, o que compromete o desempenho produtivo (TOSETTO et al., 2014).

TABELA 1 - Variáveis climáticas, temperatura ambiente TA (°C) e umidade relativa do ar (UR%) do estado da Paraíba no período de 30 anos das normais meteorológicas (1961-1990) e dos anos de (2011-2015).

Regiões	Variáveis climáticas					
	TA (°C)			UR (%)		
	Períodos		Variação TA (°C)	Períodos		Variação da UR (%)
	1961-1990	2011-2015		1961-1990	2011-2015	
Agreste	22,40	24,34	1,94	74,70	76,57	1,84
Litoral	26,10	27,66	1,56	80,80	74,5	- 6,3
Cariri	23,69	26,00	2,31	62,70	60,74	- 1,96
Alto Sertão	26,50	28,65	2,15	59,80	63,28	3,48

De acordo com Baêta e Souza (2010), a umidade relativa ideal para a criação de animais domésticos varia entre 50% e 70%. Valores inferiores, especialmente nos horários mais quentes do dia, estão associados ao aumento da temperatura do ar. Quando a produção de calor metabólico excede a capacidade de dissipação para o ambiente, os animais entram em estresse térmico, acionando mecanismos fisiológicos para manutenção da homeotermia (VIANA et al., 2013). Como consequência, observa-se redução acentuada na produtividade e aumento dos prejuízos econômicos (COSTA et al., 2015).

Em relação à precipitação pluviométrica (Tabela 2), verificou-se redução na quantidade de chuvas em três regiões do estado no período recente (2011–2015), em comparação com as normais climatológicas (1961–1990), especialmente nos municípios de João Pessoa, Monteiro e São Gonçalo, representando, respectivamente, as regiões do litoral, Cariri e Alto Sertão. Na região Nordeste do Brasil, a variabilidade na distribuição e na quantidade de chuvas constitui uma característica marcante, sobretudo no semiárido, onde a precipitação é o principal fator regulador das atividades agropecuárias. O aquecimento global pode intensificar esse cenário, promovendo

aumento da concentração de vapor d'água na atmosfera, o que pode resultar em eventos de chuvas intensas e concentradas, intercalados com períodos de estiagem mais prolongados.

Nos sistemas de produção pecuária, a produtividade animal é diretamente influenciada pelas condições ambientais às quais os animais estão expostos. Em função disso, diversos índices e modelos têm sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar o impacto dos fatores ambientais sobre o conforto térmico e o desempenho produtivo (MADER et al., 2010).

TABELA 2 - Médias da precipitação pluviométrica (p) e do índice de temperatura e umidade (ITU) e a diferença entre essas variáveis com relação ao período das normais (1961-1990) e o período de (2011-2015) no estado da Paraíba.

Regiões	Variáveis climáticas					
	Precipitação (mm)			ITU		
	Períodos		Variação da precipitação	Períodos		Variação do ITU
	1961-1990	2011-2015		1961-1990	2011-2015	
Agreste	875,4	893,47	19	70,58	73,00	2,42
Litoral	2145,4	1941,35	-204	75,18	77,94	2,76
Cariri	712,5	555,6	-157	71,95	74,21	2,26
Alto Sertão	995,5	860,97	-134	77,84	77,84	3,52

O bem-estar animal pode ser avaliado por meio de diferentes índices de conforto térmico, destacando-se o índice de temperatura e umidade (ITU), proposto por Thom (1959), amplamente utilizado em estudos de ambiência animal (ROSELER et al., 1997). Esse índice integra os efeitos da temperatura do ar e da umidade relativa em um único valor, permitindo avaliar de forma mais precisa as condições ambientais às quais os animais estão submetidos.

Inicialmente desenvolvido para avaliar o conforto térmico humano, o ITU foi posteriormente adaptado para aplicação em sistemas de produção animal, especialmente em bovinos leiteiros. Observou-se, neste estudo, aumento superior a 2 pontos no ITU em todas as regiões analisadas, sendo o maior valor registrado no município de São Gonçalo (3,52), localizado no Alto Sertão. Esses resultados indicam que as condições de conforto térmico estão se tornando cada vez mais limitantes para a produção animal no estado da Paraíba, implicando a necessidade de adoção de estratégias de manejo e adequações nas instalações, a fim de minimizar os impactos do estresse térmico e manter a eficiência produtiva.

De acordo com Rosenberg et al. (1983), valores de índice de temperatura e umidade (ITU) entre 75 e 78 caracterizam uma condição de alerta para os produtores, indicando a necessidade de adoção de medidas preventivas a fim de evitar perdas produtivas. Essa condição foi observada no presente estudo para os municípios de João Pessoa (77,94) e São Gonçalo (77,84), representando, respectivamente, as regiões do litoral e do Alto Sertão paraibano. Ainda segundo os autores, valores de ITU entre 79 e 83 configuram situação de perigo, especialmente para animais mantidos em confinamento, enquanto índices iguais ou superiores a 84 indicam condição de emergência, exigindo a adoção imediata de estratégias de mitigação para evitar perdas significativas e comprometimento do bem-estar animal. Nesse contexto, a elevação do ITU observada reforça a crescente limitação imposta pelas condições climáticas à produção animal, especialmente em regiões de clima semiárido.

Na região Nordeste do Brasil, a variabilidade na distribuição e na quantidade de chuvas constitui uma característica marcante, sobretudo no semiárido, onde a ocorrência frequente de secas e estiagens prolongadas representa um dos principais desafios para as atividades agropecuárias. Nesse contexto, a precipitação pluviométrica assume papel determinante na regulação da produção animal, influenciando diretamente a disponibilidade de água e de recursos forrageiros. O aquecimento global tende a intensificar esse cenário, promovendo alterações no regime hídrico, com aumento da irregularidade das chuvas, ocorrência de eventos pluviométricos concentrados e prolongamento dos períodos de seca. Essas condições agravam a vulnerabilidade dos sistemas produtivos, comprometendo a sustentabilidade da produção animal e exigindo a adoção de estratégias adaptativas mais eficientes no semiárido nordestino.

Nos sistemas de produção pecuária, a produtividade animal é diretamente influenciada pelas condições ambientais às quais os animais estão expostos. Em função disso, diversos índices e modelos têm sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar o impacto dos fatores ambientais sobre o conforto térmico e o desempenho produtivo (MADER et al., 2010). Esses instrumentos permitem uma análise integrada das variáveis climáticas, subsidiando a tomada de decisão quanto à adoção de estratégias de manejo, ambiência e seleção genética. Dessa forma, o uso de índices bioclimáticos torna-se essencial para a otimização dos sistemas de produção, especialmente em regiões sujeitas a estresse térmico, como o semiárido brasileiro.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos evidenciam que todas as regiões do estado da Paraíba apresentam alterações consistentes nas variáveis climáticas, associadas ao aquecimento global, destacando-se o aumento da temperatura do ar, mudanças na umidade relativa e redução na precipitação pluviométrica em áreas específicas.

A elevação do índice de temperatura e umidade (ITU) no período recente indica a intensificação das condições de desconforto térmico, configurando-se como um fator limitante para a produção animal, especialmente em regiões semiáridas. Esse cenário compromete o desempenho produtivo dos animais, uma vez que há maior demanda energética para manutenção da homeotermia, resultando em menor eficiência produtiva e aumento dos custos de produção.

Diante desse contexto, torna-se fundamental a adoção de estratégias adaptativas nos sistemas de produção animal, incluindo a utilização de genótipos mais adaptados às condições climáticas, melhorias nas condições de ambiência e ajustes no manejo produtivo, com o objetivo de mitigar os efeitos do estresse térmico.

Assim, os achados deste estudo reforçam a necessidade de planejamento de sistemas produtivos mais resilientes, contribuindo para a sustentabilidade da produção animal no semiárido brasileiro frente às mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

Ao INMET, pela disponibilização de dados meteorológicos por meio do banco de dados destinado ao ensino e à pesquisa, provenientes das estações meteorológicas distribuídas pelo estado da Paraíba.

Ao CNPq e à CAPES, pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa científica no Brasil.

REFERÊNCIAS

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: Editora da UFV, 1997.

CARVALHO, A. B. et al. Influência dos elementos climáticos na produção animal nos trópicos. **Revista COOPEX**, v. 14, p. 1886-1912, 2023.

CARVALHO, A. B. et al. Variação nas condições climáticas em diferentes regiões do estado da Paraíba no período de 2009 a 2018. In: SOUZA, B. B. (Org.). **Bioclimatologia e bem-estar animal no semiárido brasileiro: coletânea científica – artigos completos**. 2025. DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v2.2025.c05>.

COSTA, D. F. et al. Influência do estresse calórico na fisiologia hormonal de bovinos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 2, p. 33-38, 2015.

GAUGHAN, J. et al. Response of domestic animals to climate challenges. In: **Biometeorology for adaptation to climate variability and change**. Dordrecht: Springer, 2009. p. 131-170.

GAUGHAN, J. B. et al. New heat load index for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 226-234, 2008.

HOFFMANN, I. Climate change and the characterization, breeding and conservation of animal genetic resources. **Animal Genetics**, v. 41, p. 32-36, 2010.

LUCENA, A. F. P. **Proposta metodológica para avaliação da vulnerabilidade às mudanças climáticas globais no setor hidroelétrico**. 2010. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MADER, T. L. et al. Comprehensive index for assessing environmental stress in livestock. **International Journal of Biometeorology**, 2010.

MARENGO, J. A. R. et al. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, v. 29, p. 2241-2255, 2009.

McMANUS, C. et al. Pecuária e mudanças climáticas. **Revista UFG**, v. 13, p. 73-82, 2012.

ROSELER, D. K. et al. Development and evaluation of equations for prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 878-893, 1997.

ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. **Microclimate: the biological environment**. New York: Wiley-Interscience, 1983.

SILVA, R. W. C.; PAULA, B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e Didática**, v. 5, p. 42-49, 2009.

SOUZA, B. B. et al. Efeito do ambiente sobre as respostas fisiológicas de caprinos Saanen e mestiços ½ Saanen + ½ Boer no semiárido paraibano. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 2, p. 47-51, 2010.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, p. 57-60, 1959.

TOSETTO, M. R. et al. Influência do macroclima e do microclima sobre o conforto térmico de vacas leiteiras. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 1, p. 6-10, 2014.

VIANA, M. P. et al. Efeito do estresse térmico sobre a fisiologia, produção e reprodução de caprinos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 4, p. 1-8, 2013.

XAVIER, M. E. R.; KERR, A. S. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 3, p. 325-349, 2004.