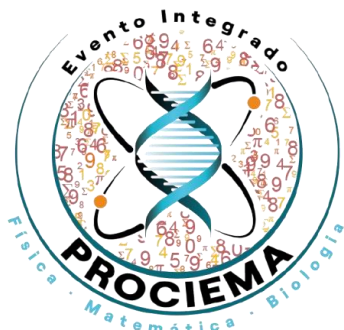




III EVENTO INTEGRADO PROCIEMA Redes da Vida, como tudo está conectado

Análise das projeções de indicadores termométricos e seus impactos no ambiente urbano de Vitória da Conquista

Eixo Temático 5: Estudos e Pesquisas em Física

Bruno Lobo Coqueiro¹, Roberto Santos de Carvalho², Lorena Lima Ferraz³

Resumo

As ações antrópicas que resultam na emissão de gases do efeito estufa na atmosfera contribuem diretamente para a intensificação do aquecimento global. Este trabalho teve como objetivo estudar a projeção dos indicadores termométricos (temperaturas máxima, mínima e média) baseados no ensemble dos modelos climáticos globais no cenário SSP2 para o período de 2015 a 2100 para o município de Vitória da Conquista utilizando a plataforma PROJENE/XHIDRO, além de quantificar a ocorrência das ondas de calor para o mesmo período. Os dados obtidos sugerem que todos os indicadores de temperaturas apresentam tendências significativas crescentes, além da ocorrência de 93 episódios de calor ao longo do período analisado. Assim, o aumento das temperaturas e a presença de ilhas de calor tornam Vitória da Conquista mais vulnerável aos eventos climáticos extremos, destacando a importância de medidas de planejamento e adaptação urbana para minimizar seus impactos sobre a população.

Palavras-chave: Ilhas de calor, Mudanças climáticas, Ondas de calor, Temperatura.

Introdução

As altas temperaturas e os longos períodos de estiagem são fenômenos presentes no nordeste brasileiro há muitos anos, especialmente em sua porção semiárida. As características climáticas da região estão associadas à sua localização tropical e à atuação de diferentes sistemas atmosféricos e oceânicos, com destaque para a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a variabilidade das temperaturas da superfície do Atlântico e os eventos associados ao

¹Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Itapetinga, Bahia, Brasil

*e-mail: brunnocoqueiro2@gmail.com

²Uninassau, Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil

*e-mail: robertoscarva@gmail.com

³Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Ciências Humanas, Educação e Linguagens, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Itapetinga, Bahia, Brasil

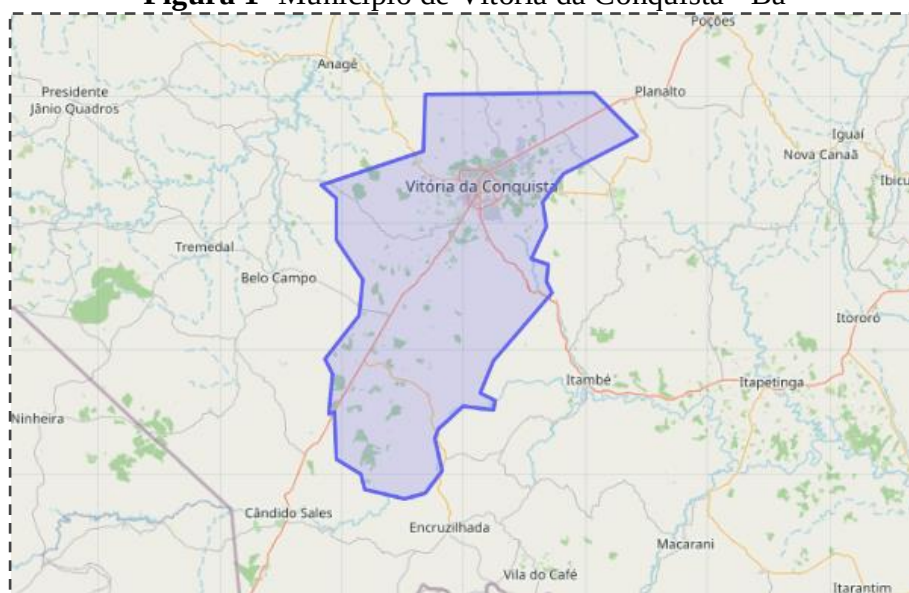
*e-mail: lorena.ferraz@uesb.edu.br

El Niño – Oscilação Sul (ENSO), além da influência das características do relevo e da circulação atmosférica regional (Marengo *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2020). Historicamente, as secas constituem um dos principais fenômenos climáticos extremos do nordeste brasileiro, apresentando importantes impactos sobre os recursos hídricos, a agricultura e os ecossistemas (Marengo *et al.*, 2018).

Com o advento da revolução industrial iniciado no século XVIII que resultou no aumento progressivo das emissões dos gases do efeito estufa na atmosfera devido, entre outros fatores, às queimas de combustíveis fósseis, o sistema climático global passou a sofrer um processo de aquecimento antropogênico (Wallace; Hobbs, 2006). Nesse contexto, o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC AR6) aponta aumento das temperaturas e das temperaturas extremas no nordeste da América do Sul, bem como, o aumento dos períodos de secas. Para as próximas décadas, as projeções indicam redução da precipitação média, aumento da aridez e maior severidade das secas na região, associados principalmente ao aumento das temperaturas e da demanda evaporativa atmosférica (IPCC, 2023; Marengo; Bernasconi, 2015).

Situado a 509 km da capital Salvador, o município de Vitória da Conquista - BA (Figura 1) apresenta altitude elevada (923 metros acima do nível do mar) que influencia nas condições climáticas locais, resultando em temperaturas geralmente mais amenas quando comparadas a outras áreas do semiárido baiano. O município apresenta elevada importância regional, constituindo um dos principais centros urbanos e econômicos do interior da Bahia, com atividades relacionadas aos setores de serviços, comércio e agropecuária (PMVC, 2025).

Figura 1- Município de Vitória da Conquista - Ba



Fonte: XHIDRO (2026)

O desenvolvimento deste estudo justifica-se pela importância em compreender o comportamento dos indicadores de temperatura para o município de Vitória da Conquista - Bahia, no nordeste do Brasil. Assim, este estudo permite identificar possíveis tendências climáticas, auxiliando no planejamento de estratégias, adaptação e gestão dos recursos naturais diante dos cenários de mudanças climáticas.

O objetivo desse trabalho é analisar o comportamento da projeção de indicadores termométricos para o período de 2015 a 2100 no cenário intermediário SSP2 - 4,5 do IPCC para o município de Vitória da Conquista - Bahia, bem como quantificar as possíveis ocorrências de ondas de calor para o mesmo período, discutindo seus impactos nos aspectos urbanos e socioeconômicos do município.

Método

Para o alcance do objetivo proposto, foram utilizados dados disponibilizados pela plataforma PROJENE/XHIDRO. Inicialmente, foi selecionada a variável termométrica de interesse (temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média); o cenário climático intermediário SSP2; o ensemble, correspondente à média dos diferentes modelos climáticos disponibilizados pela plataforma; e o período de análise, compreendido entre 2015 e 2100. Os dados obtidos abrangem o intervalo de 1º de janeiro de 2015 a 31 de dezembro de 2100, com agregação temporal diária. Após preenchimento dos dados iniciais, a plataforma disponibilizou a série temporal, além dos gráficos da série anual e os resultados do teste de tendência de Mann-Kendall.

O teste de Mann-Kendall é um método estatístico não paramétrico utilizado para identificar tendências monotônicas em séries temporais. Como resultados, obtêm-se o p-valor, que indica a significância estatística da tendência; o Z, que expressa a direção e a intensidade do teste, sendo positivo para tendência crescente e negativo para decrescente; e o tau de Kendall (τ), que mede a força e a direção da associação monotônica entre as variáveis. A inclinação de Sen (Sen slope), por sua vez, estima a magnitude dessa tendência, indicando, neste estudo, a variação média da temperatura por ano ao longo do período, expressa em graus Celsius por ano ($^{\circ}\text{C}/\text{ano}$).

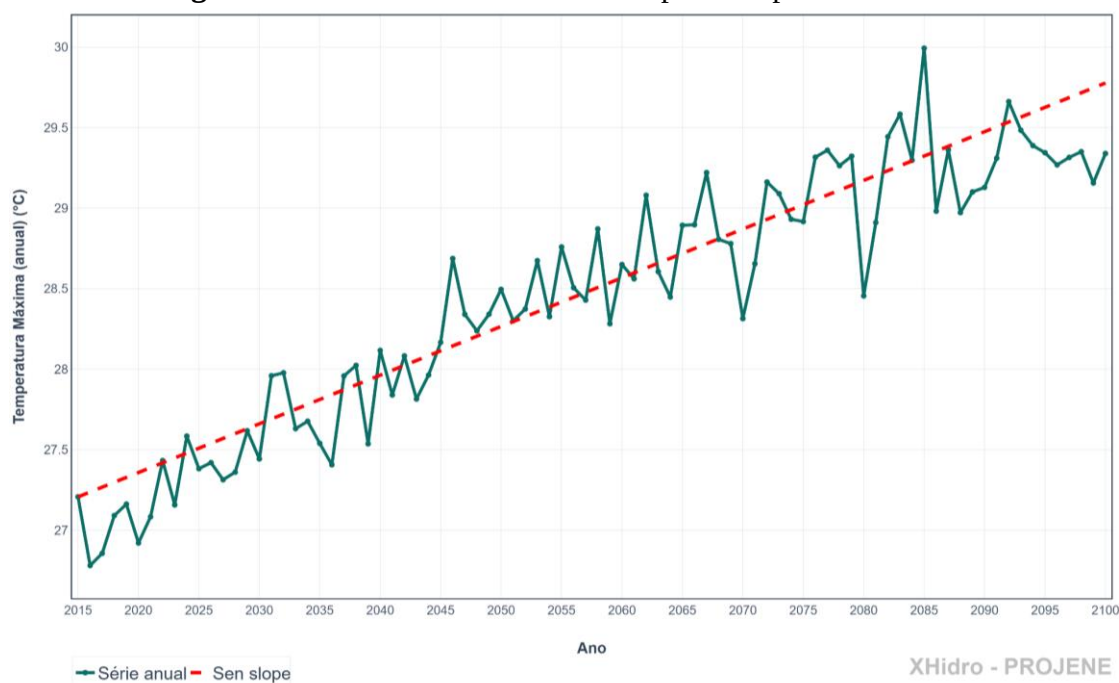
Para quantificar os eventos de ondas de calor para o período, foi calculado o percentil 95 (P95) da série de temperatura máxima e identificados os dias em que esse valor foi ultrapassado. Em seguida, foram agrupados os dias consecutivos acima do P95, sendo consideradas ondas de calor apenas as sequências com cinco ou mais dias consecutivos. Cada sequência que atendesse a esse critério foi contabilizada como uma onda de calor.



Resultados

Os resultados obtidos são apresentados a seguir, contemplando as séries anuais e tendências para a temperatura máxima (Figura 2), a temperatura mínima (Figura 3) e a temperatura média (Figura 4).

Figura 2- Série anual + tendência Sen para temperatura máxima



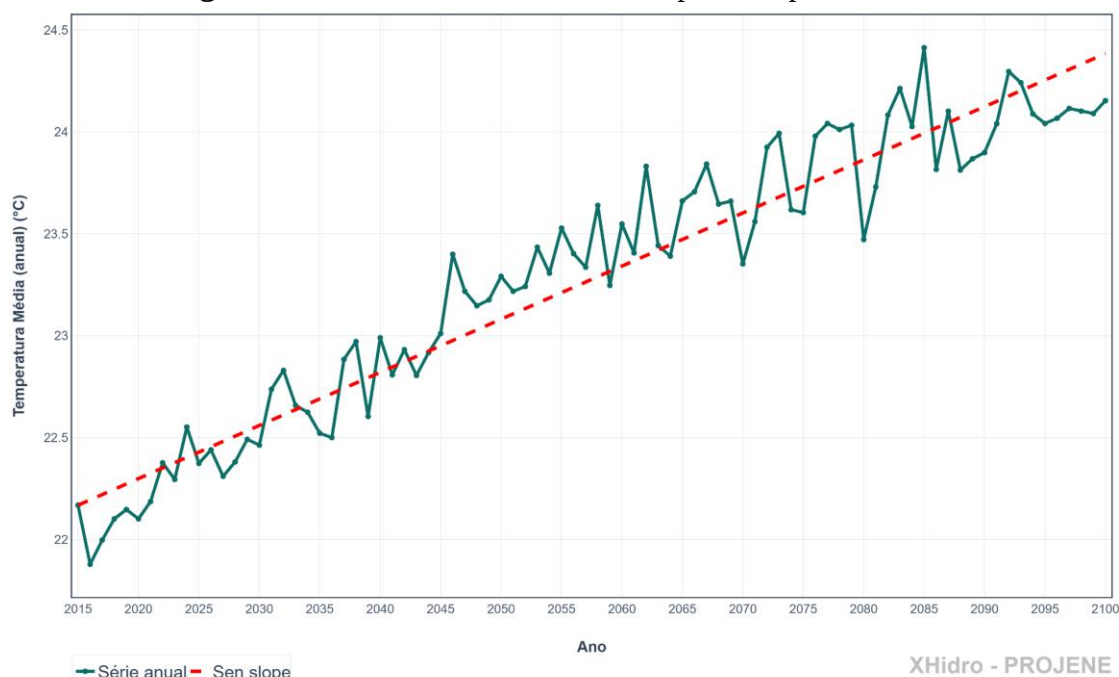
Fonte: XHIDRO (2026)

Figura 3 - Série anual + tendência Sen para temperatura mínima



Fonte: XHIDRO (2026)

Figura 4 - Série anual + tendência Sen para temperatura média



Fonte: XHIDRO (2026)

Na Tabela 1 foram apresentados os resultados estatísticos do teste de tendência de Mann-Kendall para os indicadores termométricos estudados.

Tabela 1 - Teste de tendência (Mann-Kendall) para os indicadores termométricos

Indicador	p-valor	Z	Tau	Inclinação de Sen	Resultado
Temperatura máxima	< 0,001	10,85	0,80	0,030 °C/ano	Tendência significativa crescente
Temperatura mínima	< 0,001	11,85	0,87	0,022 °C/ano	Tendência significativa crescente
Temperatura média	< 0,001	11,53	0,85	0,026 °C/ano	Tendência significativa crescente

Fonte: XHIDRO (2026)

Por fim, após a análise da série temporal da temperatura máxima, verificou-se que o percentil 95 para o período analisado foi de 31,41 °C. O P95 representa o valor de temperatura que é superior a aproximadamente 95% dos valores registrados na série, sendo utilizado como referência para identificar temperaturas excepcionalmente elevadas. A partir desse limiar, foram identificados 93 eventos de ondas de calor, correspondentes a sequências de cinco ou mais dias consecutivos em que a temperatura máxima excedeu 31,41 °C.

Discussão

Analisando a tendência dos indicadores termométricos para o período de 2015 a 2100 para o município de Vitória da Conquista, observou-se que todos os indicadores apresentaram tendência estatisticamente significativa de aumento ($p < 0,001$) para o cenário intermediário SSP2, isto é, um cenário futuro projetado em que os fatores socioeconômicos se mantêm sem alterações significativas, com mudanças lentas para um mundo sustentável.

No entanto, embora haja convergência para o aumento das temperaturas nos três indicadores, verifica-se que as magnitudes das tendências obtidas pela inclinação de Sen são diferentes. Enquanto a temperatura máxima apresentou a maior taxa de aquecimento ($0,030\text{ }^{\circ}\text{C}$ por ano), a mínima apresentou a menor ($0,022\text{ }^{\circ}\text{C}$ por ano). A temperatura média, por sua vez, apresentou uma taxa de aumento intermediário de $0,026\text{ }^{\circ}\text{C}$ por ano.

O elemento estatístico Tau da análise de Mann-Kendall apresentou, nos três casos, valores superiores ou igual a 0,80, indicando uma forte tendência constante e contínua de aquecimento ao longo do período estudado. Além disso, apesar de a temperatura mínima apresentar a menor taxa de aquecimento, ela apresenta o maior valor de tau (0,87), indicando maior consistência na tendência de aquecimento quando comparada aos outros dois indicadores.

Além disso, no que diz respeito às ondas de calor para o período em questão, foram identificados 93 episódios em que a temperatura máxima excedeu o percentil 95 do período de $31,41\text{ }^{\circ}\text{C}$ por pelo menos cinco dias consecutivos. Isso evidencia que os episódios de calor não foram eventos isolados, mas ocorreram de forma recorrente durante o período analisado.

Embora o aumento significativo das temperaturas não indique necessariamente a ocorrência de ondas de calor, o estudo da frequência das ondas de calor demonstra uma persistência de dias acima da temperatura do P95, que projeta a ocorrência de eventos termométricos extremos, conforme esperado pelos modelos climáticos globais que apontam para o aumento da frequência de eventos de calor extremo em um cenário de aquecimento do sistema climático.

Impactos urbanos

O aumento das temperaturas gera diversos impactos sociais e urbanos. Cidades que não dispõem de um planejamento urbano e infraestrutura adequados às condições de calor extremo estão mais suscetíveis aos efeitos negativos desse fenômeno. Em Vitória da Conquista, município objeto de estudo deste trabalho, é notável a ausência de um planejamento urbano

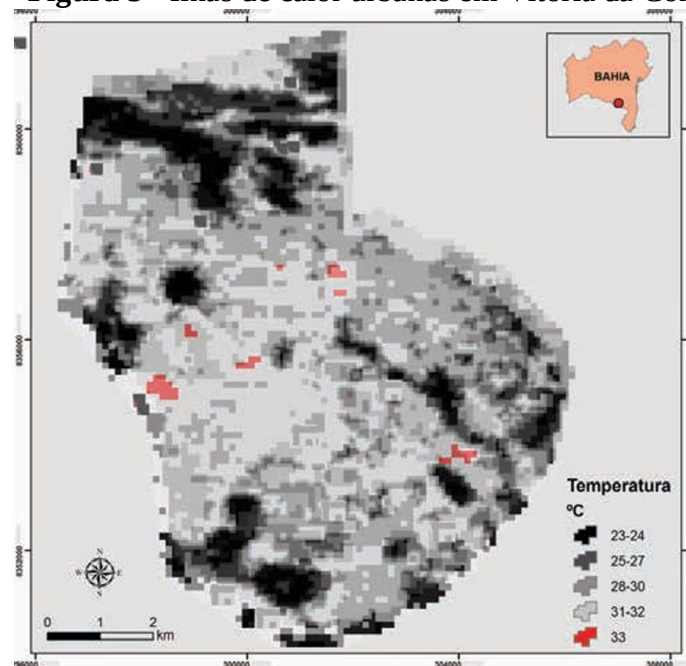


voltado à adaptação às altas temperaturas, tornando-a vulnerável aos impactos decorrentes do aquecimento futuro, caso medidas de mitigação e adaptação não sejam implementadas.

Além dos fatores naturais que influenciam o aumento da temperatura, existem também os fatores antropogênicos, isto é, aqueles decorrentes das atividades humanas que intensificam o aquecimento e contribuem para a formação de ilhas de calor na zona urbana. Entre eles, destacam-se a impermeabilização do solo, a redução da cobertura vegetal, a elevada verticalização das edificações, a emissão de gases de efeito estufa e a expansão urbana desordenada.

Em um estudo realizado por Silva e colaboradores (2017), foram observados sete pontos de temperatura elevada no perímetro urbano de Vitória da Conquista, considerando tais pontos como ilhas de calor urbanas (ICUs) representadas na Figura 5.

Figura 5 - Ilhas de calor urbanas em Vitória da Conquista



Fonte: Silva *et al.* (2017)

As ilhas de calor foram identificadas em alguns bairros, entre eles: Centro, Recreio, Brasil, Candeias e Bateias. Nessas áreas, observou-se características que favoreceram o aumento da temperatura local, como a escassez de áreas verdes, a elevada impermeabilização e pavimentação do solo e o intenso fluxo de veículos. No bairro Candeias, embora exista uma quantidade relativamente significativa de áreas desocupadas, em grande parte devido à presença de terrenos não edificadas, também foram identificadas ilhas de calor. Nesse caso, o fenômeno está associado principalmente ao intenso fluxo de veículos e à elevada verticalização das edificações, fatores que dificultam a dissipação do calor. Em conjunto, esses elementos

contribuem para a retenção de calor e para a intensificação do fenômeno das ilhas de calor urbanas.

Diante da perspectiva de aumento das temperaturas e da maior frequência de ondas de calor, torna-se necessária a implementação de políticas públicas voltadas ao planejamento e à adaptação da infraestrutura urbana, de modo a aumentar a resiliência da cidade frente aos eventos de calor extremo. Essas medidas são fundamentais para garantir o bem-estar, a saúde e a qualidade de vida da população, tanto no presente quanto nas próximas décadas.

Conclusão

Com o aumento da emissão de gases do efeito estufa na atmosfera devido às ações antrópicas, as projeções climáticas apontam para uma instabilidade do sistema climático e, consequentemente, para o aumento das temperaturas para a região nordeste do Brasil. Este estudo teve, portanto, o objetivo de verificar a tendência das temperaturas máxima, mínima e média para a cidade de Vitória da Conquista para o período de 2015 a 2100, bem como quantificar a ocorrência de ondas de calor para o município. Verificou-se, portanto, uma tendência significativa de aumento para todos os indicadores, além de contabilizar 93 eventos de ondas de calor. O aumento das temperaturas reforça a ocorrência de ilhas de calor na zona urbana de Vitória da Conquista, evidenciando a necessidade de políticas de planejamento e adaptação climática para reduzir os impactos do calor extremo e promover a qualidade de vida da população.

Por fim, como perspectiva para estudos futuros, recomenda-se a análise da distribuição temporal dos 93 episódios de calor extremo identificados ao longo da série histórica a fim de verificar se os eventos apresentam comportamento homogêneo ao longo do período ou se sua ocorrência está concentrada em determinados anos, décadas ou períodos sazonais, além disso, buscar determinar se a duração desses eventos aumentará ao longo do período.

Referências

MARENGO, J. A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. **Climatic change**, [s. l.], v. 129, p. 103-115, 2015.

MARENGO, J. A. *et al.*. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s. l.], v. 90, n. 2, p. 1973–1985, ago. 2018.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). **Mudança do clima 2023: Relatório síntese**. Genebra: IPCC, 2023.



PROEX
Pró-Reitoria de Extensão
e Assuntos Comunitários



CCFIS
Colégio de Física

CCMAT
Colegiado de Matemática
Vitória da Conquista



PEREIRA, M. P. S. *et al.* Brazilian Dry Forest (Caatinga) Response To Multiple ENSO: the role of Atlantic and Pacific Ocean. **Science of the Total Environment**, v. 705, 135717, 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA DA CONQUISTA. **A cidade**. Vitória da Conquista, BA, [2025]. Disponível em: <https://www.pmvc.ba.gov.br/>. Acesso em: 7 ago. 2026.

SILVA, Kaique Brito *et al.* Ilhas de calor em Vitória da Conquista - Ba: Identificação e propostas para criação de áreas verdes. **Revista de Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 10, n. 3, p. 825-847, jul./set. 2017.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. **Atmospheric science**: an introductory survey. 2. ed. [S. l.]: University of Washington, 2006.



PROEX
Pró-Reitoria de Extensão
e Assuntos Comunitários



CCFIS
Colegiado de Física

CCMAT
Colegiado de Matemática
Vitória da Conquista

