

Artigo

Temperaturas do ar *versus* uso e ocupação do solo: análises para o Município de Cajazeiras-PB de 1990 a 2020

  TEOBALDO GABRIEL DE SOUZA JÚNIOR
Instituto Federal da Paraíba – Cajazeiras
teobaldo.souza@ifpb.edu.br

Boletim Paulista de Geografia
Nº: 113
Ano: 2025

  DAISY BESERRA LUCENA
Universidade Federal da Paraíba
daisy.beserra.lucena@academico.ufpb.br

  RAFAELLA DE LIMA ROQUE
Instituto Federal da Paraíba – Cajazeiras
rafaella.roque@ifpb.edu.br

SOUZA JÚNIOR, Teobaldo Gabriel de. LUCENA, Dayse Beserra. ROQUE, Rafaella de Lima. Temperaturas do ar *versus* uso e ocupação do solo: Análises para o Município de Cajazeiras-PB de 1990 a 2020. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 1, n. 113, p. 190–220, 2025. <https://doi.org/10.61636/bpg.v1i113.3523>.

Recebido em: 10 de junho de 2024

Aceito para publicação em: 17 de fevereiro de 2025



Este trabalho está licenciado com uma Licença [Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional](#).

Temperaturas do ar *versus* uso e ocupação do solo: Análises para o Município de Cajazeiras-PB de 1990 a 2020

Resumo

A pesquisa investiga as relações existentes entre as temperaturas do ar e o uso e ocupação do solo, no limite municipal de Cajazeiras-PB. Foram utilizados os valores mensais das temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas do TerraClimate, considerando o período de estudo, que está compreendido entre janeiro de 1990 e dezembro de 2020. Para a comparação com uso e ocupação, foram usadas as informações provenientes do MapBiomas. Na validação dos dados do TerraClimate, recorreu-se aos registros de oito estações do INMET próximas à área de estudo, as quais apontaram que esta fonte, quando empregada para as análises das temperaturas em maiores escalas, é confiável. As principais métricas estatísticas utilizadas, ao nível de $\alpha = 0,05$, foram: Coeficiente de Determinação (R^2); Coeficiente de Correlação de Spearman (ρ); e teste de Mann-Kendall (τ). Os resultados indicaram que, de acordo com a resposta da técnica τ , não é possível afirmar, categoricamente, que as mudanças na superfície de Cajazeiras já estão ocasionando um significativo aumento das suas temperaturas do ar. Entretanto, houve mudanças notáveis na cobertura do solo na área de estudo e um alto grau de significância foi encontrado na correlação ρ entre temperaturas e uso e ocupação do solo. Essas correlações foram positivas para as classes “Urbanização” e “Agricultura”, e negativas para a classe “Vegetação”, destacando a importância da preservação de áreas naturais para manutenção das condições térmicas locais.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas; Estatísticas de Correlação; Séries Temporais; Geoprocessamento.

Air temperatures *versus* land use and occupation: Analyses for the Municipality of Cajazeiras-PB from 1990 to 2020

Abstract

The research investigates the relationships between air temperatures and land use and occupation within the municipal boundaries of Cajazeiras-PB. Monthly values of maximum, mean, and minimum temperatures obtained from TerraClimate were used, considering the study period from January 1990 to December 2020. For comparison with land use and occupation, data from MapBiomas were employed. To validate the TerraClimate data, records from eight INMET stations near the study area were consulted, indicating that this source is reliable when used for temperature analyses on larger scales. The main statistical metrics employed, at a significance level of $\alpha = 0.05$, were: Coefficient of Determination (R^2), Spearman's Correlation Coefficient (ρ), and the Mann-Kendall test (τ). The results indicated that, according to the τ technique, it is not possible to categorically affirm that changes in the surface of Cajazeiras are already causing a significant increase in air temperatures. However, notable changes in land cover have occurred in the study area, and a high degree of significance was found in the ρ correlation between temperatures and land use and occupation. These correlations were positive for the “Urbanization” and “Agriculture” classes and negative for the “Vegetation” class, highlighting the importance of preserving natural areas in maintaining local thermal conditions.

Keywords: Climate Change; Correlation Statistics; Time Series; Geoprocessing.

Temperaturas del aire *versus* uso y ocupación del suelo: Análisis para el Municipio de Cajazeiras-PB de 1990 a 2020

Resumen

La investigación analiza las relaciones entre las temperaturas del aire y el uso y ocupación del suelo dentro de los límites municipales de Cajazeiras-PB. Se utilizaron los valores mensuales de las temperaturas máximas, medias y mínimas obtenidos de TerraClimate, considerando el período de estudio comprendido entre enero de 1990 y diciembre de 2020. Para la comparación con el uso y ocupación del suelo, se emplearon datos de MapBiomas. Para validar los datos de TerraClimate, se consultaron registros de ocho estaciones del INMET cercanas a la zona de estudio, las cuales indicaron que esta fuente es fiable cuando se utiliza para análisis de

temperatura a escalas más amplias. Las principales métricas estadísticas empleadas, con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, fueron: Coeficiente de Determinación (R^2), Coeficiente de Correlación de Spearman (ρ) y la prueba de Mann-Kendall (τ). Los resultados indicaron que, según la técnica τ , no es posible afirmar categóricamente que los cambios en la superficie de Cajazeiras ya estén provocando un aumento significativo de sus temperaturas del aire. No obstante, se han producido cambios notables en la cobertura del suelo en la zona de estudio y se encontró un alto grado de significancia en la correlación ρ entre temperaturas y uso y ocupación del suelo. Estas correlaciones fueron positivas para las clases de “Urbanización” y “Agricultura”, y negativas para la clase de “Vegetación”, lo que resalta la importancia de preservar las áreas naturales para mantener las condiciones térmicas locales.

Palavras-chave: Cambio Climático; Estadísticas de Correlación; Series Temporales; Geoprocessamento.

Introdução

Deslindar o clima e as interações dos seus muitos componentes se tornou aspiração dos seres humanos tão logo esta espécie tomou consciência da interdependência entre as diversas modificações que provoca no meio natural e as condições climatológicas (Mendonça; Danni-Oliveira, 2009).

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2009, p. 11), o conhecimento a respeito dos fenômenos climáticos poderia alçar as sociedades do status de meros expectadores à “condição de utilitários e manipuladores dos mesmos em diferentes escalas”.

Assim, ao passo que foi se apropriando do conhecimento a respeito do clima e outros fenômenos físicos e, com isso, operando rápidas intervenções na natureza, a humanidade também desencadeou um processo de degradação que imprimiu (e ainda imprime) grandes mudanças no meio, de tal sorte que este período passou a ser denominado, por alguns membros da comunidade científica, como antropoceno (Artaxo, 2014).

Uma das grandes preocupações atuais é, justamente, sobre os impactos das ações antrópicas no clima global. Desta forma, embora existam discussões aprofundadas acerca da perspectiva antinômica do binômio natureza-humanidade (Lima, 2015), e que não seja uma unanimidade o entendimento de que as atividades da sociedade atual seriam capazes de afetar em tal nível escalar o clima (Maruyama, 2009; Steinke, 2012), outros documentos científicos representativos, como o sexto relatório-AR6 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), reiteram categoricamente que é a humanidade que vem induzindo, de forma inequívoca, mudanças que são claramente discerníveis daquelas impostas de forma natural, pelo ambiente.

Referido relatório AR6 do IPCC (2022) reporta, por exemplo, que as temperaturas do planeta estão aumentando a partir de indícios como: declínios no gelo do Mar Ártico e outras geleiras; descongelamento do *permafrost*; aumento na frequência e gravidade dos extremos quentes,

acompanhada da diminuição dos extremos frios; e redução da água disponível nas estações secas, juntamente com um aumento na ocorrência de condições meteorológicas que promovem chuvas torrenciais ou incêndios florestais.

Portanto, ao se considerar o clima como um sistema (Bertalanffy, 2010) em que as suas partes componentes interagem em fluxo contínuo da maior para a menor escala e vice-versa (Bai *et al.*, 2017); que esse sistema não é fechado, uma vez que recebe parte da imensa energia emanada do Sol (Latouche, 2009); e que, em última instância de análise, é regido por essa energia oriunda do astro referido (Margulis, 2020), é importante destacar que as influências de origem antropogênicas mais relevantes no interior do sistema climático são: emissão de grandes quantidades dos Gases do Efeito Estufa (GEEs) e as alterações na utilização dos solos, como a urbanização e a agricultura (Kalnay; Cai, 2003).

Dessa forma, as interferências humanas no sistema climático ocorrem de diversas maneiras, sendo particularmente intensas nas áreas urbanas e, nesse contexto, destaca-se um conjunto de modificações ambientais que resultam em alterações significativas no clima dessas regiões haja vista que a retirada da vegetação nativa, a impermeabilização do solo, a canalização e mudança no curso dos rios, o aterramento de lagoas, as modificações gerais do relevo, os materiais utilizados na construção civil, o aglomerado de pessoas e de processos industriais, a produção de resíduos variados, além da queima de combustíveis fósseis para geração de energia elétrica ou para uso nos meios de transporte são responsáveis por criar condições climáticas específicas, fato denominado por Monteiro (1976) como Sistema Clima Urbano (S.C.U.).

Em vista disso, os ambientes citadinos são capazes de gerar as denominadas ilhas de calor, isto é, áreas que apresentam elevadas temperatura em relação aos locais rurais circundantes com altitudes, exposição de vertentes e outras características similares (Ferreira, 2019).

Concebido desde a década de 1940 (Stewart; Oke, 2012), “ilha de calor” trata-se de um termo ainda em construção (Fialho, 2012; Ferreira, 2019) e, em que pese já ter sido relacionado à quantidade de habitantes residentes em uma vila, cidade ou metrópole (Oke, 1973), é atualmente sabido que, independente do seu tamanho ou especificidade climática, qualquer aglomerado urbano é passível da geração deste fenômeno (Roth, 2007; Ferreira, 2019; Teixeira, 2019; Amorim, 2020).

Enquanto isso, nas áreas rurais, as alterações antrópicas se referem inicialmente ao desmatamento, visto que, dentre os elementos fisiográficos, a cobertura vegetal nativa é a mais vulnerável e a primeira a ser modificada seja para o emprego como matérias primas (Silva, 2002) ou para o uso do

sol (Pereira, 2010), ocasionando queimadas (*in situ* ou, *a posteriori*, com a utilização da lenha e do carvão) que liberam, na forma de gás, o carbono presente na madeira das árvores as quais, quando vivas, se comportam como sumidouro de dióxido de carbono (Margulis, 2020; Gomes *et al.*, 2021).

Além disso, a retirada da vegetação também altera o balanço de energia, considerando que é reduzido o calor latente utilizado nos seus processos fisiológicos, ao passo que se amplia o calor sensível o qual, por não mudar os corpos de estado físico, é revertido no aumento das temperaturas. Destarte, independentemente do tipo de clima, as formações vegetais exercem uma forte influência para a redução e absorção do calor, sobretudo, durante o dia (Roth, 2007).

Por conseguinte, considerando o uso e ocupação do solo como um dos fatores preponderantes na regulação climática, especialmente no que concerne às temperaturas, é que o presente estudo buscou realizar investigação referente a tal temática. Como área de estudo escolheu-se o Município de Cajazeiras-PB, frente à sua importância local, enquanto o recorte temporal, por suas informações já bastante consolidadas, engloba o período que vai do ano de 1990 ao ano de 2020.

Os principais questionamentos que norteiam o trabalho são: Vem ocorrendo mudanças no uso e cobertura do solo de Cajazeiras?; Qual o nível de correlação existente entre uso e cobertura do solo e os dados de temperaturas do ar no Município aludido?; É possível afirmar que estão acontecendo mudanças significativas nas temperaturas do ar de Cajazeiras, impulsionadas por possíveis alterações na cobertura do solo?

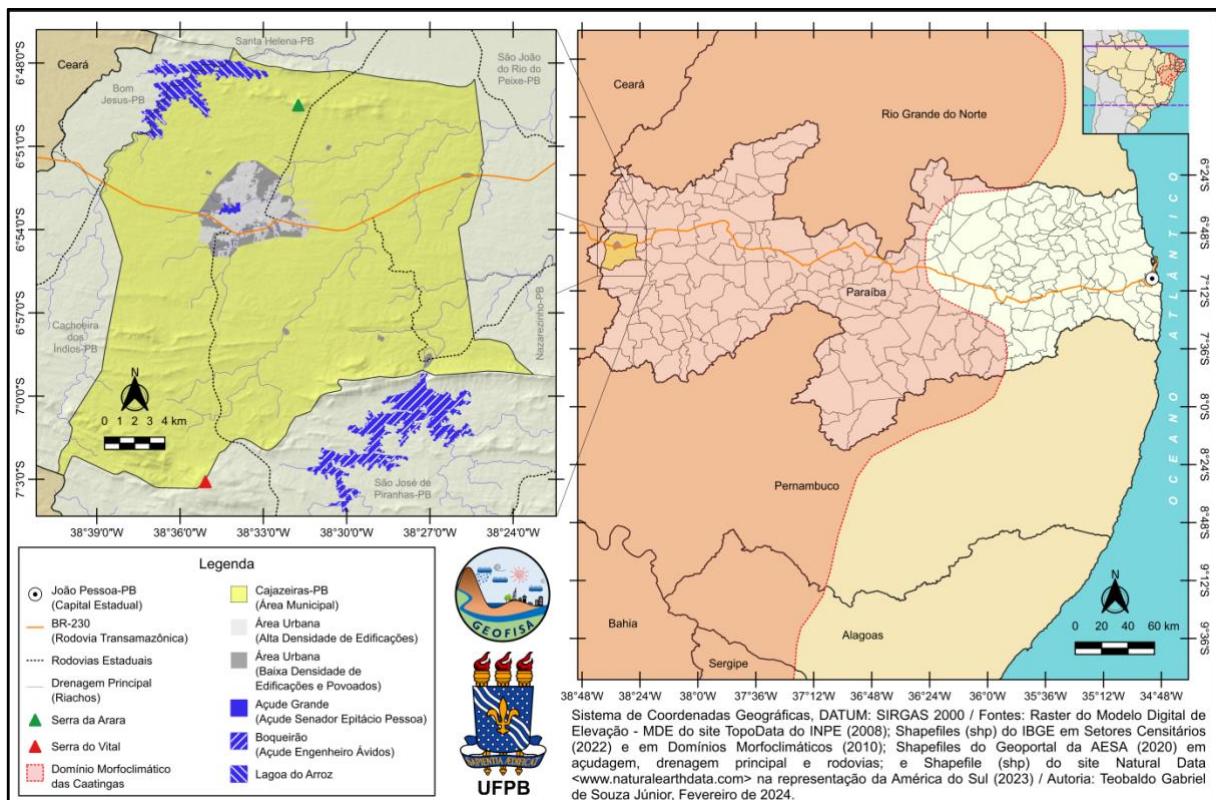
Assim, o objetivo geral da investigação foi identificar se a dinâmica da cobertura da superfície do Município de Cajazeiras-PB influenciou nas suas temperaturas do ar. Deste modo, a contribuição central da pesquisa é fomentar nos leitores uma reflexão que possa levar ao aprimoramento das formas de uso e ocupação da terra, particularmente no semiárido.

Área de estudo

Cajazeiras é um importante Município do interior nordestino situado no extremo oeste da Paraíba que dista, aproximadamente, 465 km da capital estadual, João Pessoa (Figura 1). Conta com uma área de 562,703 km² e sua população total é, conforme o recenseamento de 2022, da ordem de 63.239 habitantes (IBGE, 2024), sendo que, pouco mais de 80% destes, residem nas zonas urbanizadas, as quais compreendem a sede administrativa e os pequenos distritos de Divinópolis e Engenheiro Ávidos (Cajazeiras-PB, 2023).

Inserida nos pares de coordenadas geográficas: $6^{\circ} 47' 27,36''S$ e $38^{\circ} 40' 25,65''W$; $6^{\circ} 47' 27,36''S$ e $38^{\circ} 23' 15,78''W$; $7^{\circ} 03' 19,50''S$ e $38^{\circ} 23' 15,78''W$; e $7^{\circ} 03' 19,50''S$ e $38^{\circ} 40' 25,65''W$, Cajazeiras possui, conforme o Modelo Digital de Elevação-MDE, fornecido pelo site TopoData (INPE, 2008), as seguintes cotas de altitude: mínima de 245,91 m; máxima de 746,24 m; e média de 334,90 m.

Figura 1: Localização do Município de Cajazeiras-PB



Fontes: INPE (2008); IBGE (2010), (2022); AESA (2020); Natural Earth Data (2023). Elaboração dos autores (2024).

Pela classificação climática mapeada e codificada por Wanderley e Nóbrega (2022), o clima de Cajazeiras se encaixa no tipo “tropical semiúmido do nordeste setentrional”, o qual é marcado por uma alternância expressiva de atuação de tipos de tempo seco, condicionados pela massa tropical atlântica continentalizada (mTac) e, em menor frequência, dos tipos de tempo úmidos, condicionados pelas massas tropical atlântica (mTa) e equatorial atlântica (mEa).

O período chuvoso do Município concentra-se nos meses iniciais do ano, sobretudo, entre janeiro e maio (Francisco; Santos, 2017), sendo as médias pluviométricas acumuladas anualmente da ordem de 900 mm (AESA, 2020).

A Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, uma espécie de “cinturão” climático de baixa pressão, que se forma próximo ao equador é, conforme aponta Saraiva (2023), a principal responsável por organizar sistemas de chuvas na região tropical, incluindo o semiárido nordestino, onde Cajazeiras está localizada, entretanto, Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis - VCANs, também podem causar

chuvas irregulares, especialmente durante o verão; assim como instabilidades de origem local - como a convecção associada ao aquecimento diurno - e, Oscilações do Atlântico Tropical - que podem intensificar ou reduzir a atuação da ZCIT - também influenciam no fenômeno das precipitações.

Consoante a classificação morfoclimática de Ab'Sáber (1971), que reúne grandes combinações de fatos geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, pedológicos e botânicos, Cajazeiras está sob o Domínio das Caatingas, cujas formações predominantes são as depressões intermontanas e interplanálticas semiáridas.

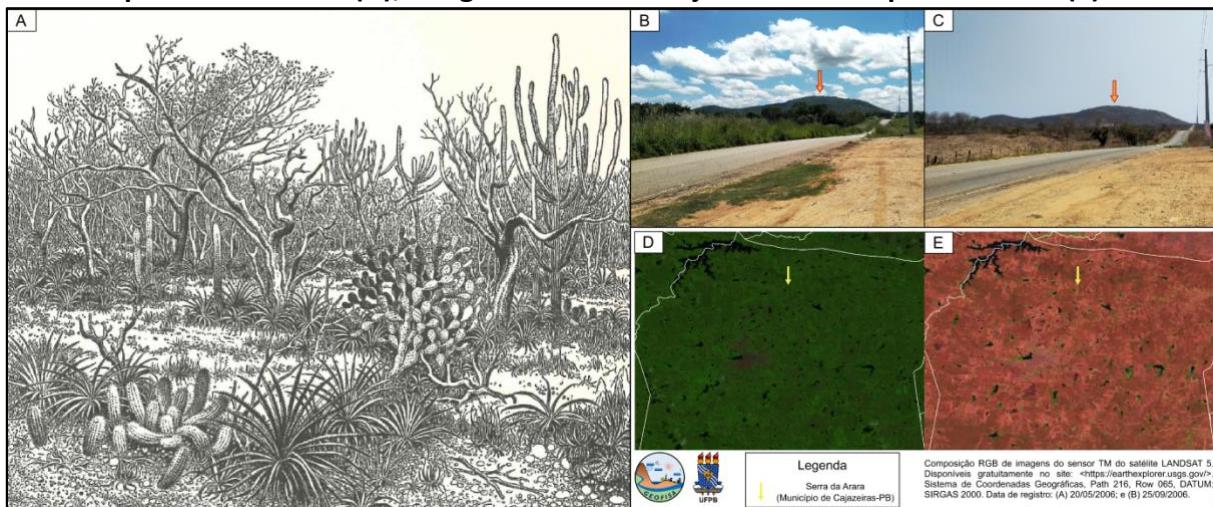
A vegetação de Caatinga (Figura 2A), responsável por nomear o domínio já citado, se subdivide em quatro tipos fitofisionômicos: Caatinga arbórea, arbustiva, mata seca e cerrado (Associação Caatinga, [s.d.]). Considerando que nos períodos mais secos a Caatinga perde folhagem e adquire aspecto acinzentado (EMBRAPA, 2016), as Figuras 2B e 2C mostram, respectivamente, imagens comparativas do período chuvoso e de estiagem do ano de 2023, na Serra da Arara, localizada em Cajazeiras e que, conforme dados do MapBiomas (2022), ainda se encontra relativamente preservada; já as Figuras 2D e 2E, demonstram, através de imagens orbitais de parcela mais ao Norte do território do Município, o aspecto contrastante de sua vegetação, nos mesmos períodos.

Informações obtidas diretamente dos arquivos “Mapas em Shapefile”, do Instituto Nacional do Semiárido (INSA, 2023) dão conta de que, em Cajazeiras, predomina a Caatinga arbustiva, com porções de Caatinga arbórea, mormente, a sudoeste da sua zona central.

No que diz respeito à população, ao considerar apenas o aspecto numérico, Cajazeiras se classifica como município de pequeno porte por conter menos de 100 mil habitantes, segundo a categorização atribuída pelo IBGE (2017). Além disso, trata-se de um ente federativo com alto grau de urbanização que, no quesito populacional, ocupa a oitava posição entre os 223 municípios da Paraíba (IBGE, 2024).

Nesse sentido, e acompanhando a tendência dos mais expressivos municípios brasileiros (Pinheiro, 2007), Cajazeiras experimentou, desde a década de 1960, considerável aumento da sua população total (Tabela 1) que, à época, representava 39.104 pessoas e teve um incremento de 61,72%, conforme apontaram os dados mais recentes do IBGE (2024).

Figura 2: Gravura de Percy Lau representando a vegetação de Caatinga (A); Serra da Arara no período chuvoso (B); Serra da Arara no período seco (C); Imagem orbital de Cajazeiras-PB no período chuvoso (D); Imagem orbital de Cajazeiras-PB no período seco (E)



Fontes: (A) Ab'Sáber (2007, p. 33); (B e C) arquivos dos autores (2023); (D e E) Registros do satélite LANDSAT 5, disponibilizados pelo USGS (2006). Elaboração dos autores (2024).

Tabela 1: Evolução da População do Município de Cajazeiras-PB

População/Ano	1960	1970	1980	1991	2000	2010	2022
Urbana	15.884	24.935	31.566	38.329	41.964	47.501	*
Rural	23.220	16.758	14.882	12.944	12.751	10.945	*
Total	39.104	41.693	46.448	51.273	54.715	58.446	63.239

Fontes: Souza Júnior *et al.* (2021); IBGE (2024). Elaboração dos autores (2024). *Não divulgado pelo IBGE.

Face ao exposto, conforme a Lei Estadual Complementar nº 107 de 8 de junho de 2012 (PARAÍBA, 2012), Cajazeiras foi tornada polo de uma das 12 (doze) Regiões Metropolitanas (RMs) da Paraíba e, em termos de economia e de somatório de população das RMs, é a quinta mais expressiva do Estado ficando atrás, respectivamente, de: João Pessoa, Campina Grande, Patos e Sousa (Mendes *et al.*, 2012).

Consequentemente, Cajazeiras se transformou em centro local de economia dinâmica que, por seu comércio, prestações de serviços educacionais e outras atividades, atrai, além da circunvizinhança, pessoas vindas dos Estados próximos, notadamente do Rio Grande do Norte, Pernambuco e, sobretudo, Ceará (Souza Júnior *et al.*, 2024), situação que pressiona a demanda por recursos naturais e promove a alteração do seu quadro superficial, fato que, além da degradação ambiental inerente, é capaz de impulsionar mudanças em seu clima (Martins *et al.*, 2022; Saraiva; Caracristi, 2022).

Assim, embora por razões históricas, na Região Nordeste do Brasil, tenha sido privilegiado o monitoramento pluviométrico (Souza Júnior; Lucena; Roque, 2024), a temperatura é outro importante elemento que merece atenção (Ayoade, 1996), ainda mais em um contexto de

mudanças climáticas em que o semiárido encontra-se sob o risco da desertificação (Sá *et al.*, 2010), sem falar das questões voltadas à saúde (Ribeiro; Pesqueiro; Coelho, 2016) e ao conforto térmico (Shinzato; Duarte, 2018).

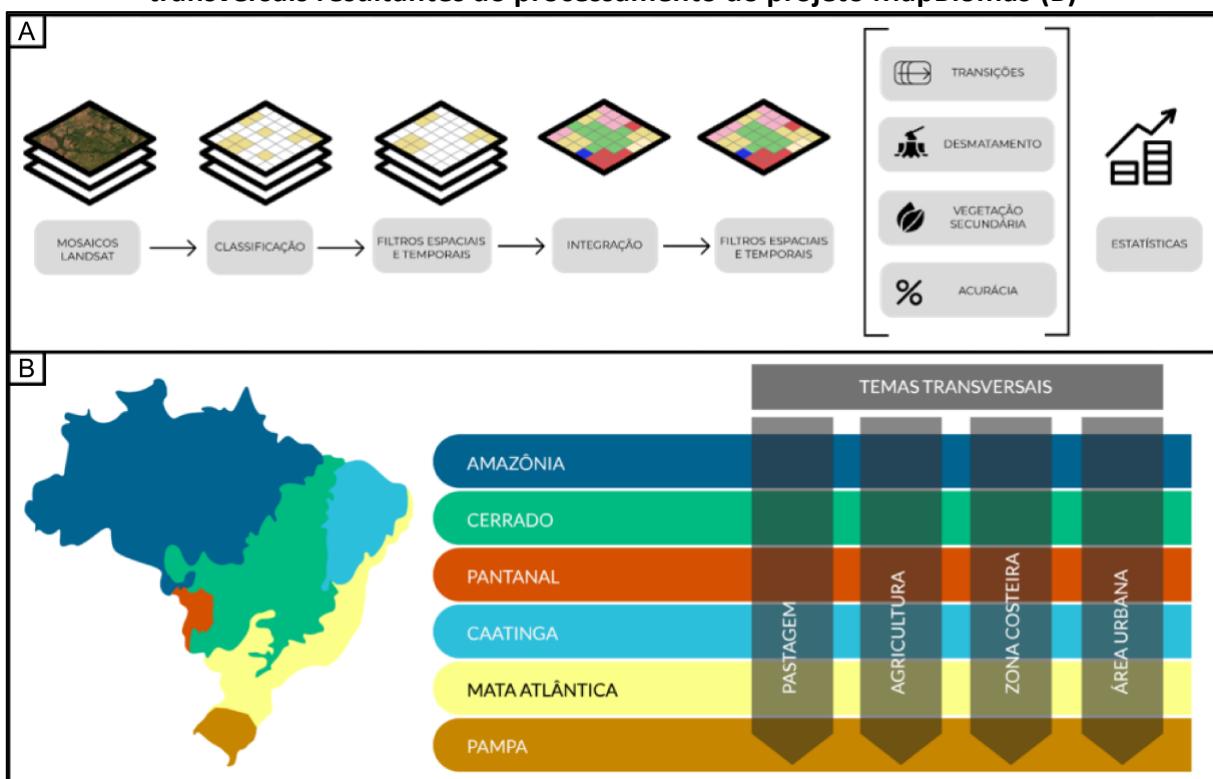
Dados e técnicas empregadas

Neste estudo, para o uso e ocupação do solo, os dados utilizados foram obtidos a partir dos arquivos *rasters* (matriciais), disponibilizados gratuitamente pelo projeto MapBiomas (Souza Júnior *et al.*, 2020). Referidos arquivos foram gerados a partir do processamento das coleções de imagens multiespectrais dos satélites LANDSAT (Figura 3A) e trazem *pixels* com resolução espacial de 900 m² (30 m x 30 m) de área que representam, ano a ano, os tipos de cobertura em todo o território brasileiro.

O MapBiomas apresenta diversas classificações e temas transversais (Figura 3B), no entanto, para este manuscrito, lançando mão de procedimentos técnicos análogos aos de Souza Júnior *et al.* (2024), os arquivos *rasters* originais foram trabalhados e reagrupados dentro da área de interesse para apresentar quatro grandes classes: “Agropecuária”, “Água”, “Urbanização” e “Vegetação”.

No que se refere aos dados de temperaturas do ar, é importante ressaltar, antes de tudo, a dificuldade de se encontrar registros de longos períodos de tempo, em grande escala e sem falhas, de muitas áreas de interesse específico a serem estudadas. Assim sendo, foram utilizados, nas técnicas aqui empreendidas, os dados mensais fornecidos pelo projeto TerraClimate (Abatzoglou *et al.*, 2018).

Figura 3: Metodologia simplificada do processamento de dados do MapBiomas (A); Temas transversais resultantes do processamento do projeto MapBiomas (B)

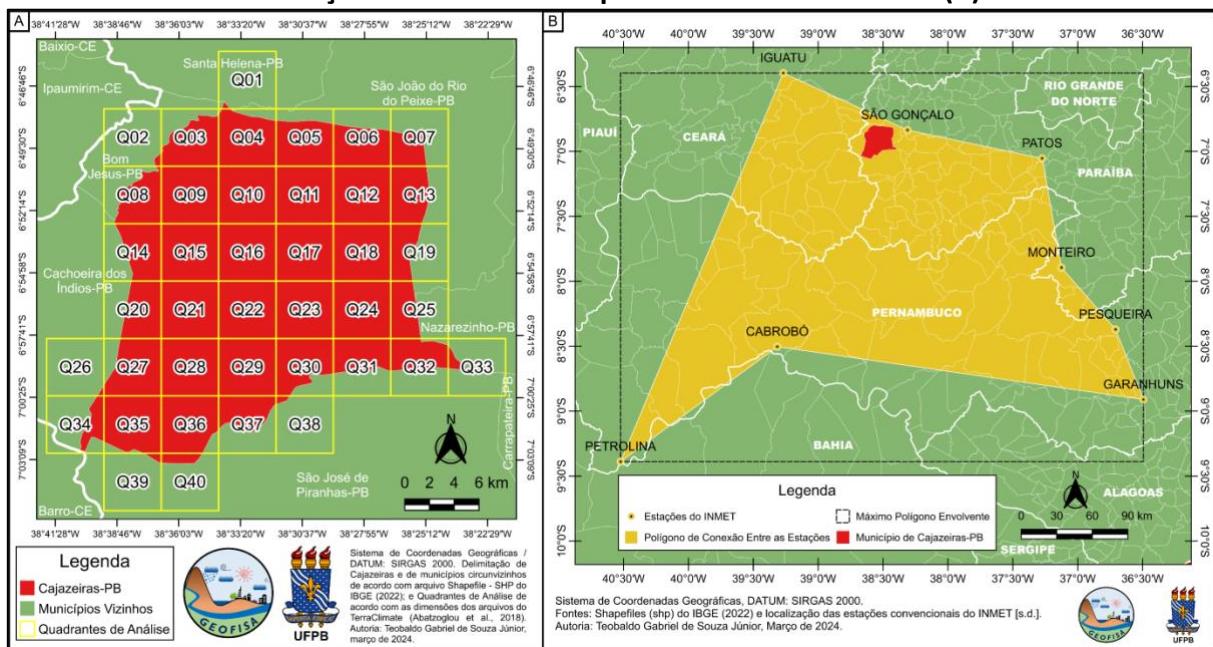


Fonte: MapBiomas, [s.d.].

Os arquivos *rasters* do TerraClimate, também livremente disponibilizados na *internet*, representam áreas de, aproximadamente, 21,5 km² (~ 4.638,3 m x ~ 4.638,3 m) e são gerados a partir de combinações entre técnicas estatísticas de dados medidos e registros realizados por meio de Sensoriamento Remoto, para estimar as temperaturas máximas e mínimas ao redor do planeta. Conforme detalha a Figura 4A, foram necessários 40 quadrantes (nomeados de Q01 a Q40) para analisar integralmente o Município de Cajazeiras.

É possível observar na Figura 4A que, para contemplar toda a área desejada na pesquisa, alguns quadrantes tocaram, em geral, pequenas áreas de todos os municípios adjacentes. A fim de não haver perda de informações, estas parcelas não foram descartadas haja vista estarem dentro do contexto de um *continuum* espacial, portanto, a extensão final total analisada foi de pouco mais de 860 km², ou seja, em torno de 53% além da dimensão original do limite alvo.

Figura 4: Quadrantes de análise das temperaturas do ar e da ocupação do solo no Município de Cajazeiras-PB (A); Polígono de cobertura das oito estações selecionadas do INMET para validação de dados de temperatura do TerraClimate (B)



Fontes: (A) IBGE (2022) e TerraClimate (2024); (B) IBGE (2022) e INMET [s.d.]. Elaboração dos autores (2024).

A partir disso, foram cruzadas as informações registradas nos 40 quadrantes apresentados, com os percentuais das áreas das classes de uso da terra ocupados, bem como as respectivas alterações ocorridas em tais classes no interstício 1990-2020. Deste modo, foi empregada técnica similar à de Souza Júnior *et al.* (2024), ampliando a escala e o número de amostras, em relação ao trabalho citado.

Para a validação dos dados de temperaturas, utilizou-se de oito estações do INMET (Figura 4B) referentes ao estudo de Souza Júnior, Lucena e Roque (2024), a saber: Iguatu (82686), no Ceará; São Gonçalo (82689), Patos (82791) e Monteiro (82792), na Paraíba; e Pesqueira (82892), Garanhuns (82893), Cabrobó (82886) e Petrolina (82983), no Pernambuco, cujas quais, de acordo com a investigação citada, guardam boa correlação.

A quantidade de observações mensais esperadas em cada estação, dentro período estudado (de 1990 a 2020), seria de 372 (12 meses x 31 anos), para os registros das temperaturas máximas, médias e mínimas. Entretanto, como também reportado por Souza Júnior, Lucena e Roque (2024), todas as estações apresentaram falhas que, de maneira global, foram da ordem de 26,52%.

Em vista disso, com o propósito de se obter máxima fidedignidade na validação entre: dados medidos pelas estações e valores estimados pelo TerraClimate, todos os meses que apresentaram falhas (em qualquer uma das estações e para qualquer nível dos registros sejam eles máximos,

médios ou mínimos) foram retirados. Ou seja, somente foram utilizadas, para fins dos testes desta fase, as medidas das estações nas datas em que, para os oito pontos houvesse, concomitantemente, os devidos registros. A filtragem em questão resultou em 101 observações.

Na sequência, para fins de comparação, foram coletados os valores dos pixels do TerraClimate coincidentes com as localizações das estações e os valores nelas medidos simultaneamente nas datas sem falhas. Desta maneira, dispostos em sequência, chegou-se a 808 pares de dados a serem comparados nas temperaturas máximas, médias e mínimas.

Salienta-se que, embora o TerraClimate não disponibilize arquivos *rasters* com estimativas para as temperaturas médias, estas foram obtidas por meio da simples operação de soma dos valores máximos com os valores mínimos, dividindo-se os respectivos resultados por dois. Portanto, além das máximas e mínimas, obteve-se, virtualmente, os resultados médios mensais.

Em posse dos dados efetivamente medidos nas estações (INMET, [s.d.]) e os estimados pelo TerraClimate, foram aplicadas as técnicas do Coeficiente de Determinação (R^2) e do Coeficiente de Correlação de Spearman (ρ).

O ρ foi aplicado, ainda, em outras duas ocasiões: 1 - na geração de uma matriz de correlação para demonstrar a influência da variação das cotas de altitudes, nos valores das estimativas das temperaturas para a área de Cajazeiras-PB; e, 2 - em uma nova matriz de correlação entre uso e ocupação do solo deste Município e os seus dados anuais das temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas por intermédio do TerraClimate.

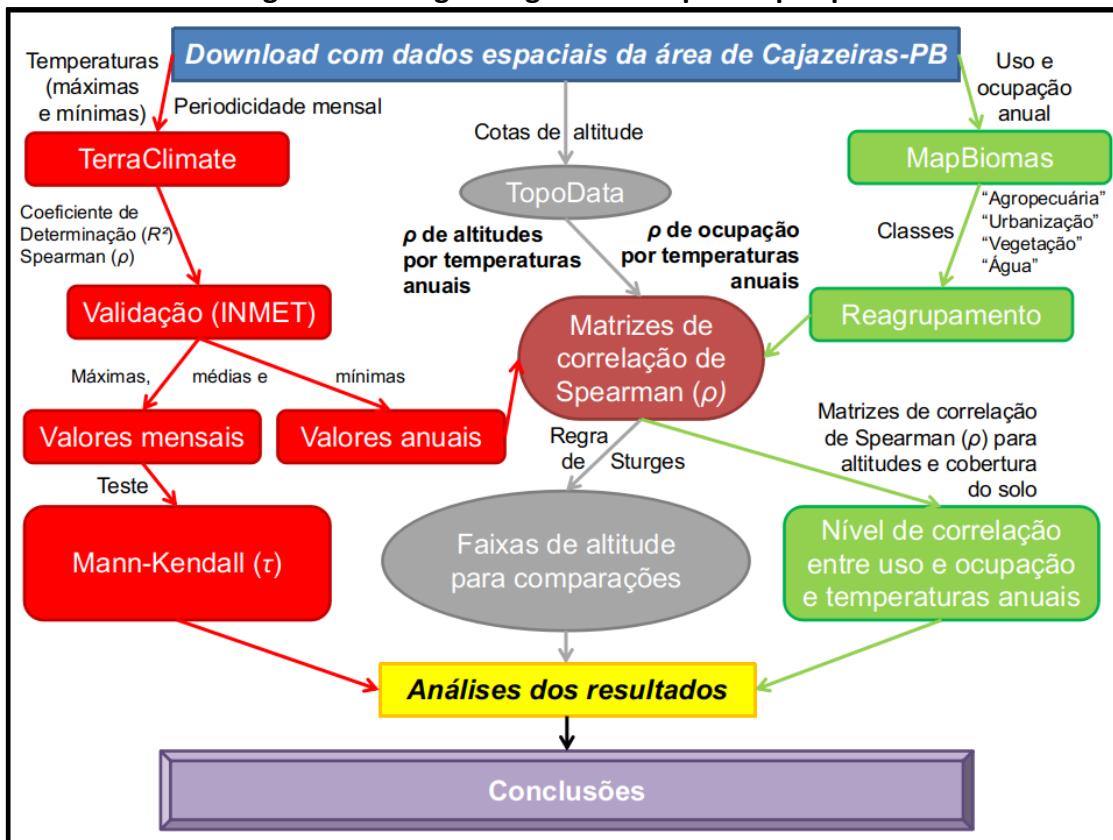
A matriz de correlação ρ de “altitudes médias *versus* temperaturas” justificou a determinação de classes para a geração de agrupamentos entre os quadrantes de Q01 a Q40, seguindo-se a técnica de Sturges, de forma que se chegasse a dados comparáveis.

Após a aplicação dos testes iniciais e, uma vez validadas as estimativas de temperaturas máximas, médias e mínimas mensais obtidas a partir do TerraClimate, foi procedida a aplicação do teste de Mann-Kendall (τ).

O referido teste é aplicado em séries temporais com a finalidade de comparar todos os dados observados entre si e determinar se estes se mantiveram homogêneos ou se ocorreu variação positiva ou negativa dentro da série.

Todas as análises estatísticas citadas foram submetidas aos testes de hipóteses considerando o nível de significância a 5%, ou seja, $\alpha = 0,05$ e assim, diante das etapas descritas, pode-se dizer que a pesquisa seguiu o fluxo predefinido, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5: Fluxograma geral de etapas da pesquisa



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

O segmento vermelho da Figura 5 indica os passos atinentes aos dados de temperatura; o fluxo cinza envolve os dados de altitude; e a coluna verde indica o processamento da cobertura do solo. Ao centro a geração das matrizes de correlação de ρ associando dados de “altitude” com os de “temperaturas” e também “uso e ocupação” com as “temperaturas”.

É importante destacar que, além de todas as informações utilizadas nesta investigação estarem disponíveis gratuitamente na *internet*, os *softwares* empregados na sua operacionalização são de natureza *open source*, com licença de uso e também de distribuição gratuitas.

Na tabulação e organização em geral, empregou-se o Planilha Calc, versão 6.4.7.2, pertencente ao pacote de aplicações do LibreOffice (2020); para as análises espaciais, tratamento dos dados georreferenciados, geração de mapas e figuras geográficas foi utilizado o QGIS, versão 3.10.14 - A Coruña LTR (2021); e, por fim, todas as análises estatísticas dos dados coletados, tabulados e organizados foram realizados com o auxílio da linguagem R *Statistical* (R Development Core Team,

2018), cujos pacotes de aplicação contém as fórmulas e realizam os cálculos de acordo com as métricas escolhidas.

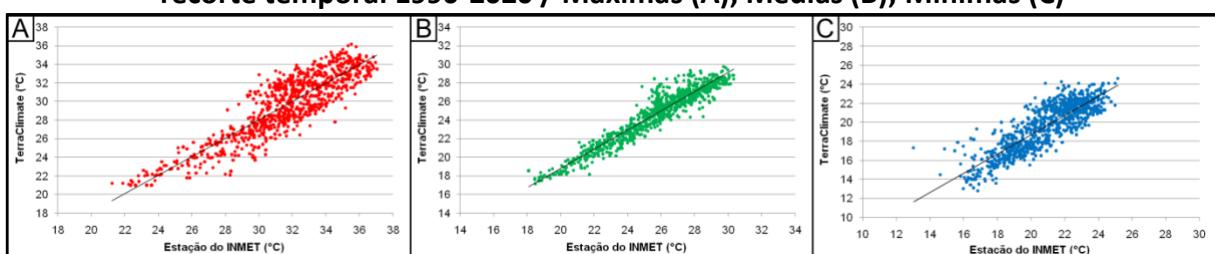
Análises dos resultados

Esta é a seção operacional da pesquisa e se dedica a explicar as minúcias realizadas pela investigação proposta. Para tanto se subdivide nas seções: “temperaturas”, cujo objetivo é explicar como se validaram tais dados e como se deu o seu emprego no trabalho; “uso e ocupação”, que trata das averiguações das modificações da superfície ocorridas na área de estudo; e, “associações entre as temperaturas e uso e ocupação”, que relaciona a variabilidade das temperaturas à dinâmica das mudanças da superfície do Município de Cajazeiras-PB.

Temperaturas

Os gráficos de dispersão das temperaturas gerados entre os valores medidos nas oito estações meteorológicas (INMET, [s.d.]) selecionadas para a validação da modelagem dos dados do TerraClimate, estão representados na Figura 6. Já os resultados dos testes R^2 e ρ realizados, estão sumarizados no Quadro 1.

Figura 6: Gráfico de dispersão entre temperaturas medidas e temperaturas estimadas para o recorte temporal 1990-2020 / Máximas (A); Médias (B); Mínimas (C)



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Quadro 1: Resultados dos testes estatísticos de validação das temperaturas estimadas

	Máximas	Médias	Mínimas
Observações	808	808	808
R^2	0,774	0,903	0,772
ρ	0,879	0,950	0,850

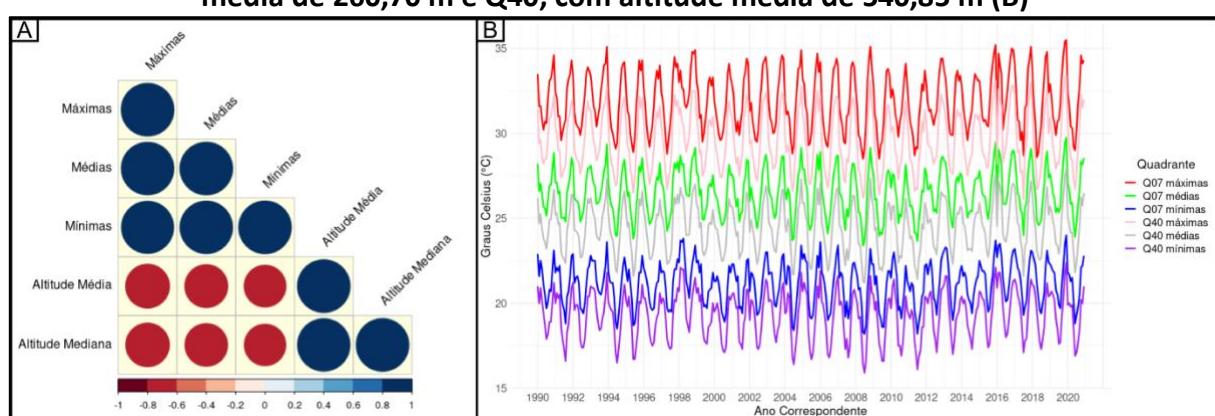
Fonte: Elaboração dos autores (2024).

É importante observar que todas as variáveis, em maior ou menor grau, apresentaram grande correlação entre si (medidos e modelados/estimados), sobretudo os registros das temperaturas médias. Tal afirmativa pode ser verificada pela constatação dos altos valores de R^2 e de ρ apresentados (Quadro 1). Os resultados obtidos demonstram-se suficientes para validar os dados de modelagem, habilitando-os a serem utilizados nas análises da área que abrange Cajazeiras-PB.

Em seguida, foi empregada uma matriz de correlação de ρ para demonstrar a influência das cotas de altitude nos valores das temperaturas, com base na média e mediana de altitude dos 40 quadrantes. O resultado da técnica está representado na Figura 7A.

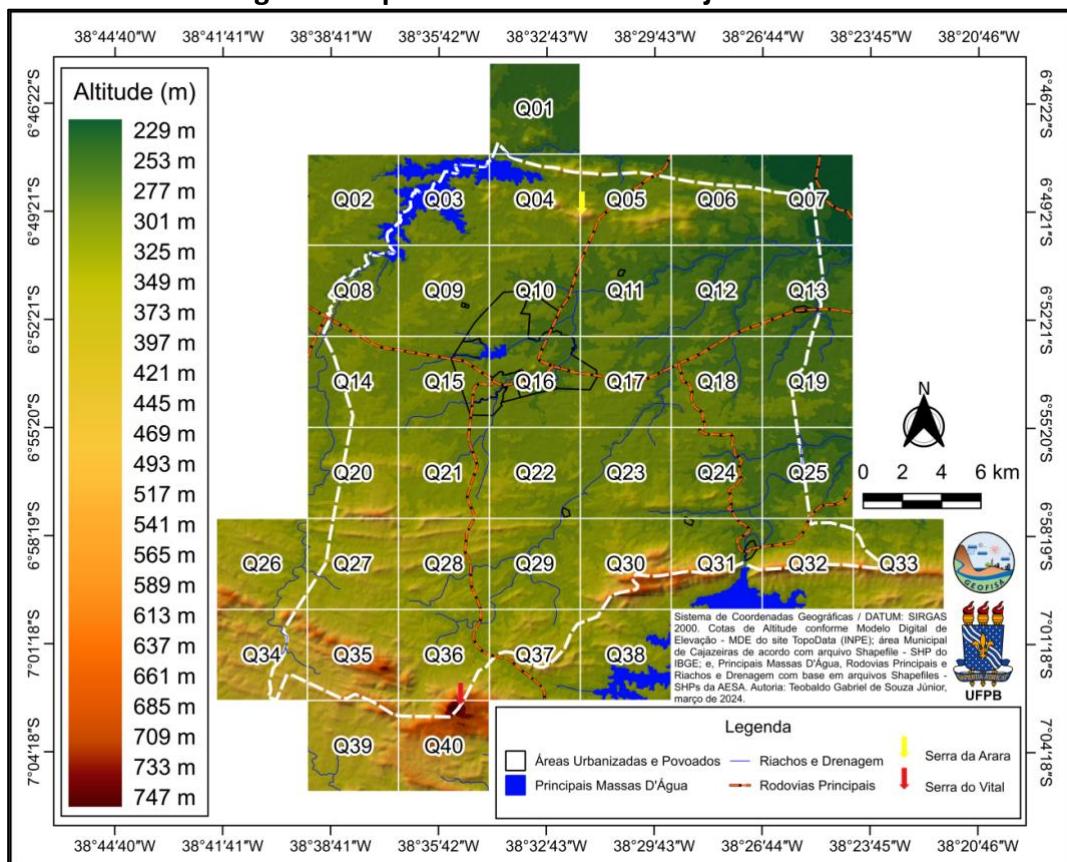
Referida matriz (Figura 7A), reporta correlações inversas, com alto grau de significância, entre altitudes e temperaturas, isto é, há uma tendência de que quanto maiores forem os valores das cotas do fator climático altitude (Romero, 2020), menores serão os registros de temperaturas da área alvo da pesquisa. Com o mesmo sentido, para reforçar a afirmativa, a Figura 7B traz, através de um gráfico de linhas, as comparações entre as variações das temperaturas nos quadrantes Q07 e Q40, que são, respectivamente, as parcelas do território de Cajazeiras-PB com menor e maior médias de altitude (260,70 m e 540,85 m), conforme se pode depreender da Figura 8.

Figura 7: Influência da altitude nos dados de temperatura estimados pelo TerraClimate, para o Município de Cajazeiras-PB, considerando o recorte temporal 1990-2020 / Matriz de correlação de ρ de temperaturas *versus* altitudes (A); Comparação entre os quadrantes Q07, com altitude média de 260,70 m e Q40, com altitude média de 540,85 m (B)



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Figura 8: Hipsometria da área de Cajazeiras-PB



Fontes: INPE (2008); IBGE (2022); AESA (2022). Elaboração dos autores (2024).

Desta forma, considerando a variação hipsométrica entre os quadrantes (conforme demonstrado pela Figura 8), aplicou-se a regra de Sturges com base nas médias altimétricas registradas, para a realização do seu agrupamento em classes distintas, a fim de que estes pudessem ser comparados de forma mais equânime.

O Quadro 2 detalha o agrupamento resultante da técnica de Sturges, onde: a primeira coluna traz a classe numerada de 1 (um) a 6 (seis); a segunda coluna apresenta o intervalo de altitude média definido pela técnica; a terceira coluna indica exatamente os quadrantes que foram agrupados; enquanto a quarta e última coluna contabiliza o total de quadrantes aglutinados por classe.

Quadro 2: Agrupamento de quadrantes pelo intervalo das altitudes médias, para análises

Classe	Intervalo de Altitude Média	Quadrantes Agrupados	Nº de Quadrantes
1	[260 m a 307 m)	Q01, Q03, Q06, Q07, Q10, Q11, Q12, Q13, Q16, Q17, Q18, Q19 e Q25	13
2	[307 m a 354 m)	Q02, Q04, Q05, Q08, Q09, Q14, Q15, Q21, Q22, Q23, Q24, Q29 e Q38	13
3	[354 m a 401 m)	Q20, Q26, Q27, Q28, Q31, Q32, Q33, Q36 e Q37	9
4	[401 m a 448 m)	Q30 e Q39	2
5	[448 m a 495 m)	Q34 e Q35	2
6	[495 m a 542 m]	Q40	1
TOTAL			40

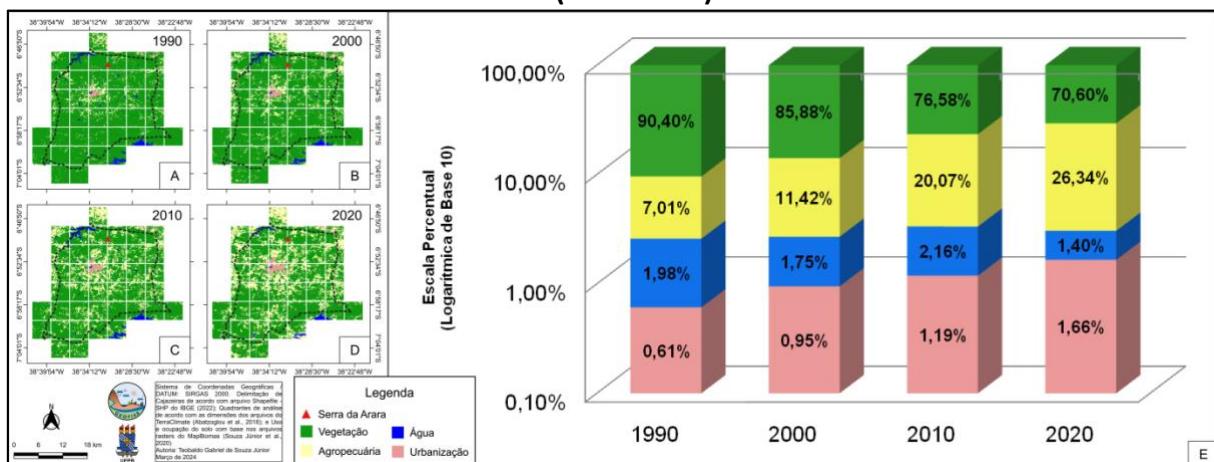
Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Uso e ocupação

Os dados processados a partir do MapBiomas apontaram para consideráveis alterações no uso e ocupação do solo da Cajazeiras-PB, entre os anos de 1990 e 2020. Apesar de a análise ter sido realizada anualmente, considerando que de um ano a outro, seja o ligeiramente antecedente ou o imediatamente subsequente, as modificações são relativamente pouco contrastantes, preferiu-se representar cartograficamente o fato, com intervalos decenais: 1990 (Figura 9A), 2000 (Figura 9B), 2010 (Figura 9C) e 2020 (Figura 9D).

Diante disso a Figura 9E, elaborada com o eixo das ordenadas em escala logarítmica para prover boa visibilidade para as todas as classes, detalha que a “Urbanização” mais do que duplicou de tamanho entre 1990 e 2020, saindo de 0,61% de ocupação, para 1,66% do território; ao passo que áreas classificadas como “Agropecuária” quase que quadruplicaram de tamanho no mesmo interstício, dando um salto de 7,01% da superfície ocupada em 1990 para 26,34% da cobertura do solo em 2020.

Figura 9: Mapas e gráfico das alterações decenais de uso e ocupação da área de Cajazeiras-PB (1990-2020)



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

A mesma Figura 9E ainda acusa uma queda de 29,30% nas áreas cobertas pela classe “Água”, que representava um total de 1,98% em 1990 e em 2020 ocupava 1,40%, mas, antes de tudo, é apontada uma grande redução da classe “Vegetação”, que era de 90,40% em 1990, diminuiu para 85,88% no ano 2000, passou a ser de 76,58% em 2010 e 70,60% em 2020, ou seja, quase 22% de redução em 31 anos, comprimida pela ampliação da classe “Urbanização” e, principalmente, pelas áreas destinadas a “Agropecuária”.

A respeito da “Urbanização”, além dos dados numéricos do IBGE (2022), que já indicavam o crescimento populacional, trabalhos como os de Sousa *et al.* (2020), Souza Júnior *et al.* (2021),

Martins *et al.* (2022) e Souza Júnior *et al.* (2024) indicam a ampliação das áreas ocupadas pela cidade.

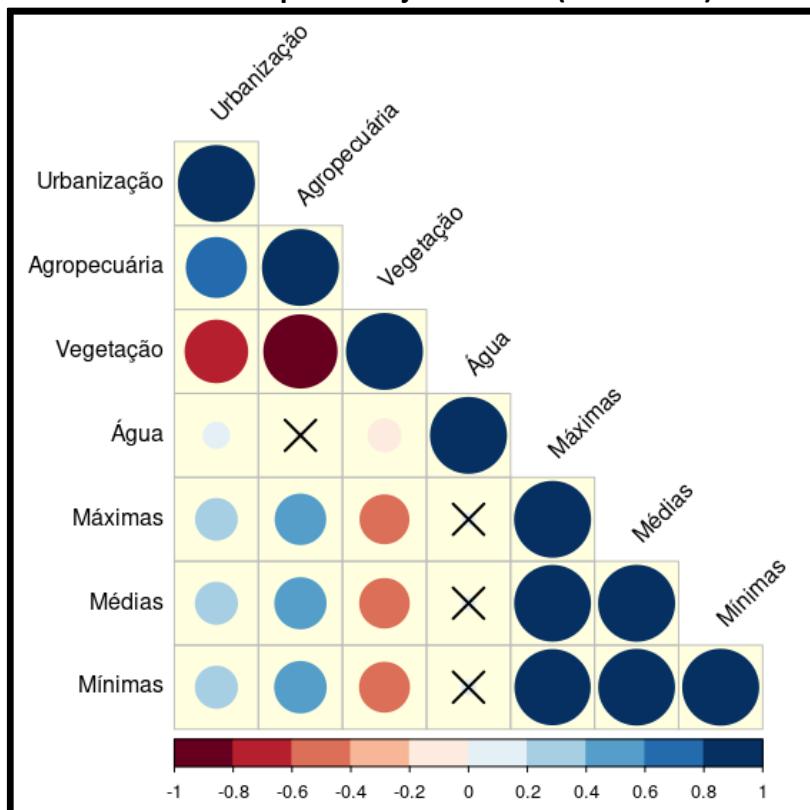
Em relação à vegetação, é importante pontuar que, juntamente com Amazônia e o Cerrado, a Caatinga sempre figura entre as três formações vegetais mais devastadas do Brasil (Souza; Artigas; Lima, 2015). O Relatório Anual do Desmatamento de 2021 (MapBiomas, 2022) pode confirmar isso já que, naquele ano (2021), a Caatinga foi a segunda área mais devastada do país ficando atrás somente da Amazônia, e que, em conjunto com o Cerrado, foram os biomas que responderam por 96,2% de todas as perdas florestais brasileiras.

Esta situação é refletida nos resultados demonstrados por meio dos dados trabalhados para Cajazeiras-PB e, apesar desta exclusiva formação vegetal da Caatinga já ter sido estigmatizada pelo seu contraste sazonal (Avancini; Tega, 2013), e da invisibilidade ocorrida perante o Estado, que não a citou diretamente em legislações como Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1998) e o “Novo Código Florestal” (Brasil, 2012), pesquisas importantes como as de Mendes *et al.* (2020) e Gomes *et al.* (2021) reportam sua relevância, inclusive, com relação a amenização do impacto ocasionado pelas mudanças climáticas, seja no nível global ou local, com destaque para o seu potencial na mitigação de fenômenos como o aquecimento ocasionado pelos GEEs, em particular no que tange ao CO₂.

Associações entre as temperaturas e uso e ocupação

A matriz de correlação de ρ foi aplicada para os dados anuais das classes estipuladas (“Urbanização”, “Agropecuária”, “Vegetação” e “Água”) e das temperaturas (“Máximas”, “Médias” e “Mínimas”), nos 40 quadrantes no período de 31 anos, ou seja, sobre um total de 1.240 amostras. O resultado do processo está representado na Figura 10.

Figura 10: Matriz de correlação ρ das classes de uso e cobertura do solo *versus* temperaturas do ar no Município de Cajazeiras-PB (1990-2020)



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Corroborando com os resultados do trabalho de Souza Júnior *et al.* (2024), os dados de ρ apresentaram um bom nível de significância para correlações entre temperaturas máximas, médias e mínimas e as classes “Urbanização”, “Agropecuária” e “Vegetação”. Sendo positivas com as duas primeiras e negativas com a última, isto é, quanto maiores forem as áreas destinadas à expansão urbana ou para implantação das atividades agropecuárias, mais altas tendem a ser as temperaturas, ao passo que, áreas vegetadas são propensas à diminuição desses índices.

Por sua característica específica, na área de estudo em tela (Cajazeiras-PB), a classe “Água” apresentou correlações com pouca significância estatística com “Agropecuária” e, por isso, aparece marcada com um “X” na coluna correspondente. Além disso, as correlações entre “Água” e as temperaturas (“Máximas”, “Médias” e “Mínimas”) diferem, pelo mesmo motivo já elencado (especificidade da área), dos resultados obtidos por Souza Júnior *et al.* (2024).

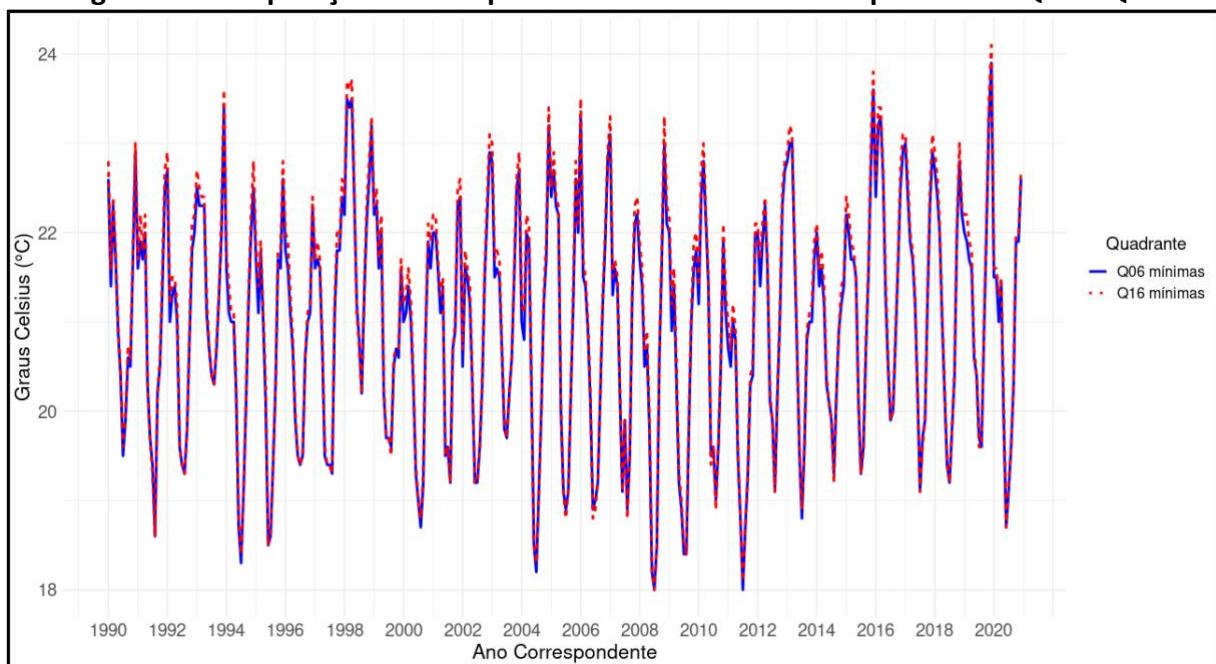
Com relação às modificações de uso e ocupação do solo, foram analisadas as áreas com grandes contrastes. A partir disso observou-se, em todos os quadrantes comparados, leves mudanças nos picos das temperaturas “máximas”, “médias” e, ainda mais, nas “mínimas”. Para ilustrar a afirmativa, a Figura 11 retrata as temperaturas mínimas comparadas nos quadrantes Q06 e Q16,

ambos com intervalo das cotas médias de altitudes entre 260 m e 307 m (Classe 1, conforme consta no Quadro 2 anteriormente apresentado).

A linha contínua azul representa os registros mensais em Q06 e a linha vermelha pontilhada, os mesmos dados em Q16. É possível observar, na senoide que indica a sazonalidade anual, algumas zonas com maior amplitude em Q16, onde os valores mínimos e, sobretudo os máximos, superam os de Q06. Trata-se de um padrão que se repete em outros quadrantes testados sob lógica idêntica, isto é, dentro da mesma faixa de altitude e entre aqueles com maiores e menores modificações em sua superfície, reafirmando que, além da altitude, uso e cobertura do solo aparentam influenciar nos dados das temperaturas do ar.

Esses resultados são ratificados pela pesquisa de Saraiva e Caracristi (2022), que encontraram valores distintos de temperaturas do ar em áreas semelhantes, porém, com ocupações diferentes em Cajazeiras. Além disso, o trabalho de Martins *et al.* (2022), também em Cajazeiras, chegou a resultados similares na comparação entre áreas urbanizadas com menores e maiores quantidades de vegetação.

Figura 11: Comparação das temperaturas mínimas entre os quadrantes Q06 e Q16



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Salienta-se que, embora o estudo de Martins *et al.* (2022) tenha, diferentemente de Saraiva e Caracristi (2022) que fizeram medições com termo-higrômetro, empregado técnicas de Sensoriamento Remoto para identificar as temperaturas de superfície, segundo a investigação de

Nascimento *et al.* (2022), apesar de seus processos distintos, temperaturas do ar e de superfície são intrinsecamente relacionados e guardam similaridade de dados.

Por fim, realizou-se a aplicação da técnica de Mann-Kendall (τ) nas temperaturas mensais do ar para o período de 31 anos (1990-2020), nos 40 quadrantes, o que revelou que, apesar de não significativos ao nível estipulado ($\alpha = 0,05$), todas as parcelas de terra apresentaram tendência de aumento das máximas, médias e mínimas.

Ou seja, como demonstrado, temperaturas e cobertura do solo guardam boa correlação, todavia, de acordo as séries trabalhadas no teste de τ , não é possível afirmar categoricamente que as modificações no uso do solo do Município de Cajazeiras-PB já são suficientemente relevantes ao ponto de causar alterações com grande nível de significância nas temperaturas do ar.

O estudo de Souza Júnior *et al.* (2024), acerca do comportamento das temperaturas medidas na estação de São Gonçalo-82689 (INMET, [s.d.]), localizada dentro do limite municipal de Souza-PB e próxima de Cajazeiras-PB, apresentou resultado divergente: aumento com bom nível de significância dos registros máximos, médios e mínimos.

Entretanto, conforme conclui a publicação de Fritzsons *et al.* (2023), sobre o efeito do uso e ocupação da terra no clima e com base na análise dos dados registrados em duas estações meteorológicas distintas, localizadas em Curitiba-PR, resultados desta natureza podem ocorrer mesmo em espaços não tão distantes.

Assim, é crucial enfatizar que o clima é um fenômeno multifatorial de extrema complexidade (Mendonça; Danni-Oliveira, 2009) e que, neste estudo, foram considerados apenas alguns fatores relacionados ao uso e ocupação do solo, especificamente associados à variável “temperatura”, o que leva a crer que foram alcançados resultados robustos.

Considerações finais

A pesquisa revelou, com base em um recorte temporal de 31 anos (1990-2020), que vem acontecendo mudanças no uso e cobertura do solo de Cajazeiras-PB, seja pelo aumento da zona urbana, mas, em particular, devido à grande expansão das áreas destinadas à agropecuária.

Também foi possível concluir que o tipo de cobertura do solo exerce influência direta nas temperaturas do ar, já que, de acordo com a matriz de correlação ρ : quanto maiores são as áreas antropizadas (classes “Urbanização” e “Agropecuária”), maiores tendem a ser as temperaturas; e,

na ponta oposta, quanto maiores as áreas com poucas modificações (classe “Vegetação”), menores serão as temperaturas.

Tal situação revela a complexidade que ocorre quando da alteração da superfície, já que a conservação de áreas naturais e o uso intensivo do solo são forças opostas que, paradoxalmente, coexistem e são necessárias. Esse equilíbrio entre desenvolvimento agrícola, expansão da área urbana e conservação, por exemplo, é essencial para manter o clima em um estado de maior estabilidade.

Diante disso, a aplicação do teste estatístico de τ apontou tendências positivas para o aumento das temperaturas máximas, médias e mínimas do ar, em toda a área estudada, porém, com pouca significância estatística ao nível definido, o que não significa que modificações desenfreadas das áreas preservadas possam perturbar com ainda mais força a estabilidade térmica.

Assim, é importante que mais estudos, com metodologia semelhante, ou mesmo aprimorada, sejam realizados com o fito de comprovar a importância da Caatinga na regulação climática, os quais possam reforçar a necessidade da sua proteção e preservação constantes.

Para exemplificar, pesquisas no âmbito governamental podem investigar o que vem sendo feito para que legislações pertinentes à preservação e à conservação ambiental sejam elaboradas e/ou seguidas no Município, de forma a proteger a sua vegetação de Caatinga remanescente e revitalizar áreas já desmatadas além do limite normatizado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (PPGG/UFPB) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), assim como, pelas prolíficas discussões científicas e aprendizados empreendidos durante a construção do presente trabalho, manifestam sua gratidão aos seguintes Grupos de Estudos e Pesquisas: GEOFISA/UFPB; GEOAMB/IFPB; e LEMGE/UFCA.

Referências

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo-SP: Ateliê Editorial, 4^a ed., 160p., 2007.

ABATZOGLOU, J. T.; DOBROWSKI, S. Z.; PARKS, S. A.; HEGEWISCH, K. C. TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. **Scientific**

data, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sdata2017191>. Acesso em: 14 mar. 2024.

AB'SÁBER, A N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. 1971, **Anais**. São Paulo-SP: Edgard Blucher, 1971. Disponível em: https://biblio.fflch.usp.br/AbSaber_AN_1533154_AOrganizacaoNaturalDasPaisagens.pdf. Acesso em: 22 fev. 2024.

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DA PARAÍBA. **Geoportal da AESA**. 2020. Disponível em: <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em: 26 mai. 2022.

AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor urbano em cidades de pequeno e médio porte no Brasil e o contexto das mudanças climáticas. **Confins - Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, Dossiê Políticas e mudanças climáticas, n. 46, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.31403>. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/31403?lang=pt>. Acesso em: 14 mar. 2024.

ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno?. **Revista USP**, [S. I.], n. 103, p. 13-24, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p13-24>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99279>. Acesso em: 22 fev. 2024.

ASSOCIAÇÃO CAATINGA. **Bioma Caatinga**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.acaatinga.org.br/sobre-a-caatinga/>. Acesso em: 24 mar. 2024.

AVANCINI, M. M.; TEGA, G. Caatinga: um bioma entre a devastação e a conservação. **ComCiência**, Campinas, n. 149, jun. 2013. Disponível em: http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542013000500002&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 24 mar. 2024.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Tradução Maria Juraci Zani dos Santos, Revisão Suely Bastos, Coordenação Editorial Antonio Christofeletti. Rio de Janeiro-RJ: Bertrand Brasil, 4. ed., 332p., 1996.

BAI, X.; MCPHEARSON, T.; CLEUGH, H.; NAGENDRA, H.; TONG, X.; ZHU, T.; ZHU, Y. Linking Urbanization and the Environment: Conceptual and Empirical Advances. **Annual Reviews**, Vol. 42:215-240, oct., 2017. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-061128>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-environ-102016-061128>. Acesso em: 22 fev. 2024.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas:** fundamentos, desenvolvimento e aplicações. Tradução Francisco M. Guimarães. Petrópolis-RJ: Vozes, 5^a ed., 360 p., 2010.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília-DF: Planalto, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 24 mar. 2024.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília- DF, p. 1-8, seção 1. 28 de maio de 2012. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=28/05/2012>. Acesso em: 24 mar. 2024.

CAJAZEIRAS-PB. **O Município:** Dados do Município. Site oficial da Prefeitura Municipal de Cajazeiras-PB, 2023. Disponível em: <https://cajazeiras.pb.gov.br/omunicipio.php>. Acesso em: 9 mar. 2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Riquezas da mata branca. **Site da Embrapa** (Notícias). Brasília-DF, 09 de dez. de 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18708656/riquezas-da-mata-branca>. Acesso em: 22 fev. 2024.

FERREIRA, L. S. **Vegetação, temperatura de superfície e morfologia urbana:** um retrato da região metropolitana de São Paulo. 2019. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo-SP, 2019. doi: <https://doi.org/10.11606/T.16.2019.tde-02102019-173844>. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-02102019-173844/pt-br.php>. Acesso em: 14 mar. 2024.

FIALHO, E. S. Ilha de Calor: Reflexões acerca de um conceito (Heat island: reflections on a concept). **ACTA Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, 2012. pp.61-76. DOI: <https://doi.org/10.5654/actageo2012.0002.0004>. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/1094>. Acesso em: 14 mar. 2024.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as Principais Culturas.** Areia-PB: UFPB, 120 p.: il. 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/33274>. Acesso em: 22 fev. 2024.

FRITZSONS, E.; GARRASTAZÚ, M. C.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. O efeito do uso e ocupação da terra sobre o clima: comparação entre duas estações meteorológicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. I.], v. 32, n. 19, p. 566–583, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16638>. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/16638>. Acesso em: 24 mar. 2024.

GOMES, D. da S.; SANTOS, S. K. dos; SILVA, J. H. C. S.; SANTOS, T. de M.; SILVA, E. de V.; BARBOSA, A. da S. CO₂ flux e temperatura da superfície edáfica em áreas de caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. I.], v. 14, n. 4, p. 1898-1908, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1898-1908>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/248853>. Acesso em: 14 mar. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas Nacional Digital do Brasil**. 2010. Disponível em: https://geoservicos.ibge.gov.br/geoserver/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=CGEO%3AANMS2010_03_dominios_morfoestruturais%2CCGEO%3AANMS2010_03_dominios_morfoclimaticos%2CCGEO%3AANMS2010_03_massa_dagua&outputFormat=SHAPE-ZIP&format_options=filename%3Aatlas_nacional_do_brasil_2010_pagina_74_dominios_morfoestruturais_e_morfoclimaticos_compartim.zip. Acesso em: 22 fev. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/cajazeiras/panorama>. Acesso em: 9 mar. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação - 2017**. IBGE, IBGE, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro-RJ, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100643.pdf>. Acesso em: 24 de mar. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha de Setores Censitários**. 2022. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_cen

sitarios__divisoes_intramunicipais/censo_2022_preliminar/setores/shp/BR/BR_Malha_Preliminar_2022.zip. Acesso em: 22 fev. 2024.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. [s.d.]. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 30 jan. 2024.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TopoData**: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. 2008. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

INSA - INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. **Mapas em Shapefile**. 2023. Disponível em <https://www.gov.br/insa/pt-br/centrais-de-conteudo/mapas/mapas-em-shapefile>. Acesso em: 24 mar. 2024.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change**. 2022. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf. Acesso em: 22 fev. 2024.

KALNAY, E., CAI, M. Impact of urbanization and land-use change on climate. **Nature**. 423, 528-531, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature01675>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature01675>. Acesso em: 22 fev. 2024.

LATOUCHE, S. **Pequeno tratado do decrescimento sereno**. Tradução Claudia Berliner. São Paulo-SP: WMF Martins Fontes, 1^a ed., 170 p., 2009.

LIBREOFFICE. The Document Foundation. v. 6.4.7.2, **OpenOffice.org**, 2020. Disponível em: <https://pt-br.libreoffice.org/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

LIMA, E. L. O mito do “fator antrópico” no discurso ambiental geográfico. **Mercator**, Fortaleza-CE, v. 14, n. 3, p. 109-122, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2015.1403.0007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/KHYshqDqsxHNy3g7PRG9tbh/?lang=pt>. Acesso em: 22 fev. 2024.

MAPBIOMAS. **Coleções MapBiomas**. (2022). Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 24 mar. 2024.

MAPBIOMAS. **Visão Geral da Metodologia.** [s.d.]. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia/>. Acesso em: 24 mar. 2024.

MARGULIS, S. **Mudanças do Clima:** Tudo o que você queria e não queria saber. Rio de Janeiro-RJ: Konrad Adenauer Stiftung, 180 p., 2020.

MARTINS, M. I. B.; SOUZA, J. V. R. de; AIRES, T. L. B. A.; SOUZA JÚNIOR, T. G. de; RODRIGUES, J. F. dos S. ILHAS DE CALOR URBANAS SUPERFICIAIS EM CAJAZEIRAS-PB. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 23, n. 89, p. 92-110, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG238960200>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/60200>. Acesso em: 24 mar. 2024.

MARUYAMA, S. **Aquecimento global?** Tradução de Kenitiro Suguio. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2009.

MENDES, C. C.; ARAÚJO JÚNIOR, I. T.; FERNANDES, A. P.; LYRA, D. M.; OLIVEIRA, G. L.; OLIVEIRA, C. G.; SILVA, N. B. **A Paraíba no contexto nacional, regional e interno.** Rio de Janeiro-RJ: IPEA, 2012. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1186/1/TD_1726.pdf. Acesso em: 24 mar. 2024.

MENDES, K. R.; CAMPOS, S.; SILVA, L. L. da; MUTTI, P. R.; FERREIRA, R. R.; MEDEIROS, S. S.; PEREZ-MARIN, A. M.; MARQUES, T. V.; RAMOS, T. M.; VIEIRA, M. M. de L.; OLIVEIRA, C. P.; GONÇALVES, W. A.; COSTA, G. B.; ANTONINO, A. C. D.; MENEZES, R. S. C.; BEZERRA, B. G.; SILVA, C. M. S. e. Seasonal variation in net ecosystem CO₂ exchange of a Brazilian seasonally dry tropical forest. **Scientific Reports.** 10, 9454, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66415-w>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-66415-w>. Acesso em: 24 mar. 2024.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Noções Básicas e Climas do Brasil.** São Paulo-SP: Oficina de Textos, 208 p., 2009.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano.** Tese (Livre Docência em Geografia), São Paulo-SP: FFLCH/IGEO/USP, 1976.

NASCIMENTO, A. C. L. do; GALVANI, E.; GOBO, J. P. A.; WOLLMANN, C. A. Comparison between Air Temperature and Land Surface Temperature for the City of São Paulo, Brazil. **Atmosphere.** 13(3), 491, March 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos13030491>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/13/3/491>. Acesso em: 24 mar. 2024.

NATURAL DATA. Natural Earth Data. 2023. Disponível em:
<https://www.naturalearthdata.com/downloads/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment (1967)**, v. 7, 8^a Ed., 769-779, 1973. DOI: [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0004698173901406?via%3Dihub>. Acesso em: 14 mar. 2024.

PARAÍBA. Lei complementar nº 107, de 08 de junho de 2012. Institui a Região Metropolitana de Cajazeiras e da outras providências. **DOE-PB**, nº 14.957, de 09 de Junho de 2012, p. 2. Disponível em: <https://auniao.pb.gov.br/servicos/doe/2012/junho/diario-oficial-09-06-2012.pdf/view>. Acesso em: 24 mar. 2024.

PEREIRA, A. B. A vegetação como elemento do meio físico. **Revista Nucleus**, Ituverava, v. 3, n. 1, jul. 2010. p. 107-127. DOI: <https://doi.org/10.3738/nucleus.v3i1.405>. Disponível em: <https://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/405/479>. Acesso em: 14 mar. 2024.

PINHEIRO, K. Bases teóricas gerais sobre urbanização no Brasil. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, Salvador-BA, Ano IX, n. 15, Janeiro de 2007. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/1006>. Acesso em: 22 fev. 2024.

QGIS, General Public License (GNU), **Free Software Foundation**, Inc., v. 3.10.14, A Coruña, 2021. Disponível em: <https://download.osgeo.org/qgis/win64/>. Acesso em: 24 mar. 2024.

R Development Core Team, R: a language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>. Acesso em: 24 mar. 2024.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. Brasília-DF: Editora Universidade de Brasília, 3^a ed., 2^a reim., 128p., 2020.

ROTH, M. Review of urban climate research in (sub)tropical regions. **International Journal of Climatology**, n. 27, p. 1859-1873, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.1591>. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1591>. Acesso em: 14 mar. 2024.

SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H. de C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro**:

pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido, p. 126-158, 2010. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/861927>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SARAIVA, J. R. O estudo do clima urbano de pequenas cidades do semiárido brasileiro: o caso de Cajazeiras-PB. Sobral, CE, 2023. 171 f., il., col. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Mestrado em Geografia - MAG da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA. Disponível em: https://ww2.uva.ce.gov.br/apps/common/documentos_mag/dissertacao_3e3db80e6cef9da3ff.pdf. Acesso em: 19 fev. 2025.

SARAIVA, J. R.; CARACRISTI, I. ANÁLISE DO CLIMA URBANO DE CAJAZEIRAS-PB. *Revista Territorium Terram*, [S. I.], v. 5, n. 7, 2022. Disponível em: http://www.seer.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/5203. Acesso em: 24 mar. 2024.

SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 197-215, abr./jun. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000200250>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/YkYkMDM845SbD5YCHKFrKyy/?lang=pt>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SILVA, A. A. da. Uso e conservação de um remanescente de caatinga arbórea no município de Cajazeiras-PB: elementos para gestão ambiental. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Recife, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6781>. Acesso em: 14 mar. 2024.

SOUSA, B. A. A. de; NOGEIRA NETO, C. de S.; BARROZO, G. F.; PEREIRA, B. F.; SILVA, J.; ABREU, A. A. de. Análise do crescimento urbano da cidade de Cajazeiras-PB através de imagens do Rapid Eye. **Brazilian Journal of Development**, [S.I.], v. 6, n. 9, p. 65020-65033, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-075>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/16120>. Acesso em: 24 de mar. 2024.

SOUZA JÚNIOR, C. M.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; OLIVEIRA, S. W. de;

ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E. J.; LENTI, F. E. B.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. C.; SIQUEIRA, J. V.; VIEIRA, J. L.; FERREIRA NETO, L. C.; SARAIVA, M. M.; SALES, M. H.; SALGADO, M. P. G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with LANDSAT Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, 12(17), 2735, p. 1-27, 25 August 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; LUCENA, D. B.; ROQUE, R de L. Análise da Associação dos Registros de Temperaturas em Estações do INMET, para Realização de Estimativas Locais Utilizando Técnicas Geoespecializadas. *In: CORRÊA, A. C. de B.; LIRA, D. R. de; CAVALCANTI, L. C. de S.; SILVA, O. G. da; SANTOS, R. S. (org.). **Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no nordeste brasileiro**. Ananindeua-PA: Itacaiúnas, p. 2436-2447, 2024.* Disponível em: <https://editoraitacaiunas.com.br/produto/mudancas-ambientais-e-as-transformacoes-da-paisagem-no-nordeste-brasileiro/>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; LUCENA, D. B.; SILVA, L. H. de S.; ANDRADE, J. V. R. de; FERNANDES, B. J. T. Associação Entre Uso e Ocupação Do Solo e as Temperaturas do Ar: Uma Análise do Período 1990-2020 da Região Geográfica Intermediária de Sousa - Cajazeiras, Estado Da Paraíba. *In: CORRÊA, A. C. de B.; LIRA, D. R. de; CAVALCANTI, L. C. de S.; SILVA, O. G. da; SANTOS, R. S. (org.). **Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no nordeste brasileiro**. Ananindeua-PA: Itacaiúnas, p. 911-932, 2024.* Disponível em: <https://editoraitacaiunas.com.br/produto/mudancas-ambientais-e-as-transformacoes-da-paisagem-no-nordeste-brasileiro/>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SOUZA JÚNIOR, T. G. de; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C. W.; PAULA FILHO, F. J. de; MENEZES, J. M. C.; SILVA NETO, B. Inferência sobre a perda histórica da qualidade da água de um açude urbano utilizando o sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.I.], v. 14, n. 5, p. 3138-3155, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p3138-3355>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/247536>. Acesso em: 22 mar. 2024.

SOUZA, B. I. de; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. de. Caatinga e Desertificação. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 131-150, jan./abr. 2015. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2015.1401.0009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/zxZxXjPfrx9HjpNj8PLVn4B/?lang=pt>. Acesso em: 24 mar. 2024.

STEINKE, E. T. **Climatologia Fácil**. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 144 p., 2012.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879-1900, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/12/bams-d-11-00019.1.xml>. Acesso em: 14 mar. 2024.

TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano das cidades do oeste Paulista**: análise do perfil térmico de Presidente Venceslau, Santo Anastácio e Álvares Machado, Brasil. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente-SP, 238p., 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/eaebaa9c-fa4a-4940-b8eb-de1fc461c849>. Acesso em: 14 mar. 2024.

USGS - United States Geological Survey. **Site Earth Explorer**. LANDSAT Collection, 2006. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 22 fev. 2024.

WANDERLEY, L. S. de A.; NÓBREGA, R. S. Desenvolvimento de um novo sistema de classificação climática com base na metodologia dos tipos de tempo sinóticos para a região Nordeste do Brasil. **Geousp**, v. 26, n. 1, e-175243, abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2022.175243>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/175243>. Acesso em: 19 fev. 2025.