



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CARAÚBAS -
BACHARELADO

PEDRO LUCAS VIEIRA DANTAS

**CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E ESTUDO DAS ESTRATÉGIAS
ADAPTATIVAS NA CIDADE DE APODI, RN**

CARAÚBAS

2024

PEDRO LUCAS VIEIRA DANTAS

**CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E ESTUDO DAS ESTRATÉGIAS
ADAPTATIVAS NA CIDADE DE APODI, RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Gianna Monteiro Farias Simões,
Prof. Dr^a.

CARAÚBAS

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D Dantas, Pedro Lucas Vieira .
167 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E ESTUDO DAS
 ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS NA CIDADE DE APODI, RN /
Danc Pedro Lucas Vieira Dantas. - 2024.
 38 f. : il.

 Orientadora: Gianna Monteiro Farias Simões .
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2024.

 1. Semiárido . 2. Conforto térmico. 3.
Estratégias adaptativas.. I. Farias Simões ,
Gianna Monteiro , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PEDRO LUCAS VIEIRA DANTAS

**CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E ESTUDO DAS ESTRATÉGIAS
ADAPTATIVAS NA CIDADE DE APODI, RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em Ciência
e Tecnologia.

Defendida em: 23/10/2024.

BANCA EXAMINADORA

Gianna Monteiro Farias Simões, Prof. Dr^a. (UFERSA)
Presidente

Mayara Cynthia Brasileiro de Sousa, Prof. Dr^a. (UFCEG)
Membro Examinador Externo

Lilianne de Queiroz Leal, Prof. Dr^a (UFCEG)
Membro Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me proporcionar força e discernimento em cada fase desta jornada. Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, me oferecendo apoio incondicional e inspiração para seguir em frente. Expresso minha sincera gratidão à minha orientadora, Prof. Dr^a Gianna Monteiro Farias Simões, pela confiança, pela orientação comprometida e pela partilha do seu vasto saber, que foi crucial para o êxito deste estudo. A sua paciência e estímulo foram fundamentais para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Agradeço à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pela oportunidade de estudo e progresso acadêmico, bem como ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelo fornecimento dos dados meteorológicos, essenciais para a realização deste trabalho.

Minha sincera gratidão também vai para a banca examinadora, composta pela Prof. Dr^a Mayara Cynthia Brasileiro de Sousa e pela Prof. Dr^a Lilianne de Queiroz Leal, por suas valiosas contribuições e recomendações para o aprimoramento deste estudo.

Adicionalmente, sou grato aos docentes e colegas que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a minha formação ao longo desta trajetória. Cada partilha de saberes e vivências foi enriquecedora e marcou minha jornada de maneira singular.

RESUMO

A cidade de Apodi, situada no semiárido do Nordeste brasileiro, enfrenta desafios significativos relacionados ao desconforto térmico, resultado de condições climáticas extremas, como altas temperaturas e baixa umidade relativa. Essas condições impactam diretamente a qualidade de vida dos habitantes, especialmente em períodos de calor intenso. A pesquisa baseia-se em dados meteorológicos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de 2013 a 2023, focando em variáveis como temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e velocidade do vento. Além disso, observações de campo realizadas em 2024 documentaram práticas adaptativas dos moradores, como o uso de roupas leves e proteção solar, a busca por áreas sombreadas e adaptações nas construções, como a instalação de toldos e outras proteções solares. A análise incluiu também a caracterização dos tipos de pavimentação urbana, com o objetivo de entender como esses revestimentos podem influenciar o aumento da temperatura local. Os resultados indicam que Apodi enfrenta variações de temperatura que geram desconforto térmico ao longo dos anos, utilizou-se como recomendação de temperatura o índice climático universal (UTCI - Universal Thermal Climate Index), desenvolvido pela Sociedade Internacional de Biometeorologia (ISB), que avalia as condições térmicas de ambientes externos com base na resposta fisiológica do corpo humano. O UTCI, reconhecido como uma referência fisiologicamente válida, define a faixa de conforto térmico entre 18,0 °C e 26,0 °C (ISB, 2023). Verificou-se que 88,66% das ruas são pavimentadas com materiais que retêm calor, o que contribui para intensificar o desconforto térmico em áreas externas. Conclui-se que, embora as estratégias adaptativas adotadas pela população sejam úteis, são insuficientes para mitigar totalmente os efeitos climáticos, sendo essencial promover um planejamento urbano sustentável que atenda aos desafios climáticos da região e melhore a qualidade de vida da comunidade.

Palavras-chave: semiárido, conforto térmico, estratégias adaptativas.

ABSTRACT

The city of Apodi, located in the semi-arid region of northeastern Brazil, faces significant challenges related to thermal discomfort due to extreme climatic conditions, such as high temperatures and low relative humidity. These conditions directly impact the quality of life of its inhabitants, especially during periods of intense heat. The research is based on meteorological data provided by the National Institute of Meteorology (INMET) for the period from 2013 to 2023, focusing on variables such as temperature, relative humidity, precipitation, and wind speed. Additionally, field observations conducted in 2024 documented adaptive practices by residents, including the use of light clothing and sun protection, seeking shaded areas, and adaptations in construction, such as the installation of awnings and other sun protection measures. The analysis also included the characterization of urban paving types to understand how these materials might influence the increase in local temperature. The results indicate that Apodi experiences temperature variations that cause thermal discomfort over the years. The Universal Thermal Climate Index (UTCI), developed by the International Society of Biometeorology (ISB), was used as a temperature recommendation, evaluating the thermal conditions of outdoor environments based on the physiological response of the human body. The UTCI, recognized as a physiologically valid reference, defines the thermal comfort range as between 18.0 °C and 26.0 °C (ISB, 2023). It was found that 88.66% of the streets are paved with heat-retaining materials, which contributes to intensifying thermal discomfort in outdoor areas. In conclusion, while the adaptive strategies adopted by the population are helpful, they are insufficient to fully mitigate the climatic effects, highlighting the need to promote sustainable urban planning that addresses the region's climate challenges and improves the quality of life for the community.

Keywords: semiarid, thermal comfort, adaptive strategies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distâncias das cidades de Apodi, Caicó e Natal	19
Figura 2: Mapeamento das vias de Apodi-RN.....	31
Figura 3: Estratégias positivas nas edificações.....	32
Figura 4: Estratégias adaptativas positivas dos usuários.....	33
Figura 5: Estratégias paliativas usadas nas edificações.....	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação média da temperatura da ar.....	23
Gráfico 2 - Variação média da temperatura do ar entre verão e inverno.....	24
Gráfico 3 - temperatura máxima do ar.....	25
Gráfico 4 – Temperatura máxima média do ar entre verão e inverno.	26
Gráfico 5 - Média da umidade relativa do ar.....	27
Gráfico 6- Média da umidade relativa do ar entre verão e inverno.....	27
Gráfico 7 - Média de precipitação total.....	28
Gráfico 8 - Média de precipitação total entre verão e inverno.	29
Gráfico 9 Média do vento.....	30
Gráfico 10 da média do vento entre verão e inverno.....	30

SUMARIO

1.INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 Conforto Térmico	12
2.2 Interação entre temperatura e umidade.....	13
2.3 Estudos em climas semiáridos.....	14
2.4 Importância da vegetação	16
2.5 Estratégias adaptativas de conforto térmico	17
2.6 A eficiência da ventilação natural em edifícios populares	18
3. METODOLOGIA.....	19
3.1 Recorte de estudo.....	19
3.2 Coleta de dados.....	20
3.3 Tabulação e análise de dados	20
3.3.1 Dados climáticos	20
3.3.2 Recobrimento das ruas.....	21
3.3.3 Estratégias adaptativas.....	21
4. RESULTADOS	22
4.1 Condições climáticas	22
4.2 Recobrimento das vias.....	30
4.3 Estratégias adaptativas.....	31
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
6. REFERÊNCIAS	36

1.INTRODUÇÃO

O conforto térmico refere-se ao estado de satisfação das pessoas em relação ao ambiente térmico circundante, sendo influenciado pelo equilíbrio entre o calor gerado pelo corpo e o calor trocado com o ambiente (ASHRAE, 2020). Quando esse equilíbrio é perturbado por fatores como calor ou frio excessivo, as pessoas tendem a experimentar desconforto térmico (*ibid*, 2020). Esse tema ganha ainda mais relevância em áreas urbanizadas, onde a atividade humana e mudanças no uso do solo podem intensificar fenômenos como a formação de ilhas de calor e influenciar diretamente o clima local (IPCC, 2021).

A urbanização acelerada e as mudanças climáticas têm modificado as condições ambientais em diferentes regiões (ASHRAE, 2020). Em áreas urbanas, o conforto térmico é afetado por parâmetros climáticos, incluindo temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação solar, que influenciam tanto espaços internos quanto externos de edificações (*ibid*, 2020). Entretanto, embora o conforto térmico em ambientes internos seja bem estudado, as condições externas exigem abordagens específicas, já que fatores como sazonalidade e exposição direta aos elementos influenciam a percepção de conforto de modo distinto (IPCC, 2021).

No semiárido nordestino, caracterizado por altas temperaturas e longos períodos de seca, o conforto térmico se torna um desafio. Estudos, como o de Monteiro (2008), mostram que as condições climáticas adversas dessas áreas podem resultar em desconforto térmico, afetando a saúde, o bem-estar e as atividades econômicas, especialmente na agricultura (*ibid*, 2008). Além disso, o aumento das temperaturas globais – causado pela maior concentração de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) – agrava ainda mais essas condições, tornando a adaptação e mitigação de seus efeitos essenciais (IPCC, 2021).

Com base nesse contexto, este trabalho visa analisar o comportamento climático da cidade de Apodi, no semiárido do Rio Grande do Norte, entre os anos de 2013 e 2023, e investigar as estratégias adaptativas utilizadas pelos moradores para conforto térmico. Esses dados contribuirão para um planejamento urbano mais adequado às realidades climáticas locais e para a promoção de uma maior qualidade de vida, especialmente para os novos residentes, como os alunos do campus do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN).

Entender a dinâmica do conforto térmico em Apodi permite traçar estratégias sustentáveis para o enfrentamento das mudanças climáticas e para a melhoria do bem-estar da população.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conforto Térmico

O conforto térmico refere-se ao estado mental de satisfação com o ambiente térmico circundante, caracterizado pela ausência de desconforto causado pelo calor ou frio. Segundo a ASHRAE (2020), a insatisfação térmica ocorre quando há um desequilíbrio entre o calor gerado pelo corpo e o calor perdido para o ambiente. Já o equilíbrio térmico é influenciado por diversos fatores, como temperatura do ar, umidade, velocidade do ar e radiação térmica (*ibid*, 2020).

Com o aumento da urbanização, várias mudanças significativas ocorrem na população e na atmosfera (IPCC, 2021). Mudanças afetam tanto os ambientes externos quanto internos dos edifícios, influenciando o conforto térmico das pessoas (ASHRAE, 2020).

As ilhas de calor, comuns em áreas densamente povoadas, aumentam o desconforto térmico, especialmente no verão (Oke, 1982). Superfícies urbanas, como asfalto e concreto, absorvem e retêm calor, elevando as temperaturas em comparação com áreas rurais. Segundo Oke (1982), essa variação de temperatura pode chegar a até 12,0 °C durante a noite, o que agrava a necessidade de resfriamento artificial e prejudica a saúde pública, especialmente durante ondas de calor.

Vários métodos construtivos têm sido sugeridos para diminuir os efeitos das ilhas de calor e aumentar o conforto térmico em ambientes urbanos (Oke, 1982). Entre esses métodos estão o uso de materiais de alta refletância em superfícies urbanas, a instalação de telhados verdes e a ampliação de áreas verdes (*Ibid*, 1982).

Essas soluções ajudam a reduzir as temperaturas superficiais e a melhorar o microclima local (Oke, 1982). Para tornar os ambientes internos mais confortáveis e eficientes em termos energéticos e reduzir a dependência de sistemas mecânicos, o design arquitetônico adaptativo deve incluir ventilação cruzada, sombreamento e sistemas passivos de aquecimento e resfriamento (*ibid*, 1982).

O metabolismo e o isolamento térmico das roupas são essenciais para a percepção de conforto (Fanger, 1970). Por sua vez, a velocidade do ar pode mudar a sensação térmica, nem sempre. Em climas muito seco, o vento é quente e deve ser evitado ou previamente resfriado (*ibid*, 1970). Outro fator importante é a umidade relativa; níveis elevados podem

reduzir a eficácia da evaporação do suor, aumentando a sensação de calor, enquanto uma umidade muito baixa pode causar problemas respiratórios e pele ressecada (*ibid*, 1970).

2.2 Interação entre temperatura e umidade

Monteiro (2008) destaca que a interação entre temperatura e umidade do ar com o ambiente é determinada por quatro parâmetros climáticos principais: temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do ar e radiação térmica. A análise do conforto térmico em ambientes externos é essencial para melhorar a qualidade de vida, influenciando positivamente o uso dos espaços públicos (*ibid*, 2008). Essas considerações são cruciais no planejamento urbano para proporcionar um ambiente produtivo e saudável (ASHRAE, 2020; IPCC, 2021).

A interação entre temperatura e umidade do ar é um fator decisivo para o conforto térmico humano, especialmente em ambientes urbanos, onde essa relação pode ser significativamente alterada pela urbanização intensa. Segundo Monteiro, (2008) esses parâmetros, aliados à velocidade do ar e à radiação térmica, são fundamentais para entender como as pessoas percebem o ambiente térmico ao seu redor (*ibid*, 1982).

Em situações de elevada umidade relativa, a capacidade de o corpo dissipar o calor por meio da evaporação do suor diminui drasticamente, levando a uma sensação de calor mais intensa e maior desconforto, conforme discutido por (Santos e Oliveira, 2015). Em climas quentes e húmidos, o stress térmico causado pela elevada umidade pode resultar em efeitos adversos para a saúde, como fadiga térmica e desidratação, impactando o bem-estar e a produtividade das pessoas em espaços externos (ASHRAE 2020).

Além disso, em ambientes urbanos, a criação de ilhas de calor agrava essa interação, elevando as temperaturas e piorando as condições de conforto. Segundo (Oke, 1982), áreas densamente construídas apresentam menos vegetação e superfícies pavimentadas que absorvem e retêm calor, aumentando ainda mais a sensação de calor.

O IPCC (2021) corrobora essa análise ao destacar que o aumento das temperaturas urbanas, agravado pelas mudanças climáticas, amplia os desafios relacionados ao conforto térmico, tornando essencial o uso de estratégias de mitigação, como a inclusão de áreas verdes e a criação de sombras artificiais.

A vegetação urbana, de acordo com estudos, desempenha um papel essencial na redução das temperaturas em microclimas urbanos, promovendo a evapotranspiração e melhorando a umidade relativa do ar, o que contribui para a redução do calor sentido pela população (Givoni, 1998).

A integração de soluções climáticas no planejamento urbano é fundamental para mitigar os efeitos adversos da interação entre temperatura e umidade do ar (Gonçalves e Ferreira, 2013). Cidades com uma alta densidade populacional e de edificações tendem a agravar as condições de conforto térmico, especialmente em climas tropicais e subtropicais (*ibid*, 2013). Essas áreas sofrem com a intensificação dos efeitos das ilhas de calor, que aumentam as temperaturas médias em até 5,0 °C em comparação com áreas rurais circundantes (Monteiro, 2008).

Além disso, o aumento da vegetação urbana desempenha um papel crucial nesse contexto. Segundo Bowler et al. (2010), a presença de árvores não apenas proporciona sombreamento, mas também ajuda a regular a umidade do ar por meio da evapotranspiração, reduzindo a temperatura ambiente local em até 2,0 °C. Essa combinação entre controle da temperatura e manutenção de níveis adequados de umidade melhora significativamente o índice de conforto térmico, resultando em cidades mais habitáveis e resilientes às mudanças climáticas (IPCC, 2021). Assim, a implementação dessas estratégias não só contribui para o bem-estar humano, mas também para a sustentabilidade ambiental e para a redução da pegada de carbono, ao diminuir a necessidade de sistemas artificiais de refrigeração (Santos e Oliveira, 2015).

2.3 Estudos em climas semiáridos

Em regiões semiáridas, como Apodi-RN, a baixa pluviosidade, umidade relativa do ar e seca prolongada são características predominantes (Leal, 2012). A análise do conforto térmico nessas regiões é crucial, considerando a alta temperatura durante a maior parte do ano. Estudos indicam que o planejamento urbano pode reduzir o estresse térmico, destacando a necessidade de compromissos com hábitos saudáveis e consciência ecológica (*ibid*, 2012).

Durante a estação chuvosa no clima semiárido de Apodi, RN, a umidade relativa tende a aumentar, o que pode amenizar o desconforto causado pelas altas temperaturas (Santos, 2011). Entretanto, mesmo com o aumento da umidade, há períodos em que o desconforto térmico persiste, especialmente quando ocorre a combinação de alta temperatura e ventilação (*ibid*, 2011). Nesses casos, estratégias como o uso de vegetação, melhoria na ventilação dos espaços urbanos e planejamento adequado das edificações podem mitigar esses efeitos negativos (*ibid*, 2011).

As condições climáticas das regiões semiáridas, caracterizadas por baixa pluviosidade e umidade relativa do ar, resultam em uma prolongada exposição a períodos de seca e altas temperaturas (Leal, 2012). Tais fatores influenciam diretamente o conforto

térmico dos habitantes, especialmente nas áreas urbanas (*ibid*, 2012). Nesse contexto, a análise do conforto térmico assume relevância, uma vez que se trata de uma medida que avalia a percepção humana do ambiente térmico em função da interação entre fatores climáticos, fisiológicos e comportamentais. Segundo Leal (2012), o estresse térmico causado pelas elevadas temperaturas pode ser mitigado por meio de um planejamento urbano eficiente, o qual deve integrar elementos de controle climático e adoção de estratégias passivas de construção.

O planejamento urbano em regiões semiáridas deve considerar a orientação adequada das edificações e a inclusão de áreas verdes que favoreçam a ventilação natural e a redução da temperatura ambiente (Silva, 2015). A vegetação, por exemplo, desempenha um papel fundamental na atenuação do calor, pois auxilia no controle da radiação solar e na umidificação do ar, promovendo uma sensação térmica mais agradável (*ibid*, 2015). Além disso, a escolha de materiais de construção com alta capacidade de refletância solar e isolamento térmico é imprescindível para minimizar a absorção de calor pelas superfícies construídas, especialmente em centros urbanos, onde ocorre o fenômeno das ilhas de calor (*ibid*, 2015).

Outro aspecto relevante para o conforto térmico em regiões semiáridas é o uso de técnicas de arquitetura bioclimática, que visam a adaptação das construções ao clima local (Almeida, 2018). Entre as estratégias mais eficazes estão o sombreamento de fachadas, a ventilação cruzada e o uso de telhados verdes, que, além de reduzir a temperatura interna das edificações, contribuem para o aumento da umidade do ar e a diminuição da temperatura superficial dos telhados (*ibid*, 2018). A aplicação dessas técnicas favorece a redução da dependência de sistemas artificiais de climatização, como o uso de ar-condicionado, que, além de aumentarem o consumo energético, contribuem para a degradação ambiental (*ibid*, 2018).

É importante destacar que o conforto térmico não se limita às questões físicas e arquitetônicas, mas envolve também fatores comportamentais e sociais (Rocha, 2016). A conscientização da população sobre a adoção de hábitos saudáveis, como o uso de roupas leves, a ingestão de líquidos e a limitação de atividades ao ar livre nos horários de maior radiação solar, são práticas essenciais para mitigar os efeitos do calor excessivo (Galvão, 2016). Dessa forma, um planejamento urbano adequado e a educação da população são essenciais para a promoção do bem-estar e da qualidade de vida em regiões semiáridas (*ibid*, 2016).

2.4 Importância da vegetação

A vegetação tem um papel central no controle do microclima urbano, especialmente em regiões semiáridas onde as condições climáticas são marcadas por altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (Sardo, Oliveira, 2013). De acordo com Sardo, Oliveira. (2013), a presença de áreas verdes e árvores em centros urbanos ajuda a reduzir os efeitos do calor intenso por meio da sombra e do processo de evapotranspiração. Essas áreas funcionam como reguladoras térmicas, diminuindo a temperatura do ar ao redor e promovendo uma sensação de frescor, o que impacta diretamente o conforto térmico dos habitantes (*ibid*, 2013).

Um dos mecanismos mais importantes pelos quais a vegetação contribui para o conforto térmico é a redução da radiação solar incidente sobre as superfícies urbanas. Árvores e plantas oferecem sombra natural, reduzindo a quantidade de calor que é absorvida por pavimentos, fachadas de edificações e outras superfícies que retêm calor, como asfalto e concreto (Fernandes, 2016). Isso é especialmente relevante em regiões semiáridas, onde o fenômeno das ilhas de calor urbanas é exacerbado devido à predominância de materiais que absorvem e irradiam calor (*ibid*, 2016).

Outro aspecto fundamental da vegetação urbana é o processo de evapotranspiração. Nesse processo, as plantas liberam vapor de água para a atmosfera, o que contribui para o aumento da umidade relativa do ar e a consequente diminuição da temperatura (Romero, 2013). Além disso, a vegetação influencia o conforto psicológico dos habitantes urbanos. Estudos indicam que áreas verdes podem reduzir os níveis de estresse e aumentar a sensação de bem-estar (Cardoso; Leite, 2014). Isso ocorre não apenas devido à melhoria das condições térmicas, mas também por fatores visuais e emocionais relacionados à presença de ambientes naturais no contexto urbano (*ibid*, 2014). A vegetação atua como um elemento que ameniza o impacto visual do ambiente construído, reduzindo o desconforto psicológico gerado pelas altas temperaturas e pela aridez (*ibid*, 2014). Dessa forma, a vegetação urbana não contribui apenas para o conforto físico, mas também para o bem-estar mental e emocional dos moradores (*ibid*, 2014).

O planejamento de áreas verdes e a escolha de espécies adequadas à região semiárida são, portanto, essenciais para maximizar os benefícios da vegetação no conforto térmico (Fernandes, 2016). O uso de plantas nativas, adaptadas às condições climáticas locais, é uma estratégia sustentável que garante a eficiência hídrica e a resiliência da vegetação em

períodos de seca (*ibid*, 2016). Além disso, a combinação de vegetação com outras estratégias urbanas, como a criação de corredores verdes e a integração de parques urbanos com a infraestrutura de ventilação natural, pode amplificar os efeitos positivos da vegetação sobre o microclima e o conforto térmico (*ibid*, 2016).

2.5 Estratégias adaptativas de conforto térmico

Conforme ressaltado o conforto térmico é um fator crucial para a interação dos usuários com o ambiente construído, afetando diretamente sua saúde, bem-estar e produtividade (Sousa, 2018). No contexto do semiárido, onde as condições climáticas são marcadas por temperaturas elevadas e baixa umidade, as estratégias adaptativas se tornam essenciais para a promoção do conforto térmico nos espaços internos (*ibid*, 2018).

As estratégias adaptativas podem ser divididas em três categorias principais: comportamentais, fisiológicas e psicológicas (Sousa, 2018). As estratégias comportamentais referem-se a ações realizadas pelos usuários para modificar o ambiente ou se ajustar a ele, como a mudança de vestuário, a abertura de janelas para ventilação ou o uso de ventiladores (*ibid*, 2018). Já as estratégias fisiológicas envolvem processos naturais do corpo humano, como a sudorese, que contribui para a regulação térmica (*ibid*, 2018). Por fim, as estratégias psicológicas englobam as expectativas e percepções dos indivíduos em relação ao conforto térmico, as quais são influenciadas por fatores como a familiaridade com o clima local e as experiências prévias em ambientes térmicos diversos (*ibid*, 2018).

No estudo conduzido por (Sousa, 2018), realizado na cidade de Campina Grande, Paraíba, foi observado que as pessoas adaptadas a climas quentes tendem a preferir ambientes mais frios para alcançar o conforto térmico. Esse comportamento reflete a teoria de que as pessoas buscam temperaturas mais amenas em regiões de clima quente, contrastando com a ideia de que a neutralidade térmica é o estado ideal de conforto (*ibid*, 2018). O estudo ainda aponta que a percepção térmica e as preferências por métodos de resfriamento variam de acordo com a exposição frequente a ambientes condicionados artificialmente e espaços externos (*ibid*, 2018). Observou-se que a velocidade do ar desempenha um papel fundamental na sensação de conforto térmico, com temperaturas operativas superiores a 25,5 °C sendo consideradas confortáveis em ambientes onde a velocidade do ar supera 1 m/s, sugerindo uma maior aceitabilidade a ventos mais fortes em espaços de lazer (*ibid*, 2018).

Esses achados indicam que as estratégias adaptativas desempenham um papel crucial na promoção do conforto térmico, sobretudo em regiões de clima severo, como o

semiárido paraibano (Sousa, 2018). É necessário, portanto, considerar tanto os fatores ambientais quanto as adaptações comportamentais e psicológicas dos usuários ao planejar edificações que proporcionem conforto térmico de forma eficiente (*ibid*, 2018).

2.6 A eficiência da ventilação natural em edifícios populares

Em climas quentes, como o do Brasil, a ventilação natural pode reduzir significativamente a demanda por ar-condicionado, promovendo uma economia de energia considerável (Morais, 2013). Ademais, essa abordagem auxilia na criação de um ambiente mais saudável, aprimorando a qualidade do ar ao diminuir a concentração de poluentes dentro das residências (*ibid*, 2013).

A ventilação natural pode ser dividida em duas principais categorias: ventilação regulada e infiltrações de ar (Morais, 2013). A ventilação regulada acontece quando o ar entra e sai através de aberturas específicas, como portas e janelas (*ibid*, 2013). Por outro lado, as infiltrações são fluxos de ar que atravessam brechas em materiais de construção, o que é frequentemente prejudicial, especialmente em regiões frias (*ibid*, 2013). No Brasil, a ventilação natural é sugerida para sete das oito zonas bioclimáticas, de acordo com a NBR 15220-3, representando uma alternativa de baixo custo e elevada eficácia (*ibid*, 2013).

Outro aspecto ressaltado na avaliação é a performance inferior dos edifícios de formato retangular e fachadas monolíticas, onde a ventilação cruzada é quase nula nos apartamentos centrais (*ibid*, 2013). Estes apartamentos utilizam ventilação unilateral, gerando um fluxo de ar insuficiente e uma troca de ar menos eficaz. A ausência de reentrâncias ou variações nas fachadas torna mais difícil estabelecer zonas de pressão distintas que permitiriam a movimentação do ar (*ibid*, 2013).

Para garantir que a ventilação natural seja eficiente, a localização e o tamanho das aberturas devem ser cuidadosamente projetados (Morais, 2013). O estudo mostra que, embora o aumento do tamanho das aberturas possa melhorar o fluxo de ar, há um limite para essa relação (*ibid*, 2013). Aumentar indiscriminadamente as aberturas não resulta necessariamente em um aumento proporcional na ventilação, sendo mais importante garantir que as aberturas estejam bem posicionadas em relação aos ventos predominantes (*ibid*, 2013).

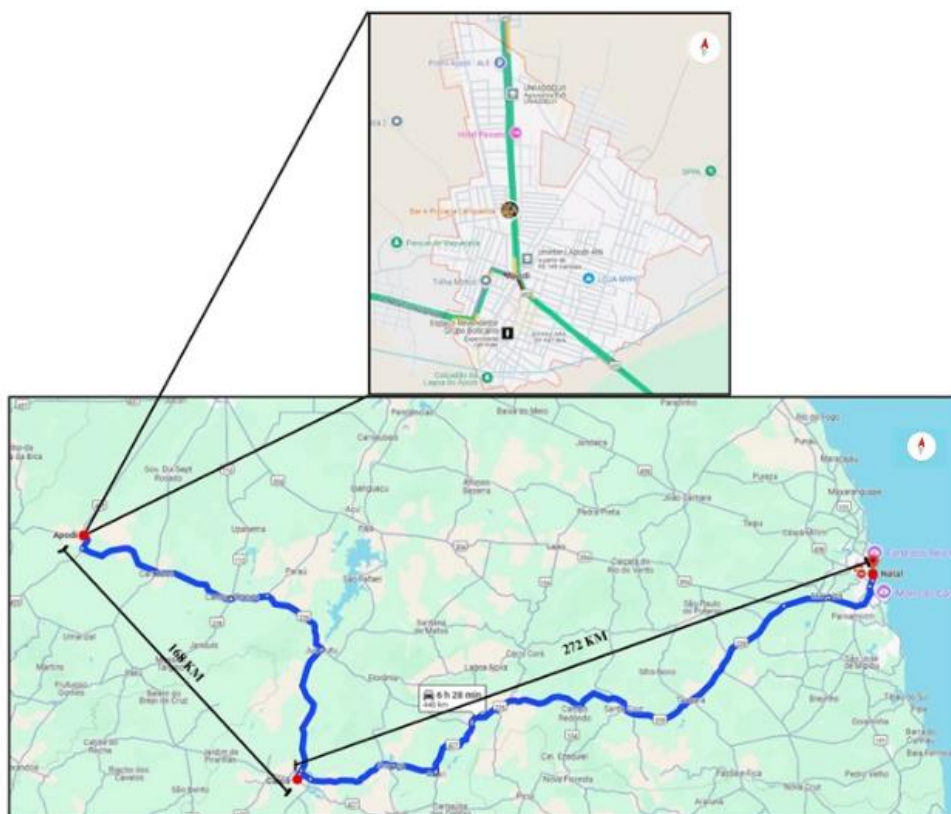
Morais (2013) sugere em sua pesquisa que os arquitetos de moradias populares deem preferência à ventilação natural em seus projetos, principalmente em regiões de clima quente, onde o conforto térmico é crucial. Esta estratégia, além de beneficiar a saúde e o bem-estar dos habitantes, também diminui o uso de energia elétrica, em consonância com a demanda por racionalização de recursos energéticos nas cidades (*ibid*, 2013).

3. METODOLOGIA

3.1 Recorte de estudo

A cidade de estudo está localizada no Rio Grande do Norte, região Nordeste do Brasil, e possui o clima semiárido. Apodi possui uma população estimada de 36.094 habitantes, conforme dados do IBGE de 2022.

Figura 1: Distâncias das cidades de Apodi, Caicó e Natal



Fonte: Google maps, adaptado pelo o autor (2024).

A cidade abrange uma área territorial de 1.602,477 km² (Figura 1:) e sua localização geográfica e infraestrutura, como a Barragem de Santa Cruz, desempenham um papel importante nas condições climáticas locais (IBGE, 2022). A barragem, além de ser uma fonte

crucial de água para o abastecimento humano e agrícola, também influencia o microclima, proporcionando áreas de lazer e recreação que impactam o bem-estar dos moradores (IBGE, 2022).

3.2 Coleta de dados

A metodologia adotada neste trabalho envolve a análise de dados meteorológicos fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e a pesquisa de campo, que contemplou observação do comportamento adaptativo dos moradores na busca por conforto térmico, estratégias adotadas nas edificações, além do mapeamento de recobrimento das ruas.

A coleta de dados meteorológicos foi realizada no site do INMET, abrangendo as médias diárias das seguintes variáveis: temperatura máxima, temperatura média, umidade relativa do ar, precipitação total, velocidade do vento. O período analisado compreende os anos de 2013 a 2023, oferecendo uma perspectiva das condições climáticas na cidade.

Na etapa de pesquisa de campo, realizada em 31 de agosto de 2024 com a ajuda de dois estudantes do curso, foram feitas fotografias com o intuito de identificar como os cidadãos buscam o conforto térmico. Os registros capturam práticas como o uso de sombras de árvores e construções, guarda-chuvas, e vestimentas adequadas para proteção solar, entre outras estratégias.

Outra finalidade foi identificar os tipos de pavimentação mais comuns nas ruas da cidade, pois o recobrimento das ruas pode impactar diretamente na absorção de calor e, consequentemente, no conforto térmico dos habitantes. Esse levantamento de recobrimento das ruas foi realizado de carro, o que possibilitou que a maior parte das vias pudessem ser inspecionadas ao longo do trajeto. Porém, algumas foram classificadas como áreas de risco e, por razões de segurança, não puderam ser acessadas. Por isso, nesses trechos, foi utilizado a plataforma Google Earth, utilizando os dados mais atualizados de 2024, que possibilitou a conferência de vias das zonas urbanas do município.

3.3 Tabulação e análise de dados

3.3.1 Dados climáticos

Os dados do INMET (2013 a 2023) foram organizados em planilhas eletrônicas com o objetivo de identificar variações climáticas ao longo dos anos. A análise descritiva dos dados utilizou a média diária para elaboração de gráficos, e assim, realizar a comparação anual das variáveis.

As medições meteorológicas foram ordenadas ano após ano e os meses foram classificados em estações, mais especificamente os meses de verão e inverno, onde o verão em nossa região são chuvosos e no inverno o clima é seco. Essa segmentação possibilitou uma análise distinta das condições climáticas nos dois períodos mais extremos do ano, permitindo a comparação entre os dados dos meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro e março), quando as temperaturas costumam ser mais elevadas, e os dados dos meses de inverno (junho, julho, agosto e setembro). Quando as condições climáticas são geralmente mais amenas. Esta análise foi relevante para compreender se há diferença entre as principais estações do ano, consequentemente, como isso pode impactar no conforto térmico dos habitantes.

As informações tratadas no Excel foram importadas no software RStudio, resultando na criação de gráficos do tipo caixa ou "box plot". Esses gráficos foram fundamentais para ilustrar a evolução dos dados ao longo do tempo, enfatizando o intervalo interquartil, que engloba a maior parte das informações, e os valores anômalos (outliers).

3.3.2 Recobrimento das ruas

Considerando que diferentes tipos de pavimentação têm capacidades térmicas diferentes, após o levantamento da situação de recobrimento das ruas da cidade em estudo, foi elaborado um mapa com as seguintes categorias: ruas asfaltadas, ruas com calçamento e ruas de terra. Cada tipo de pavimentação foi representado no mapa por uma cor distinta, o que facilitou a visualização e a interpretação das informações. Novamente o *software Google Earth* foi utilizado nos trechos onde não foi possível acessar de carro durante a visita de campo, e para fazer o próprio gráfico, também informando de forma precisa o quantitativo dos tipos de pavimentação das ruas através das cores utilizadas em cada categoria desenhada. Esse mapeamento foi analisado.

3.3.3 Estratégias adaptativas

As fotografias registradas em campo foram analisadas de forma qualitativa, com o objetivo de compreender as táticas empregadas pela população para enfrentar as altas temperaturas, tanto no que tange edificações como técnicas adaptativas pessoais. As fotografias foram selecionadas para enfatizar os aspectos mais significativos, tais como vestimentas, uso de sombras, adaptação de construções e outros procedimentos notados durante a pesquisa de campo.

As imagens foram classificadas e agrupadas segundo categorias específicas, cada uma representando um conjunto de soluções aplicadas para o conforto térmico, depois houve o

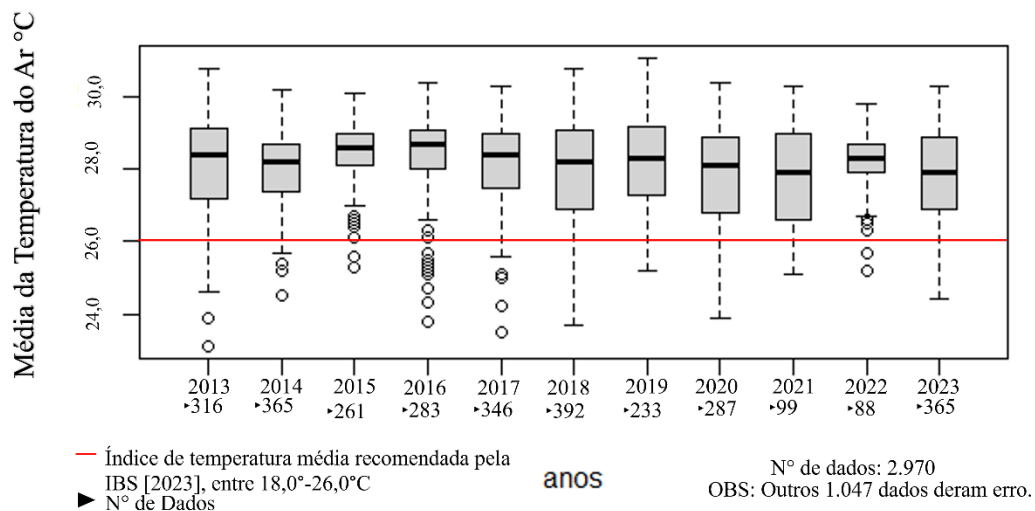
processo de edição no programa Adobe Photoshop. As imagens editadas foram alocadas no Canva, plataforma de design gráfico, e organizadas de maneira a formar colagens que reúnam claramente as táticas de mitigação do calor mais 23 observadas. A correlação entre essas observações e os dados meteorológicos possibilitou uma análise abrangente das condições de conforto térmico na cidade.

4. RESULTADOS

4.1 Condições climáticas

A Sociedade Internacional de Biometeorologia (ISB) desenvolveu o índice climático universal (UTCI - Universal Thermal Climate Index) com o objetivo de avaliar as condições térmicas de ambientes externos com base na resposta fisiológica do corpo humano. Esse índice é reconhecido como uma referência fisiologicamente válida, aplicável a diferentes tipos de clima, e define a faixa climática de conforto térmico entre 18,0 °C e 26,0 °C (ISB, 2023) para conforto térmico. A mediana das temperaturas permanece entre 28,0 °C e 29,0°C, aproximadamente do limite máximo recomendado para conforto térmico (26,0 °C), o que é destacado pela linha vermelha no Gráfico 1. A presença de outliers fora das caixas e abaixo da linha de referência de conforto nos anos de 2013, 2016 e 2017 indica valores atípicos de temperatura, com registros consideravelmente mais baixos em comparação com a mediana e dentro da faixa de conforto recomendada (Gráfico 1).

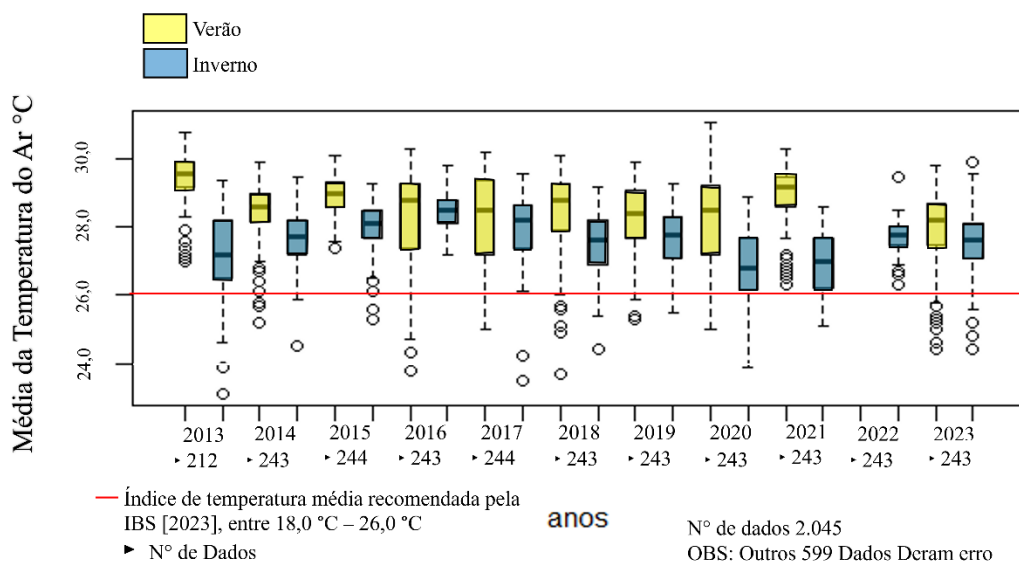
Gráfico 1 - Variação média da temperatura da ar.



Fonte: Autor (2024).

O Gráfico 2 mostra a distribuição da média da temperatura do ar durante as estações de verão e inverno. A análise dos dados revela que a temperatura média no verão (representada pela caixa amarela) é mais elevada em comparação ao inverno (representado pelas caixas azuis). No verão, as medianas da temperatura variam entre 28,0 °C e 29,5 °C, enquanto no inverno os valores médios oscilam entre 27,0 °C e 28,5 °C, evidenciando que os meses iniciais de (verão) suas medianas estão acima do máximo recomendado pela (linha vermelha). Esse comportamento está alinhado com a expectativa para regiões semiáridas, onde a amplitude térmica sazonal é relativamente baixa, é possível notar no gráfico uma diferença entre as estações. O ano de 2022 não apresentou dados suficientes em ambas as figuras, sendo, portanto, excluído da análise.

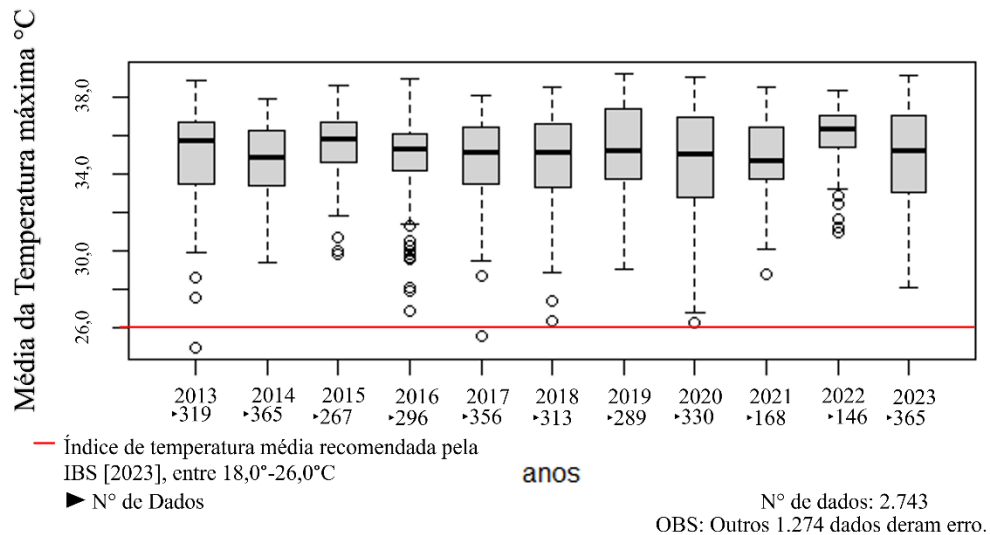
Gráfico 2 - Variação média da temperatura do ar entre verão e inverno.



Fonte: Autor (2024).

É importante ressaltar que os valores apresentados nos gráficos 1 e 2 não refletem plenamente a realidade do conforto térmico, uma vez que a média considera os dados coletados tanto pela manhã quanto à noite, cuja temperatura tende a ser mais baixa, o que pode impactar a média diária. Por isso, outra análise para o estudo da temperatura foi realizada, a análise da temperatura máxima do ar, apresentando medianas acima do recomendado para conforto em ambiente externo (10,0 °C acima do máximo recomendado), e tendo registrado temperaturas máximas acima de 38,0 °C (Gráfico 3). Gráfico 3 mostra como são as condições climáticas na região semiárida, com um calor elevado enfrentado pela população. A constância dessas altas temperaturas ao longo dos anos é um indicativo claro do desconforto térmico prolongado na região. O gráfico também destaca a presença de *outliers*, que representam dias com temperaturas máximas menores, abaixo dos 25,0 °C, como também mais altas ultrapassando os 38,0 °C (Gráfico 3).

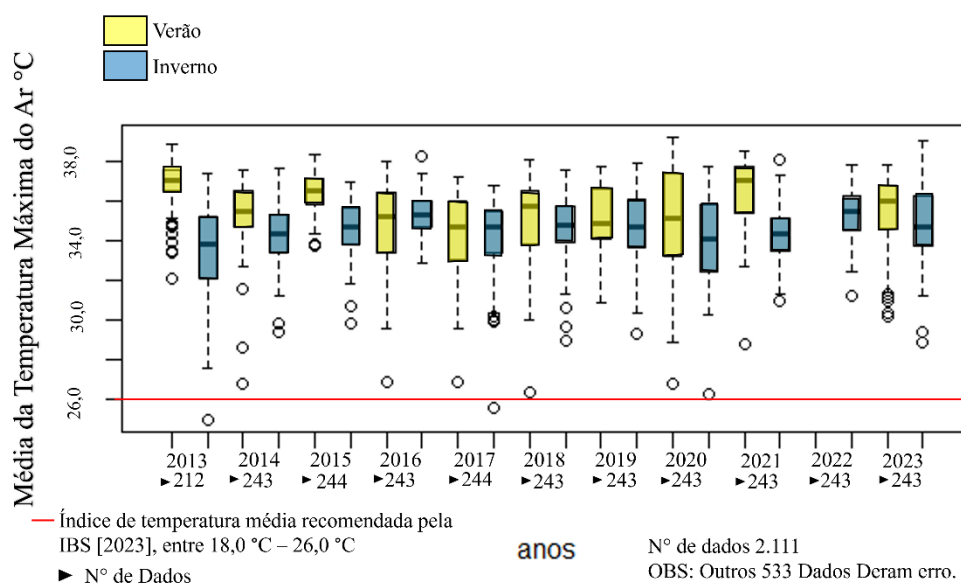
Gráfico 3 - temperatura máxima do ar.



Fonte: Autor (2024).

O gráfico 4 mostra a distribuição da média da temperatura máxima do ar durante a época de verão e inverno. As temperaturas no verão são mais elevadas, com medianas variando entre 34,0°C e 37,5°C. Já no inverno, as medianas variam entre 34,0°C e 35,5°C, a avaliação da mediana confirma que os verões são sempre mais quentes, esses dados indicam que, em ambas as estações, as temperaturas estão consistentemente elevadas em relação ao intervalo de conforto térmico recomendado. No verão, as medianas ultrapassam o limite de conforto em aproximadamente 8,0 °C a 12,0 °C, no inverno, as medianas também permanecem acima do limite, ficando cerca de 4,0 °C a 8,0 °C acima do recomendado.

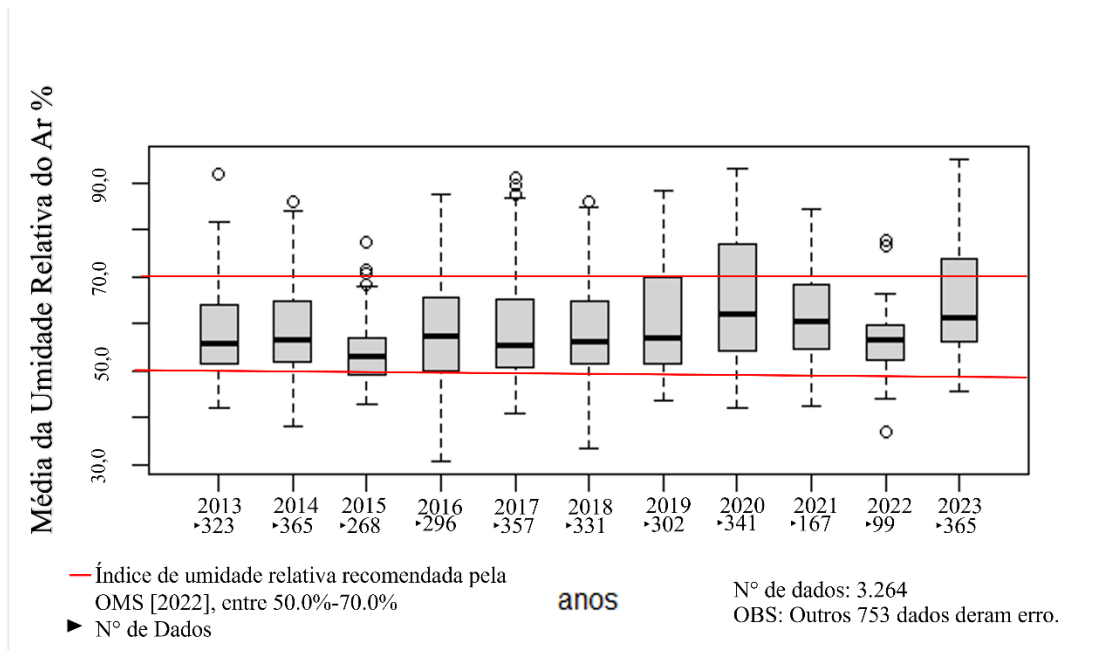
Gráfico 4 - Temperatura máxima média do ar entre verão e inverno.



Fonte: Autor (2024).

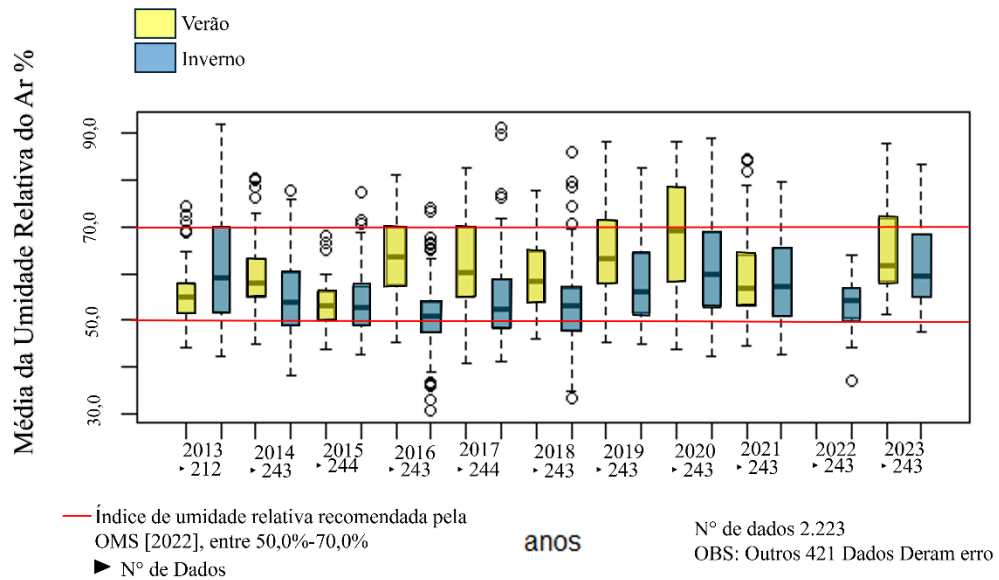
O gráfico 5 demonstra a representação da média da umidade relativa do ar. Conforme mencionado anteriormente. Apodi apresenta as medianas dentro do recomendado ao longo dos anos (Gráfico5). O mesmo comportamento também é visto na análise entre as estações (Gráfico 6), medianas dentro da faixa recomendada pela OMS (em vermelho), porém as medianas tendem a ser maiores no verão, o que deve estar associado ao período de chuva acontecer nesse período. Durante os meses de junho a setembro, que correspondem ao período seco em Apodi, com pouca ou nenhuma precipitação, o gráfico 6 mostra que a umidade relativa tende a cair. *Outliers* são observados praticamente em quase todos os anos mostrando valores superiores a 70.0% em ambas as estações. Nas estações de inverno os outliers chegam a ficarem abaixo dos 40.0% nos anos de 2016, 2018 e 2022 (Gráfico 6).

Gráfico 5 - Média da umidade relativa do ar.



Fonte: Autor (2024).

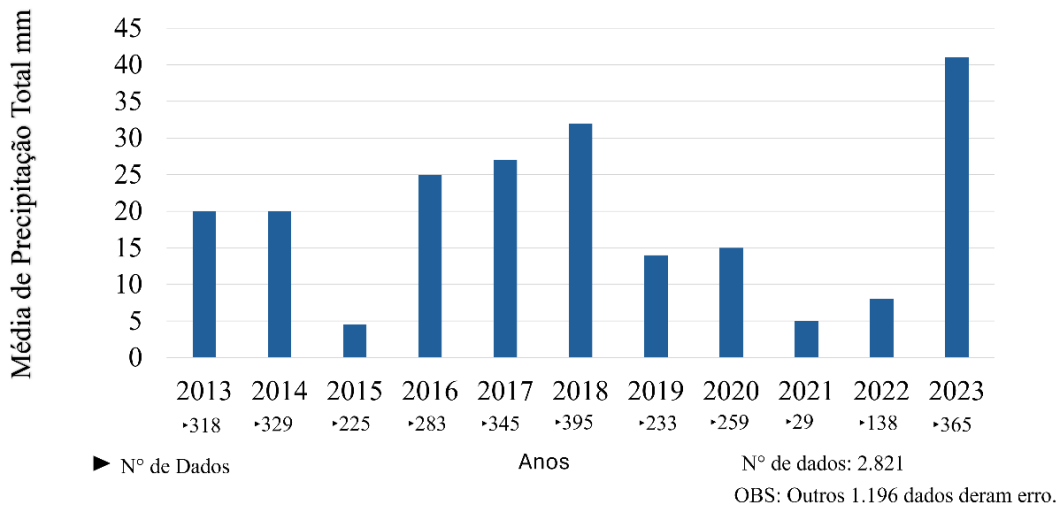
Gráfico 6 - Média da umidade relativa do ar entre verão e inverno.



Fonte: Autor (2024).

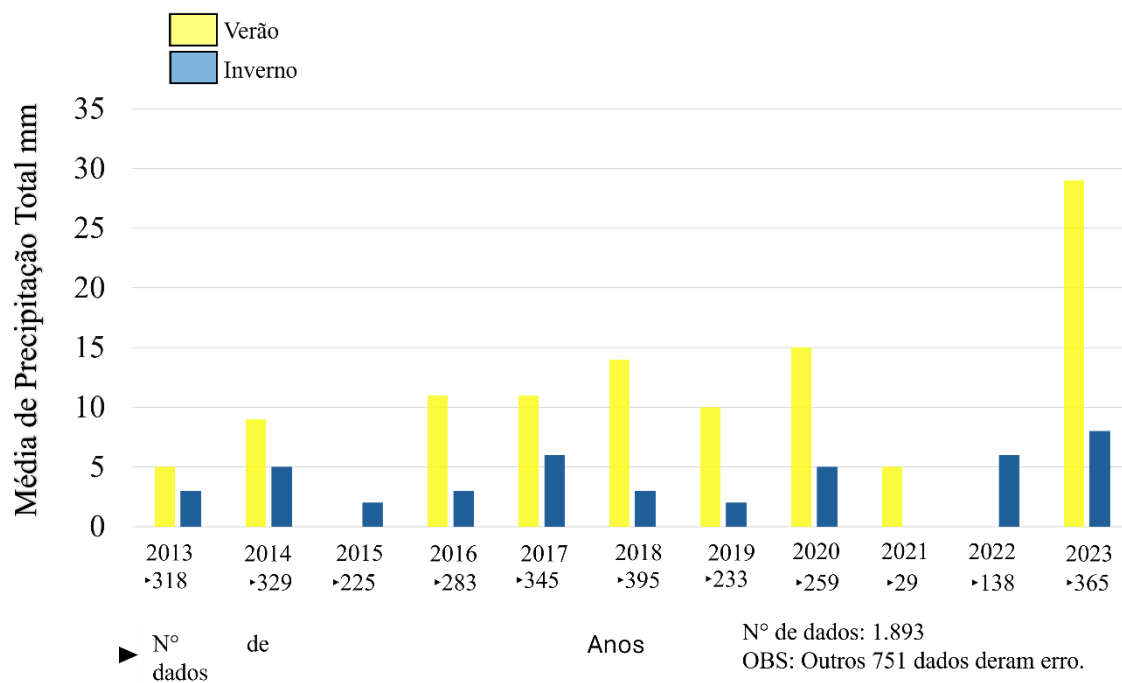
O gráfico 7 representa a distribuição média de precipitação anual em milímetros (mm). Em 2021, não houve dados suficientes para análise, em 2022, foram registrados apenas dados parciais. Em termos de precipitação, observa-se o padrão típico de um clima semiárido, é possível identificar alguns episódios de chuva com volumes 40 mm. Comparando as estações, nota-se um maior volume de precipitação no verão, refletindo o fato de que, no semiárido, os meses de verão coincidem com a estação chuvosa (Gráfico 8).

Gráfico 7 - Média de precipitação total.



Fonte: Autor (2024).

Gráfico 8 - Média de precipitação total entre verão e inverno.

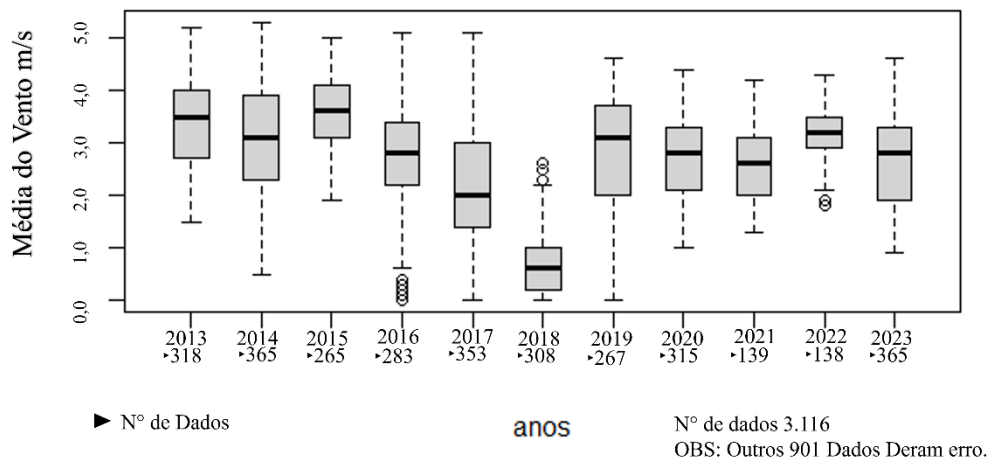


Fonte: Autor (2024).

O gráfico 9 mostra a distribuição das médias de velocidade do vento para o período analisado, compreendendo medianas entre 2,0 e 3,5 m/s, exceto em 2018, abaixo de 1.0 m/s, registro muito mais baixo que o normal. Esse comportamento atípico não pôde ser plenamente explicado nesta pesquisa, devido, sobretudo, à insuficiência de dados disponíveis para uma análise aprofundada. No geral, as medianas de velocidade se enquadram no recomendado de até 2,5 m/s (Vecchi, 2011), uma vez que considerada aceitável, as correntes de ar ajudam a reduzir a sensação térmica de calor. Porém vale ressaltar que esse é um vento quente e seco que pode ocasionar um desconforto devido ao clima da região.

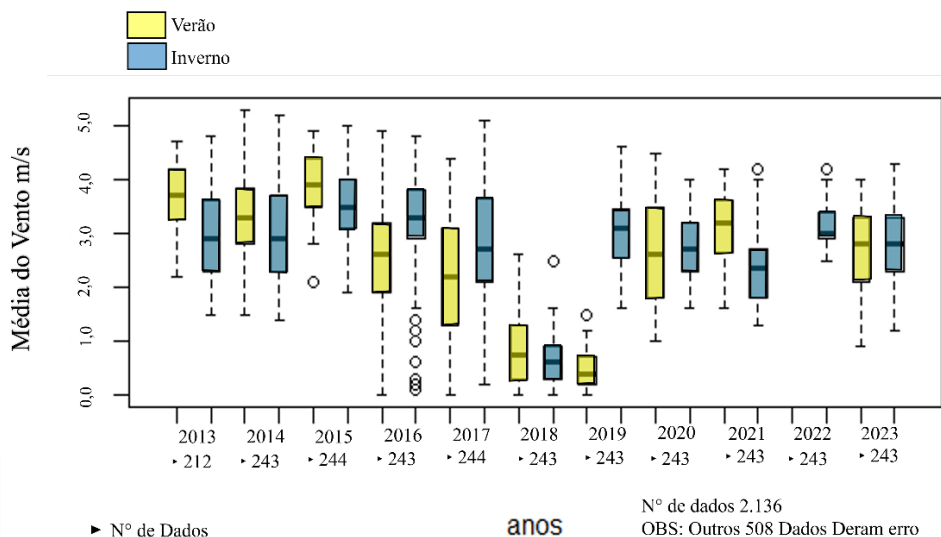
O gráfico 9 mostra os dados de verão e inverno, tendo as medianas do vento no verão ligeiramente acima que as medianas de inverno de mesmo ano, em pouquíssimos anos o comportamento da mediana foi inverso, e em 2023 as medianas registradas foram iguais. As medianas tiveram grande variabilidade entre os anos, por exemplo, verões com menos de 1.0 m/s, como registrados nos anos de 2018 e 2019. No ano de 2023, os valores ficaram próximos de 3,0 m/s, enquanto em 2015 chegaram a aproximadamente 4,0 m/s (Gráfico 9).

Gráfico 9 - Média do vento.



Fonte: Autor (2024).

Gráfico 10 - Média do vento entre verão e inverno



Fonte: Autor (2024).

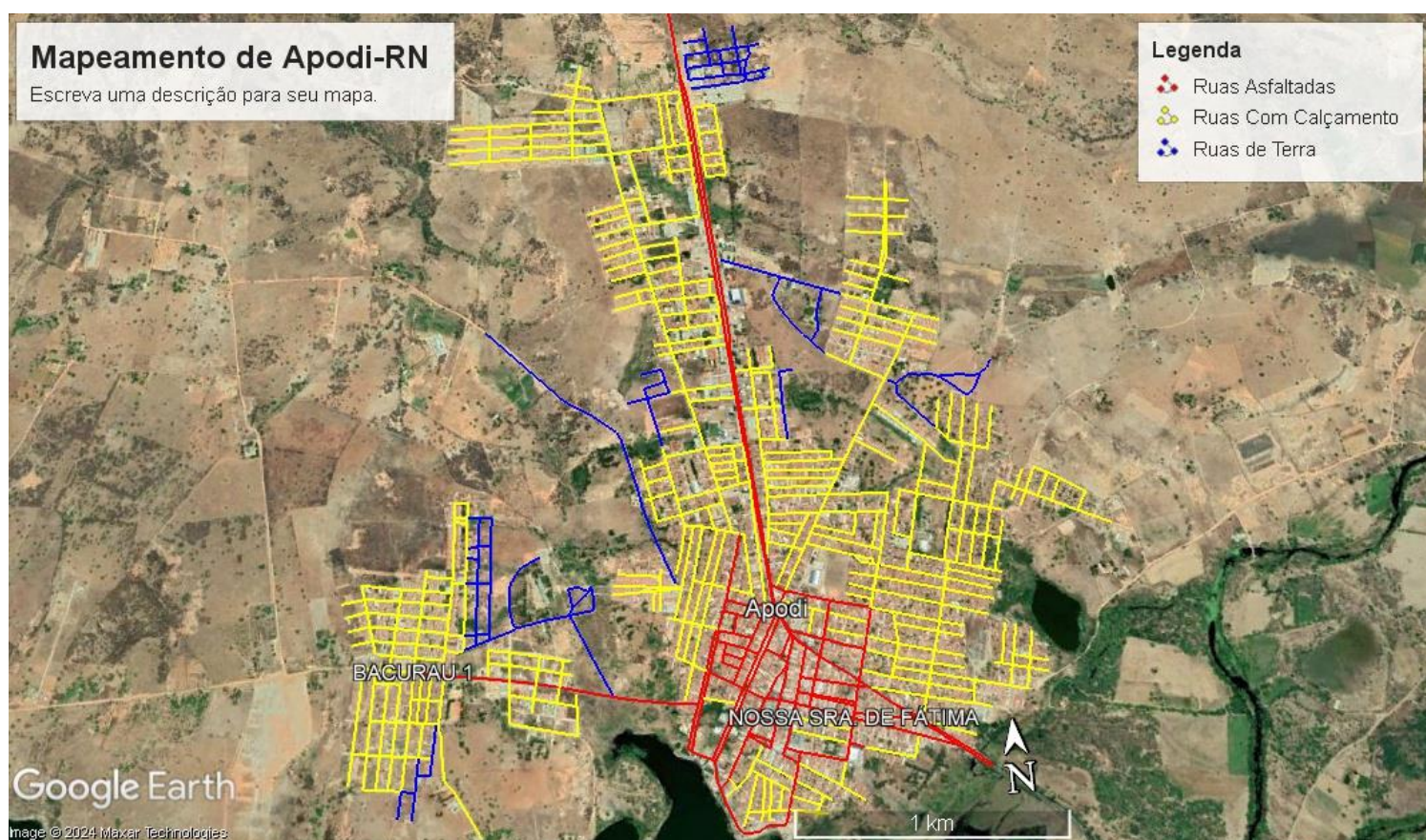
4.2 Recobrimento das vias

A figura 2 mostra o mapeamento da cidade de Apodi, onde a cor vermelha significa as ruas que são asfaltadas, que representa 20,86% das vias da cidade, o amarelo são as ruas com calçamento com 67,80% e pôr fim a cor azul representa ruas de terras com 11,34%. Ruas asfaltadas e com calçamentos somam um total de 88,66% dos tipos de ruas, essas superfícies,

especialmente o asfalto, têm um papel significativo na elevação das temperaturas nas regiões onde predominam.

A pavimentação urbana, especialmente com asfalto, impacta o conforto térmico nas cidades, elevando as temperaturas em um fenômeno conhecido como "ilha de calor urbana", pois superfícies pavimentadas absorvem e retêm calor durante o dia, liberando-o lentamente à noite (Santamouris, 2014).

Figura 2: Mapeamento das ruas de Apodi-RN com indicação dos tipos de pavimentação.



Fonte: Autor (2024).

4.3 Estratégias adaptativas

Uma das adaptações ao clima mais evidentes é a utilização de tendas e coberturas, como ocorre na feira de rua (Figura 3). Outra modificação relevante é a instalação de toldos nas fachadas dos estabelecimentos. Esses toldos contribuem para oferecer sombra às calçadas e aos estabelecimentos, reduzindo a incidência direta do sol, o que elevaria a temperatura interna, o que contribui para ter um ambiente menos hostil para quem circula na área ou trabalha. Também foram observadas construções que possuem varandas e beirais amplos, que resguardam as janelas da luz solar direta, contribuindo para manter o ambiente interno das casas mais arejado.

Este tipo de arquitetura é habitual em áreas quentes, onde é crucial reduzir a exposição solar para prevenir o aquecimento excessivo dos ambientes internos. Outra estratégia adaptativa é a existência de áreas cobertas nas ruas, seja através de toldos, vegetação ou elementos da cidade como as próprias edificações que são utilizadas como sombras.

Figura 3: Estratégias positivas nas edificações.



Fonte: Autor (2024).

Já sobre as estratégias adaptativas adotadas pelos usuários (Figura 4) para proteção individual ao calor, observa-se o uso de roupas leves por indivíduos que circulam pelas ruas, roupas com mangas e proteções solares, chapéus, uma adaptação habitual em áreas de clima quente. Árvores nas calçadas proporcionam zonas de sombra que melhoram o ambiente urbano e diminuem o calor experimentado pelos indivíduos que se deslocam a pé, essa busca por sombra leva até mesmo ao estacionamento indevido de motos em calçadas, bloqueando trechos de passagens. Também é comum encontrar animais nas áreas sombreadas, ou dentro de lojas buscando por ambientes refrigerados. Em resumo, a figura 4 mostra como as pessoas ajustam suas atividades cotidianas para suportar o calor, utilizando sombras, vestimentas leves e espaços cobertos para interação social.

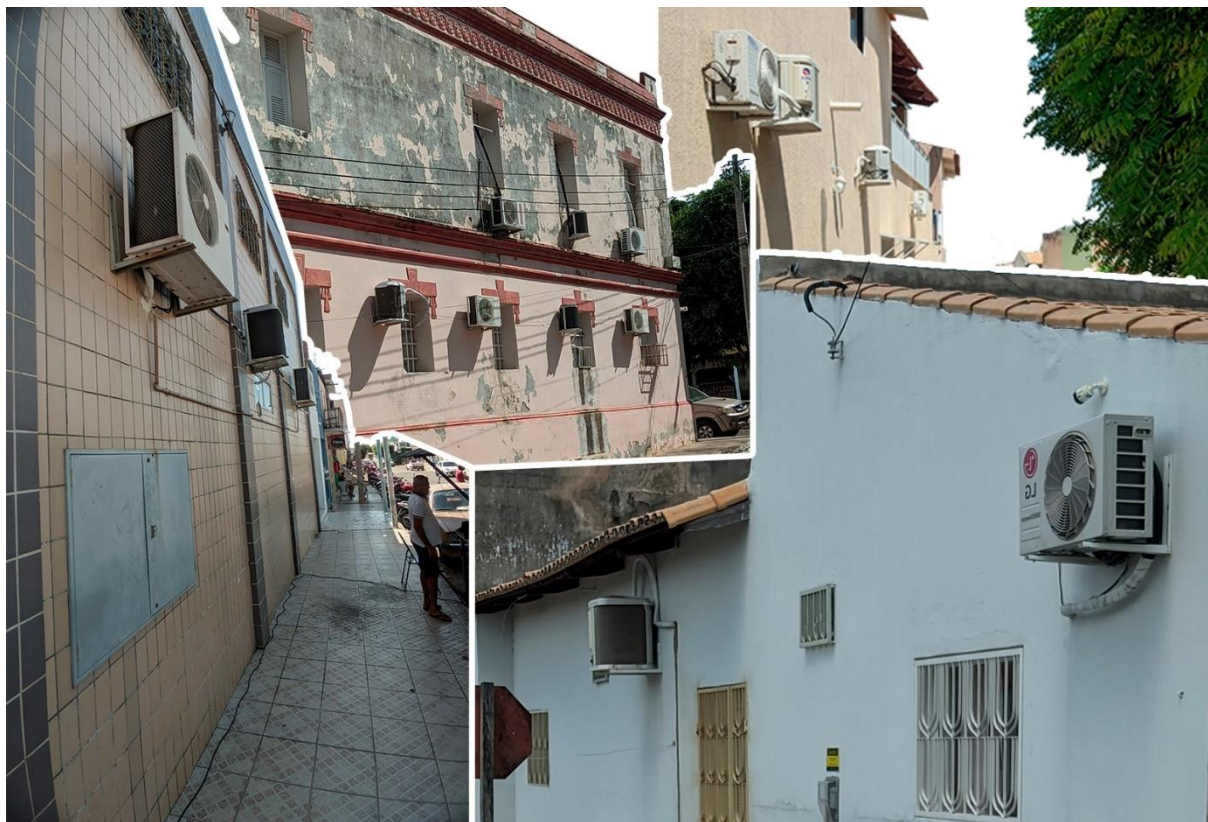
Figura 4: Estratégias adaptativas positivas dos usuários.



Fonte: Autor (2024).

A figura 05 mostra elevado número de equipamentos instalados usados para proporcionar um clima mais agradável em ambientes internos em termos de conforto térmico. O ar-condicionado é extremamente eficiente em aprimorar as condições internas, proporcionando alívio em ambientes quentes, particularmente em áreas de clima quente, como é o caso de Apodi, porém isso irá repercutir no aumento do consumo de energia para que se tenha o controle das condições térmicas internas. A crescente presença de aparelhos de ar-condicionado nas residências pode estar associada ao aumento da busca por sistemas de energia solar, que oferecem uma alternativa sustentável para suprir a demanda energética gerada pelo uso intensivo de climatizadores.

Figura 5: Estratégias paliativas usadas nas edificações.



Fonte: Autor (2024).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo sobre o conforto térmico em Apodi-RN ofereceu contribuições significativas para a compreensão das condições climáticas locais e das táticas de adaptação usadas pela população. A partir da avaliação dos dados meteorológicos recolhidos entre 2013 e 2023, constatou-se que a cidade lida com temperaturas médias anuais elevadas.

Este acontecimento destaca a relevância de práticas urbanísticas e arquitetônicas capazes de atenuar os impactos do calor e aprimorar a qualidade de vida dos residentes. Esta pesquisa acerca do conforto térmico em Apodi-RN.

No verão, as temperaturas máximas superam os 36°C, enquanto no inverno se mantêm elevadas, com pouca variação. A umidade relativa do ar é maior no verão e menor no inverno. A precipitação, que ocorre principalmente no verão, não consegue atenuar o calor intenso. De acordo com o gráfico, as medianas das temperaturas máximas no verão estão cerca de 8°C a 12,0 °C acima do limite máximo de conforto recomendado, que é de 26,0 °C. No inverno, as medianas também permanecem elevadas, aproximadamente 4,0 °C a 8,0 °C acima do recomendado, com valores entre 30,0 °C e 34,0 °C. Esses dados indicam que, em ambas as estações, as temperaturas estão consistentemente acima do intervalo de conforto térmico,

levando a população a adotar estratégias adaptativas, como a procura de sombras, vestimentas leves e a instalação de ar-condicionado, para lidar com o desconforto.

No entanto, isso levanta questões de sustentabilidade, principalmente devido ao crescimento no uso de energia. Portanto, a pesquisa conclui que a adoção de um planejamento urbano mais ecológico, com ênfase em espaços verdes e materiais que absorvam calor, é crucial para aprimorar a qualidade de vida dos habitantes de Apodi, face a um clima desfavorável e em constante mudança. As estratégias adaptativas para conforto térmico no ambiente externo identificadas durante a pesquisa foram, principalmente, a procura por sombras, o uso de roupas leves, chapéu, roupas solares com mangas, entre outros.

As estratégias adaptativas adotadas nas edificações demonstram que há uma grande utilização de toldos, coberturas, lonas improvisadas e árvores. Essas construções destacam-se como ações importantes para reduzir a incidência solar direta e diminuir o desconforto térmico.

Adicionalmente, a existência de árvores e espaços verdes é crucial para a regulação do microclima urbano, diminuindo a temperatura das vias pavimentadas e aprimorando a sensação térmica dos residentes.

Este estudo também revelou que a disposição dos diferentes tipos de pavimentação em Apodi afeta diretamente o conforto térmico na cidade. As vias pavimentadas, que constituem 20,86% do perímetro urbano, têm a capacidade de absorver e armazenar mais calor, favorecendo a formação de microclimas mais aquecidos nas regiões centrais. Por outro lado, o calçamento, presente em 67,80% das vias, também causa impacto, porém em menor proporção, graças à sua capacidade de dissipar o calor de forma mais eficaz do que o asfalto. Por fim, as ruas de terra, que correspondem a 11,34%, têm uma menor contribuição para o aumento da temperatura. No entanto, sua presença é limitada em áreas urbanas mais desenvolvidas.

Outra alternativa mais comumente empregada, como o ar-condicionado, apesar de eficiente por ser possível controlar a temperatura do ambiente, têm efeitos negativos no uso de energia e na sustentabilidade ambiental. Portanto, o planejamento urbano de Apodi deve priorizar soluções mais sustentáveis, como o aumento de espaços verdes e a utilização de materiais de construção que auxiliem na dissipação de calor. Em suma, esta pesquisa enfatiza a importância de políticas públicas focadas no desenvolvimento urbano sustentável, com ênfase no conforto térmico dos habitantes, particularmente em áreas semiáridas como Apodi, contribuindo para uma melhor qualidade de vida e bem-estar para os residentes dessa área.

Este estudo possui restrições, como a inviabilidade de visitar todas as regiões da cidade durante a pesquisa de campo e a ausência de informações meteorológicas completas em certos anos, o que pode ter impactado os achados.

Pesquisas futuras sobre o conforto térmico em Apodi podem investigar métodos inovadores para melhorar a eficiência térmica das construções e avaliar as consequências das alterações climáticas previstas para a área. Ademais, examinar a possibilidade de empregar energias renováveis, tais como solar e eólica, na climatização sustentável pode contribuir para diminuir a dependência de fontes não renováveis, aprimorando o conforto térmico da população de maneira sustentável.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. J. Arquitetura bioclimática: **soluções sustentáveis para climas áridos e semiáridos**. São Paulo: Editora Sustentável, 2018.

ASHRAE. **ANSI/ASHRAE Standard 55-2020: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2020.

BOWLER, D. E.; BUYUNG-ALI, L.; KNIGHT, T. M.; PULLIN, A. S. **Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence**. *Landscape and Urban Planning*, v. 97, n. 3, p. 147-155, 2010.

Bröde, P., Fiala, D., Błażejczyk, K., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., Tinz, B., & Havenith, G. (2012). Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *International Journal of Biometeorology*, 56(3), 481–494. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0454-1>

CARDOSO, F. A.; LEITE, M. L. **A influência das áreas verdes no bem-estar psicológico em ambientes urbanos**. Belo Horizonte: Editora Verde, 2014.

CARFAN, ANA CLÁUDIA.; GALVANI, E.; NERY, J. T. O efeito do sombreamento no conforto térmico. Estudo de caso: cidade de São Paulo. **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra**, 2010.

FANGER, P.O. **Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering**. New York: McGraw-Hill, 1973.

FERNANDES, R. P. **Vegetação urbana e ilhas de calor: estratégias para a sustentabilidade em climas semiáridos**. Natal: Editora Sustentável, 2016.

Frota, Anésia Barros. **Manual de Conforto Térmico: arquitetura, urbanismo**. 5. ed. — São Paulo: Studio Nobel, 2001. Disponível em: <https://docplayer.com.br/935754-Manual-de-confortotermico.html>. Acesso em: 4 ago. 2024.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. 2. ed. 1995.

G1, **POPULAÇÃO de Apodi (RN) é de 36.094 pessoas, aponta o Censo do IBGE**. 28 jun. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2023/06/28/populacao-de-apodi-rn-e-de-36-094-pessoas-aponta-o-censo-do-ibge.ghtml>. Acesso em: 1 ago. 2024.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. Hoboken: John Wiley & Sons, 1998.

GONÇALVES, J. P.; FERREIRA, C. M. **Planejamento urbano e conforto térmico: estratégias de mitigação das ilhas de calor nas cidades**. *Revista de Urbanismo Sustentável*, v. 2, n. 1, p. 45-58, 2013.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>.

INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMETEOROLOGY. Commission 6 for the Development of a Universal Thermal Climate Index (UTCI). Report for 2003. Genebra: ISB Commission 6, 2003.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. 29 jan. 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 5 ago. 2024.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021.

LEAL, Luciana. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba-PR**. 2012.

MONTEIRO, C. A. **Clima e planejamento urbano: uma abordagem sistêmica**. *Revista Brasileira de Climatologia*, n. 4, p. 23-35, 2008.

MORAIS, J. M. S. C. Ventilação natural em edifícios multifamiliares do" Programa Minha Casa Minha Vida. **Campinas: Tese (Doutorada). Faculdade de Eng. Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas**, 2013.

National Centers for Environmental Information (NCEI). ANNUAL. Global Climate Report. 12 jan. 2024. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313>. Acesso em: 4 ago. 2024.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1982.

ROCHA, Vicente de Paula Teixeira et al. **Conforto térmico de residência no semiárido paraibano**: estudo de caso. 2016.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. SciELO-Editora UnB, 2013.

Santamouris, M. (2014). **On the energy impact of urban heat island and global warming on buildings**. Energy and Buildings, 82, 100-113.

SANTOS, Joel Silva. *Análise das condições do campo térmico em ambiente urbano: Estudo de caso em campus universitário*. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 2, p. 336-353, 2011.

SANTOS, P. C.; OLIVEIRA, J. C. *Conforto térmico em áreas urbanas: impactos da umidade relativa e temperatura do ar na saúde pública*. **Revista Brasileira de Saúde e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 60-72, 2015.

SARDO, A.; OLIVEIRA, R.; PEREIRA, L. *Efeitos da vegetação no conforto térmico urbano em áreas de clima semiárido*. Fortaleza: Editora Clima, 2013.

SCHELB, Cristina Galvão. **Avaliação de tipologias construtivas nos critérios de sustentabilidade: estudo de casos–telhas**. 2016.

SILVA, R. A. Urbanização e conforto térmico: *o papel da vegetação em áreas de clima semiárido*. Fortaleza: Editora Clima, 2015.

SOUSA, Mayara Cynthia Brasileiro de. *Desejo por conforto térmico: estratégias adaptativas e modelos de conforto térmico no semiárido paraibano*. 2018. 102 f.

VEIGA, M. M.; ALMEIDA, R.; DUARTE, F. **O desconforto térmico provocado pelos equipamentos de proteção individual (EPI) utilizados na aplicação de agrotóxicos**. **Laboreal**, v. 12, n. 2, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (OMS). **Who housing e health guidelines**. Environment, Climate Change e Health, Guidelines Review Committee, 2018, ISBN 978 92-4-155037-6. 172 p. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550376>.