



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

FLÁVIA INGRID BEZERRA PAIVA GOMES

**ADEQUAÇÃO DE ÍNDICES A PARTIR DA PERCEPÇÃO DE CONFORTO E
PROPOSTA DE DIAGRAMA DE CONFORTO TÉRMICO HUMANO DO
SEMIÁRIDO (DICTHUS)**

FORTALEZA

2024

FLÁVIA INGRID BEZERRA PAIVA GOMES

ADEQUAÇÃO DE ÍNDICES A PARTIR DA PERCEPÇÃO DE CONFORTO E
PROPOSTA DE DIAGRAMA DE CONFORTO TÉRMICO HUMANO DO
SEMIÁRIDO (DICTHUS)

Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Geografia. Área de Concentração: Dinâmica Territorial. Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semiárido.

Orientadora: Dra. Maria Elisa Zanella.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- G614a Gomes, Flávia Ingrid Bezerra Paiva.
Adequação de índices a partir da percepção de conforto e proposta de Diagrama de Conforto Térmico Humano do Semiárido (DICTHUS) / Flávia Ingrid Bezerra Paiva Gomes. – 2024.
199 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2024.
Orientação: Profa. Dra. Maria Elisa Zanella.
1. Bioclimatologia humana. 2. Clima semiárido. 3. Índices de conforto térmico. I. Título.
CDD 910
-

FLÁVIA INGRID BEZERRA PAIVA GOMES

ADEQUAÇÃO DE ÍNDICES A PARTIR DA PERCEPÇÃO DE CONFORTO E
PROPOSTA DE DIAGRAMA DE CONFORTO TÉRMICO HUMANO DO
SEMIÁRIDO (DICTHUS)

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Geografia. Área de Concentração: Dinâmica Territorial. Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semiárido.

Avaliado em 25/06/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Maria Elisa Zanella (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Marta Celina Linhares Sales
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. João Paulo de Assis Gobo.
Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

Prof.^a Dra. Rebeca Luna Lucena
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Joel Silva dos Santos
Universidade Federal da Paraíba

Para ser realizada esta pesquisa passou por Itaguá-Campos Sales, onde está enterrada Bárbara de Alencar, heroína da Confederação do Equador; por Tauá, terra de Jovita Feitosa, que não deixou a condição feminina lhe impedir de se alistar; e por Crateús, terra de inúmeras mulheres memoráveis, dentre elas a que me ensinou o significado da palavra coragem: Maria Idalina de Araújo Bezerra, minha mãe.

Por isso mesmo **ela é dedicada àquelas que ficam, quando os outros se vão: às aguerridas, resilientes e incansáveis mulheres sertanejas. À elas que geram a maior e mais preciosa riqueza desta terra: o seu povo; dedico esta tese.**

Em especial à mais incrível sertaneja que já conheci: Maria de Lourdes Gomes Bezerra, minha tia-avó, que colaborou nesta pesquisa e hoje roga por nós lá do céu.

AGRADECIMENTOS

A Deus, sentido maior de todas as coisas. “Que nesta pesquisa e na minha vida seja feita a Tua vontade e não a minha”. E à Maria Auxiliadora, Sua mãe e minha, que sempre me deu um colo aconchegante em minhas aflições.

A Idalina (mãe), tia Naninha (*in memoriam*), Mateus, Iarla, Ana Vanessa (irmãos de sangue e do coração), e Lúcio Flávio (pai), por serem o berço onde fui embalada pra vida.

Às minhas gigantescas famílias: Bezerra, Paiva, Bonfim, Gomes. Que, como boas famílias sertanejas, apoiam, acolhem, alimentam, ajudam em tudo que podem e no fim conseguem me levar onde eu jamais conseguiria chegar sozinha. E em especial quero agradecer ao meu tio-bisavô, Otacílio Bezerra Bonfim – o professor vaqueiro (*in memoriam*) por, ao me acolher de forma tão amorosa, ter me religado às minhas raízes sertanejas de um modo tão forte e profundo, que gerou uma marca indelével em mim.

Ao meu esposo, Paulo Ricardo Barboza Gomes, poderia agradecer ao amor, parceria e zelo... mas nossa história é longa, já fiz isso na monografia e na dissertação e quem nos conhece é capaz de ver isso no nosso dia-a-dia. Sendo assim, quero agradecer por outra coisa: pela ideia que tive em uma de nossas muitas divagações científicas quando vi, que numa metodologia semelhante a que você usava, poderia tentar tirar do campo das ideias uma inquietação que me acompanhava desde a graduação e que se tornou a semente inicial desta tese. Agradeço ainda pela realização de parte dos cálculos e gráficos – os que foram realizados no *software python*. É muito bom saber que juntos não somos apenas pessoas melhores, mas também cientistas melhores.

À todas as pessoas incríveis que dedicaram seu tempo e esforços pra me acolher, ajudar, transportar, alimentar e introduzir às comunidades visitadas em campo:

- Às ex-alunas e amigas Maria Vanuza Barros da Silva, Iohannah Alves Bonfim, e Ivory Mayara Bezerra de Abreu Soares;
- Aos parentes do sangue e do coração Zé Lima e De Lourdes; Zacharias e Mirem, Ana Zélia, Tonheira, Olavo e Rosalba; Sandra e Adália Alencar; Terezinha Fernandes e Miguel Neto.
- Agradeço em especial à minha prima Zanja – Maria dos Anjos Gomes Neta e ao seu esposo Mazim – Ademar Coutinho Soares (*in memoriam*) que colaborou nesta pesquisa e veio a falecer de infarto aos 62 anos, num dia excepcionalmente quente, ao voltar da lida.
- Aos amigos Patrícia Gomes; Catarina Gomes Ferreira, Raimundo, Maria Creciana e Maria.

Aos funcionários da limpeza pública de Crateús que, apesar de terem jogado os instrumentos desta pesquisa no caminhão de lixo, quando viram meu desespero não mediram esforços para que eu pudesse recuperá-los, mesmo que isso significasse parar a rota e ir mexer no meio do lixo, à noite, em pleno lixão de Crateús. E a São Francisco de Assis, a quem fiz promessa para que, se a realização desta pesquisa fosse da vontade de Deus, os instrumentos permanecessem funcionando perfeitamente apesar disto, no que fui atendida.

À minha orientadora Maria Elisa Zanella, por embarcar nos meus projetos e orientar com leveza, liberdade e apoio nas horas difíceis. Se um dia eu for capaz de ser a metade da pesquisadora que a senhora é, já serei gigante.

À professora Marta Celina Linhares Sales que em 2008 me seduziu aos estudos do Clima e plantou com seu trabalho de campo, no segundo semestre da graduação, a ideia que terminaria por gerar esta tese. Você é uma inspiração constante pra mim!

Ao professor João Paulo de Assis Gobo, que não apenas aceitou uma aluna desconhecida do outro extremo do país na sua turma como aluna especial; mas ainda deu muito da orientação metodológica que eu precisava para os campos de levantamento de dados. Não sei o que teria feito sem a sua ajuda nas muitas dúvidas que tive e lhe mandava via mensagens de *whatsapp* que prontamente respondias. São atitudes como essas e pessoas como você que levam a Ciência deste país adiante!

Aos demais membros da banca, professores Rebeca Luna e Joel Silva, pela avaliação da pesquisa e por me permitir conhecê-los para além das referências bibliográficas.

Ao Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos da UFC, pelos equipamentos necessários à pesquisa, e aos seus membros, pelas frutíferas discussões e ambiente acolhedor que sempre me dão vontade de voltar à casa da minha formação.

Ao Instituto Federal do Ceará, por seu apoio na concessão do afastamento laboral, sem o qual esta pesquisa não teria sido possível.

Aos amigos que fazem do meu trabalho um lar: os professores dos cursos de Geografia de Crateús e Quixadá; em especial: Avelar, George, Adílio, Jorge, Suzana, Felipe, Camila, Danielle, João Luís, Caroline, Mailton. Sem o incentivo, apoio e sacrifício deles, essa tese não seria possível.

A todos os sertanejos e sertanejas que se dispuseram a responder às minhas entrevistas. Nada do que está escrito nesta tese teria sido possível sem vocês!

Há pessoas que desejam saber só por saber, e isso é curiosidade; outras, para alcançarem fama, e isso é vaidade; outras para enriquecerem com a sua ciência, e isso é um negócio torpe; outras, para serem edificadas, e isso é prudência; outras para edificarem os outros, e isso é caridade.

Santo Agostinho

O estudo é como uma escada de uma construção. Pisa-se na primeira travessa, mas não se pisa na última, porque quanto mais se aprende, mais falta aprender.

Otacílio Bezerra Bonfim - o professor vaqueiro, meu tio-bisavô

RESUMO

Índices de conforto térmico são formulados a partir das condições climáticas e percepção de conforto de aclimatados a um lugar no globo. Os índices de conforto térmico comumente utilizados na região semiárida foram idealizados para condições climáticas largamente divergentes do clima semiárido e precisam, portanto, de adaptações para o seu uso. Propomo-nos nesta pesquisa analisar a percepção de conforto térmico de habitantes do semiárido e sugerir novas faixas interpretativas para os seguintes índices de conforto a partir desta percepção: índice de desconforto de Thom (IDT), índice de temperatura e umidade (ITU), temperatura efetiva (TE), índice de calor (IC) e índice climático térmico universal (UTCI). Para tanto utilizamos entrevistas semiestruturadas para investigar a percepção de conforto e sensação térmica de habitantes de três municípios do estado do Ceará (Crateús, Tauá e Campos Sales), em diferentes estações do ano, em áreas urbanas e rurais. A amostra populacional foi selecionada para ser representativa qualitativamente, em suas características, da população semiárida como um todo. As variáveis climáticas foram mensuradas de forma concomitante às entrevistas e os índices de conforto calculados a partir delas. A delimitação de novas faixas interpretativas para os índices foi realizada a partir de metodologia autoral. As faixas propostas foram comparadas às faixas originais/usuais dos índices e consideradas mais adequadas. A adequação das novas faixas propostas também se mostrou superior à de faixas interpretativas dos índices adaptadas para localidades próximas, mas não semiáridas. Por fim, utilizando como eixos os dados das variáveis climáticas temperatura e umidade relativa do ar, ordenamos um gráfico de dispersão dos valores calculados de UTCI, segregados nas faixas adaptadas ao semiárido. A partir desta visualização gerou-se um índice de conforto térmico empírico: o diagrama de conforto térmico humano do semiárido - DICTHUS.

Palavras-chave: bioclimatologia humana; clima semiárido; índices de conforto térmico.

ABSTRACT

Thermal comfort indices are formulated based on the climatic conditions and the comfort perception of those acclimatized to a given location in the world. The thermal comfort indices commonly used in the semi-arid region were designed for climatic conditions which largely differ from the semi-arid climate and therefore require some adaptations. In this research, we propose to analyze the perception of thermal comfort of inhabitants of the semi-arid region. We also suggest new interpretative ranges for the following comfort indices based on this perception: Thom discomfort index (TDI), temperature and humidity index (THI), effective temperature (ET), heat index (HI) and universal thermal climate index (UTCI). To this end, we used semi-structured interviews to investigate the perception of comfort and the thermal sensation of inhabitants of three municipalities in the state of Ceará (Crateús, Tauá and Campos Sales), in different seasons of the year, in urban and rural areas. The population sample was selected to be qualitatively representative, in its characteristics, of the semi-arid population as a whole. The climate variables were measured concurrently with the interviews and the comfort indices were calculated from them. The delimitation of new interpretative ranges for the indices was carried out using an authorial methodology. The proposed ranges were compared to the original/usual ranges of the indices and considered more appropriate. The delimitation of the new proposed ranges was also shown to be superior to that of interpretative ranges of the indices adapted for nearby, but not semi-arid, locations. Finally, by using the data from the temperature and relative humidity climate variables as axes, we made a scatter plot of the calculated UTCI values, separated into the ranges adapted to the semi-arid region. From this visualization, an empirical thermal comfort index was generated: the human thermal comfort diagram for the semi-arid region - HTCDSR.

Keywords: human bioclimatology; semi-arid climate; thermal comfort indices.

RÉSUMÉ

Les indices de confort thermique sont formulés en fonction des conditions climatiques et de la perception du confort de ceux qui sont acclimatés à un endroit de la planète. Les indices de confort thermique couramment utilisés dans la région semi-aride ont été élaborés pour des conditions climatiques très différentes du climat semi-aride. Leur utilisation nécessite donc des adaptations. Dans cette recherche, nous proposons d'analyser la perception du confort thermique des habitants de la région semi-aride et de proposer de nouvelles plages d'interprétation pour les indices de confort suivants basés sur cette perception: indice d'inconfort de Thom (TDI), indice de température et d'humidité (THI), température effective (ET), indice de chaleur (HI) et indice universel du climat thermique (UTCI). Pour ce faire, nous avons utilisé des entretiens semi-structurés pour étudier la perception du confort et la sensation thermique des habitants de trois municipalités de l'État du Ceará (Crateús, Tauá et Campos Sales), à différentes saisons de l'année, en milieu urbain et rural. L'échantillon de population a été sélectionné de manière à ce qu'il soit qualitativement représentatif, dans ses caractéristiques, de la population semi-aride dans son ensemble. Les variables climatiques ont été mesurées simultanément aux entretiens et les indices de confort en ont été calculés. La délimitation de nouvelles plages d'interprétation des indices a été réalisée selon la méthodologie d'auteur. Les plages proposées ont été comparées aux plages originales/habituelles des indices et ont été considérées comme plus appropriées. La délimitation des nouvelles plages proposées s'est également révélée supérieure à celle des plages d'interprétation des indices adaptées aux localités proches, mais non semi-arides. Enfin, en utilisant comme axes les données des variables climatiques température et humidité relative de l'air, nous avons préparé un nuage de points des valeurs UTCI calculées, séparées en plages adaptées à la région semi-aride. A partir de cette visualisation, un indice de confort thermique empirique a été généré : le diagramme de confort thermique humain semi-aride - DICTHUS.

Mots-clés: bioclimatologie humaine; climat semi-aride; indices de confort thermique.

RESUMEN

Los índices de confort térmico se formulan con base en las condiciones climáticas y la percepción de confort de quienes están aclimatados a algún un lugar en el planeta. Los índices de confort térmico comúnmente utilizados en la región semiárida se idearon para condiciones climáticas que difieren ampliamente del clima semiárido. Por lo tanto, necesitan adaptaciones para su uso. En esta investigación nos proponemos analizar la percepción de confort térmico de los habitantes de la región semiárida y sugerir nuevos rangos interpretativos para los siguientes índices de confort con base en esta percepción: índice de malestar de Thom (TDI), índice de temperatura y humedad (THI), temperatura efectiva (ET), índice de calor (HI) e índice de clima térmico universal (UTCI). Para ello, utilizamos entrevistas semiestructuradas para investigar la percepción de confort y la sensación térmica de los habitantes de tres municipios del estado de Ceará (Crateús, Tauá y Campos Sales), en diferentes estaciones del año, en áreas urbanas y rurales. Se seleccionó la muestra de población de modo que fuera cualitativamente representativa, en sus características, de la población semiárida como un todo. Se midieron las variables climáticas simultáneamente a las entrevistas y a partir de ellas se calcularon los índices de confort. Se realizó la delimitación de nuevos rangos interpretativos para los índices utilizando una metodología de autor. Se compararon los rangos propuestos con los rangos de índice originales/habituales y se consideraron más apropiados. La delimitación de los nuevos rangos propuestos también demostró ser superior a la de los rangos de índice interpretativos adaptados para localidades cercanas, pero no semiáridas. Finalmente, utilizando como ejes los datos de las variables climáticas temperatura y humedad relativa del aire, elaboramos un diagrama de dispersión de los valores UTCI calculados, separados en los rangos adaptados a la región semiárida. A partir de esta visualización se generó un índice de confort térmico empírico: el diagrama de confort térmico humano semiárido - DICTHUS.

Palavras clave: bioclimatología humana; clima semiárido; índices de confort térmico.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Delimitação do Semiárido brasileiro.....	28
Figura 2 -	Ilustração da precipitação anual média do Semiárido brasileiro.....	30
Figura 3 -	Climatologia da temperatura média mensal do ar na região Nordeste do Brasil.....	32
Figura 4 -	Desvio de precipitação entre o Holoceno Médio (6 mil anos antes do presente) e o período Pré-industrial nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro.....	35
Figura 5 -	Estimativa das precipitações nos últimos 18.000 anos AP.....	36
Figura 6 -	Anomalia de Precipitação em relação à média para a quadra chuvosa (fevereiro, março, abril e maio) para anos secos (1983 e 1998) e chuvosos (1985 e 2009).....	55
Figura 7 -	Série temporal das anomalias de chuva na região do semiárido do Nordeste do Brasil durante o período chuvoso (Fevereiro a Maio).....	50
Figura 8 -	Evolução temporal dos municípios dentro da Isoeita de 800mm.....	53
Figura 9 -	Evolução das áreas de uso agropecuário do solo e de ocupação urbana, no Bioma Caatinga, em 1985 e 2020.....	57
Figura 10 -	Fluxos de calor entre o corpo e o meio.....	63
Figura 11 -	Fluxograma da Metodologia da Pesquisa.....	80
Figura 12 -	Classificação Climática pelo índice Efetivo de Umidade de Thornthwaite (1948) para o semiárido com uso do PMF para mensurar evapotranspiração	82
Figura 13 -	Precipitação média anual e índice de Aridez para o semiárido	83
Figura 14 -	Percentual de dias com Déficit hídrico.....	84

Figura 15 -	NDVI Semanal do Início de Agosto e Início de Setembro de 2022....	85
Figura 16 -	Mapa de Localização dos pontos de coleta nos três municípios da pesquisa.....	86
Figura 17 -	Balanco Hídrico dos Municípios de Crateús e Campos Sales.....	89
Figura 18 -	Gráficos Climáticos Mensais de Campos Sales.....	90
Figura 19 -	Gráficos Climáticos Mensais de Crateús.....	91
Figura 20 -	Gráficos Climáticos Mensais de Tauá.....	92
Figura 21 -	Índice de precipitação padronizado para o mês de julho de 2022.....	95
Figura 22 -	Posição do Abrigo e Visualização de leitura dos instrumentos de coleta. Zona urbana Tauá-CE.....	97
Figura 23 -	Pesquisadora verificando velocidade do vento. Zona Rural de Crateús-CE.....	98
Figura 24 -	Pesquisadora aplicando questionário para a coleta de dados de percepção climática. Zona Rural de Crateús-CE.....	102
Figura 25 -	Temperatura Aparente (Índice de Calor)	115
Figura 26 -	Percepção de Conforto, sensação e preferência térmica de amostra populacional de Campina Grande segregada em boxplots pela temperatura operativa.....	120
Figura 27 -	Níveis de Risco de Umidade Relativa do ar.....	129

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Perda de calor de uma pessoa sentada em um ambiente isotérmico....	66
Gráfico 2 -	Dispersão do horário de realização das entrevistas de percepção climática.....	100
Gráfico 3 -	Histograma dos horários de realização das entrevistas de percepção climática.....	101
Gráfico 4 -	Faixa Etária dos entrevistados segregados em intervalos.....	106
Gráfico 5 -	Distribuição da Amostra em relação ao IMC.....	107
Gráfico 6 -	Dispersão sazonal da temperatura do ar na totalidade dos campos.....	124
Gráfico 7 -	Valores de temperatura do ar segregados em intervalos.....	125
Gráfico 8 -	Valores de temperatura do ar (em vermelho) e temperatura média radiante (em laranja) dispersos sazonalmente.....	127
Gráfico 9 -	Dispersão sazonal da totalidade de valores de umidade relativa do ar	128
Gráfico 10 -	Valores de umidade relativa do ar segregados em intervalos.....	129
Gráfico 11 -	Dispersão sazonal da velocidade do vento.....	131
Gráfico 12 -	Temperatura Efetiva calculada para toda a amostra e dispersa sazonalmente.....	132
Gráfico 13 -	Índice de Temperatura e Umidade calculado para toda a amostra e disperso sazonalmente.....	134
Gráfico 14 -	Índice de Desconforto de Thom calculado para toda a amostra e disperso sazonalmente.....	135
Gráfico 15 -	Índice de Calor calculado para toda a amostra e disperso sazonalmente.....	137

Gráfico 16 - Índice Climático Térmico Universal (UTCI) calculado para toda a amostra e disperso sazonalmente.....	138
Gráfico 17 - Dispersão sazonal da percepção de conforto térmico.....	139
Gráfico 18 - Total de dados segregados por percepção de conforto térmico.....	140
Gráfico 19 - Dispersão sazonal da sensação térmica relatada pelos aclimatados.....	141
Gráfico 20 - Total de dados segregados por sensação térmica.....	142
Gráfico 21 - Boxplot do IDT segregado por percepção de conforto.....	144
Gráfico 22 - Valores de IDT calculados para relato de sensação de frio.....	145
Gráfico 23 - IDT crescente, conforto térmico relatado e limites de faixas de conforto.....	148
Gráfico 24 - Boxplot do ITU segregado por percepção de conforto.....	149
Gráfico 25 - Valores de ITU calculados para relato de sensação de frio.....	150
Gráfico 26 - ITU crescente, conforto térmico relatado e limites de faixas de conforto.....	152
Gráfico 27 - Boxplot da Temperatura Equivalente segregada por percepção de conforto.....	153
Gráfico 28 - Valores de TE calculados para relato de sensação de frio.....	154
Gráfico 29 - TE crescente, conforto térmico relatado e limites de faixas de conforto.....	156
Gráfico 30 - Boxplot do Índice de Calor segregado por percepção de conforto.....	157
Gráfico 31 - Valores de IC calculados para relato de sensação de frio.....	158
Gráfico 32 - IC crescente, conforto térmico relatado e limites de faixas de conforto.....	161

Gráfico 33 - Boxplot do Índice Climático Térmico Universal segregado por percepção de conforto.....	162
Gráfico 34 - Valores de UTCI calculados para relato de sensação de frio.....	163
Gráfico 35 - UTCI crescente, conforto térmico relatado e limites de faixas de conforto.....	166
Gráfico 36 - Dispersão dos dados de UTCI segregados por faixas interpretativas de conforto adaptadas ao semiárido, em relação à temperatura e umidade do ar.....	168
Gráfico 37 - DICTHUS – Diagrama de Conforto Térmico Humano para o Semiárido.....	170

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Cronologia das secas no Semiárido Nordestino.....	38
Quadro 2 -	Ciclo climático anual do município de Mossoró-RN.....	57
Quadro 3 -	Reações fisiológicas predominantes de um organismo.....	63
Quadro 4 -	Velocidade do vento como critério de conforto para pedestres.....	72
Quadro 5 -	Relação entre os fatores ambientais e seus efeitos nas respostas fisiológica e sensorial em um meio quente.....	73
Quadro 6 -	Faixas de conforto térmico do índice de desconforto de Thom (IDT)...	109
Quadro 7 -	Faixas interpretativas do índice de desconforto de Thom (IDT) adaptadas para João Pessoa (PB).....	110
Quadro 8 -	Faixas de Conforto térmico do índice de temperatura e umidade (ITU)	111
Quadro 9 -	Faixas de Sensação Térmica do índice Temperatura Efetiva (TE).....	112
Quadro 10 -	Níveis de alerta do Índice de Calor (IC).....	114
Quadro 11 -	Classes de Conforto do UTCI.....	117
Quadro 12 -	Comparação entre faixas interpretativas do IDT e porcentagem de relatos de conforto de aclimatados ao semiárido.....	146
Quadro 13 -	Comparação entre faixas interpretativas do ITU e porcentagem de relatos de conforto de aclimatados ao semiárido.....	151
Quadro 14 -	Comparação entre faixas interpretativas da TE e porcentagem de relatos de conforto de aclimatados ao semiárido.....	155
Quadro 15 -	Comparação entre faixas interpretativas do IC e porcentagem de relatos de conforto de aclimatados ao semiárido.....	159

Quadro 16 - Comparação entre faixas interpretativas do UTCI e porcentagem de relatos de conforto de aclimatados ao semiárido.....	164
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Faixas Interpretativas do Índice de Desconforto de Thom para o semiárido.....	145
Tabela 2 - Faixas Interpretativas do Índice de Temperatura e Umidade para o semiárido.....	150
Tabela 3 - Faixas Interpretativas da Temperatura Equivalente para o semiárido.....	154
Tabela 4 - Faixas Interpretativas do Índice de Calor para o semiárido.....	158
Tabela 5 - Faixas Interpretativas do Índice Climático Térmico Universal para o semiárido.....	163

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REFLEXÕES ACERCA DO SEMIÁRIDO.....	26
2.1	Características do clima semiárido do Nordeste do Brasil.....	29
2.2	Perspectivas de alterações no clima semiárido nordestino frente às mudanças climáticas.....	48
3	REFLEXÕES ACERCA DA ANÁLISE BIOCLIMÁTICA, PERCEPÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO E ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO HUMANO.....	62
3.1	Características térmicas do ser humano e fatores limitantes das componentes climáticas.....	62
3.2	Conforto Térmico Humano – percepção e índices de conforto.....	74
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	79
4.1	Definição dos pontos de coleta e periodicidade do estudo.....	81
4.2	Definição de parâmetros para a coleta de dados das componentes climáticas	96
4.3	Definição de parâmetros para a coleta de dados de percepção climática...	102
4.4	Índices de conforto térmico utilizados.....	107
4.4.1	<i>Índice de Desconforto de Thom (IDT).....</i>	<i>109</i>
4.4.2	<i>Índice de Temperatura e Umidade (ITU).....</i>	<i>110</i>
4.4.3	<i>Índice Temperatura Efetiva (TE).....</i>	<i>112</i>
4.4.4	<i>Índice de Calor (IC).....</i>	<i>113</i>

4.4.5	<i>Índice Climático Térmico Universal (UTCI)</i>	115
4.5	Parâmetros para definição de novas faixas de conforto para os índices....	118
5	RESULTADOS.....	123
5.1	Exploração dos dados das variáveis climáticas.....	123
5.2	Aplicação e análise prévia dos índices de conforto térmico.....	132
5.3	Estabelecimento de faixas de conforto dos índices segundo a percepção dos aclimatados.....	139
5.3.1	<i>Índice de Desconforto de Thom (IDT)</i>	144
5.3.2	<i>Índice de Temperatura e Umidade (ITU)</i>	148
5.3.3	<i>Temperatura Efetiva (TE)</i>	153
5.3.4	<i>Índice de Calor (IC)</i>	156
5.3.5	<i>Índice Climático Térmico Universal (UTCI)</i>	161
5.4	Diagrama de Conforto Térmico Humano para o Semiárido (DICTHUS)....	166
6	CONCLUSÃO.....	171
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	172
	REFERÊNCIAS.....	176
	APÊNDICE A - MODELO PADRÃO DE QUESTIONÁRIO UTILIZADO.....	192
	APÊNDICE B - DICTHUS SOBREPOSTO AOS DADOS CALCULADOS DE UTCI E SEGREGADOS SEGUNDO AS FAIXAS CALIBRADAS PARA O SEMIÁRIDO.....	195
	ANEXO A - IMAGENS DE ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADO DOS PERÍODOS DE COLETA DE DADOS.....	196

1 INTRODUÇÃO

O significado térmico das condições ambientais experimentadas pelos seres humanos vem sendo investigado, pelo menos, desde Hipócrates, há 400 a.C. (HÖPPE, 1997). Esta significância térmica das condições ambientais no meio externo depende da influência e do efeito compensatório do movimento do ar, da temperatura, do balanço de radiação, da umidade, do nível de atividade, do vestuário e da postura do indivíduo, dentre outros fatores (DE FREITAS, 1985).

O conceito de conforto térmico pode ser percebido, segundo Höppe (2002), dentro de três perspectivas, sendo a primeira o seu caráter subjetivo. Nela, o conforto térmico é considerado “[...] uma condição de pensamento que expressa satisfação com o meio térmico” (ASHRAE, 2004). Ou seja, é necessária uma percepção pessoal para que um meio seja considerado termicamente aceitável e para que isto ocorra é necessário que uma porcentagem específica de ocupantes o considere como aceitável (SINGH; MAHAPATRA; ATREYA, 2007). Segundo ASHRAE (2004), pelo menos, 80% das pessoas não devem expressar insatisfação. As outras duas perspectivas levantadas por Höppe (2002) dizem respeito a questões fisiológicas e termodinâmicas que são interdependentes e interferem diretamente na perspectiva pessoal de conforto. É dentro desta concepção de conforto térmico que pautaremos esta pesquisa.

Se o conforto térmico tem relação com uma sensação de satisfação com o ambiente térmico ao redor do indivíduo, essa condição depende do histórico térmico desta pessoa, também chamado de aclimação. Pessoas que vivem em climas quentes tendem a sentir-se confortáveis em situações que lhe são cotidianas, ou seja, em condições climáticas quentes; assim como pessoas aclimatadas a climas mais frios sentem-se mais confortáveis em situações que lhe são corriqueiras.

A delimitação do que é quente e frio pra um determinado indivíduo também depende da aclimação. Uma mesma condição momentânea das variáveis ambientais (por exemplo: 17°C de temperatura do ar, 60% de umidade relativa, e 1m/s de velocidade do vento) pode representar para diferentes pessoas ao redor do mundo situações de frio, calor ou neutralidade térmica. A isso denominamos sensação térmica: a sensação em uma escala de quente/frio que uma determinada condição de tempo produz em um indivíduo. Diferente

da percepção de conforto, quando investigamos sensação térmica, o foco não é saber se o sujeito gosta do ambiente térmico, mas saber como ele o percebe.

Para sistematizar e quantificar a subjetividade das percepções pessoais quanto ao clima e definir condições ambientais como confortáveis ou desconfortáveis termicamente foram estabelecidos, com o passar dos séculos, uma série de índices de conforto térmico e faixas interpretativas para estes mesmos índices. A maioria deles formulados no hemisfério norte e em condições climáticas temperadas, ambiente largamente divergente do que encontramos no interior do Nordeste do Brasil, de clima semiárido.

O clima (estado habitual dos tipos de tempo em sua sucessão) de cada lugar do mundo é único na singularidade de suas características. Definir áreas com climas semelhantes como tendo um determinado tipo climático é uma regionalização. Pelo conceito de região de Witlesey (1960) uma área qualquer pode ser delimitada por um conjunto de características homogêneas, sendo definida como uma região tão somente por estar baseada nessas características ou critérios utilizados para sua definição. Portanto, região é uma concepção humana, uma leitura dos espaços que nos cercam e baseada nos critérios pré-estabelecidos (ARAÚJO, 2011).

Os diversos lugares hoje considerados pertencentes à região semiárida do interior do nordeste do Brasil foram delimitados como uma unidade por apresentarem características semelhantes em suas componentes climáticas. Tal processo não é simples e é sempre suscetível à generalização (GOMES e ZANELLA, 2024). Nimer (1979) classifica o nordeste brasileiro como uma das climatologias mais complexas do mundo, devido à irregularidade espacial e temporal na distribuição das chuvas.

Originalmente, a Região Semiárida adotada pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) seria aquela formada pelo conjunto de lugares contíguos, caracterizados pelo balanço hídrico negativo, resultante de precipitações médias anuais iguais ou inferiores a 800 milímetros. Ela foi delimitada em 1936 e revisada em 1951, com uma área territorial superior à soma dos territórios da Alemanha, Itália, Cuba e Costa Rica (ARAÚJO, 2011).

A última delimitação do semiárido vigente legalmente (de 2017) possui uma extensão total de mais de um milhão de quilômetros quadrados (1.182.697 km²) e uma população estimada que beirava os 28 milhões de habitantes à época e que deve ter

aumentado desde então. Aí vivem mais de 40% dos nordestinos (ARAÚJO, 2011), fato ainda mais notável se considerarmos que em boa parte das delimitações já feitas todas as capitais dos estados (com exceção de Teresina-PI) estão fora de seu polígono. Isso a faz a mais densamente povoada entre as terras secas do mundo. (MARENGO, CUNHA E ALVES, 2016)

Deste total apenas cerca de 10 milhões de pessoas vivem na zona rural, ou seja, existem centros urbanos de considerável expressão regional na área, a exemplo de Campina Grande, na Paraíba; Juazeiro do Norte, no Ceará; Caruaru e Petrolina, em Pernambuco; Mossoró, no Rio Grande do Norte; além de Feira de Santana e Vitória da Conquista, na Bahia, todos com população acima de 250 mil habitantes (GOMES e ZANELLA, 2023). Por outro lado, mesmo considerando essas cidades, a região ainda é marcada por centros de pequeno porte e grau de urbanização inferior às demais regiões do País (MEDEIROS et al., 2012). Além disso, cabe destacar que grande parte dos municípios do semiárido nordestino apresentam IDH menor que 0,600, considerado bastante baixo (PNUD, 2013).

Segundo Dantas *et al.* (2006) nas últimas décadas o interior do Nordeste do Brasil tem vivenciado um processo de urbanização, com o crescimento de cidades pequenas e médias e presenciado, inclusive, a delimitação de regiões metropolitanas.

Esse crescimento urbano traz diversas problemáticas ambientais em seu ensejo. Monteiro (1976) em seu Sistema Clima Urbano já prenunciava que as alterações urbanas são capazes de promover alterações nas componentes climáticas em nível local e favorecer situações de maior desconforto térmico. Como, contudo, o aumento do desconforto térmico será mensurado, se, nos índices de conforto comumente utilizados, as condições padrão da maior parte dos dias no semiárido já é classificada como desconfortável?

Outra problemática atual que tem o potencial de aprofundar essa reflexão são as mudanças climáticas esperadas em decorrência do aquecimento global. Os últimos relatórios do IPCC de 2014 e 2021 deixam claro que são esperados para o semiárido brasileiro alterações como o aumento da temperatura e a diminuição das chuvas e umidade relativa do ar. Tais alterações, além de alterar a própria dimensão da região (que tende a aumentar, se considerados os critérios atuais de delimitação), pode trazer uma série de problemas ambientais, tendo vista ser uma região de condições climáticas já próximas às limitantes à salubridade. Que fique claro são esperados, inclusive, óbitos, relacionados ao estresse

térmico nesta área nas próximas décadas. Como conhecer o real impacto, contudo, dessas alterações, sem índices de conforto que considerem a percepção de conforto/desconforto térmico da população residente e aclimatada?

É imperativo refletirmos sobre o que é considerado conforto térmico e como a visão comumente exposta nos trabalhos tem um olhar elitista, quiçá colonialista. Auliciems (1981) destaca que até recentemente, as condições de conforto têm sido referenciadas como “aquelas sob as quais uma pessoa pode manter um balanço normal entre produção e perda de calor a uma temperatura do corpo normal e sem transpiração”. Ou seja, segundo esta perspectiva, o conforto só poderia ser alcançado sob total ausência da transpiração. Ora, isto é impensável na maior parte do mundo. Estariam os habitantes da região entre os trópicos submetidos durante toda a sua vida, na maior parte do dia e em quase todo o ano a situações desconfortáveis? É bastante simples concluir que não. O conceito traz em seu ensejo um total desconhecimento e desconsideração das condições de conforto/desconforto de populações fora do ambiente temperado. Não é mais possível importarmos índices de conforto e os utilizarmos sem fazer adequações em suas faixas interpretativas que levem em consideração a percepção de conforto térmico e a aclimação das populações locais.

Dentro desta conjuntura nos detemos sobre o seguinte problema: os índices de conforto térmico comumente utilizados na região semiárida do Brasil não são gerados sob as condições climáticas da região e nem calibrados de acordo com a percepção de conforto/desconforto de seus habitantes. Tal situação pode (e deve) levar a uma não adequação das faixas interpretativas dos índices com as reais condições de conforto dos indivíduos aclimatados.

Ou seja, a hipótese desta pesquisa parte do princípio de que as faixas interpretativas dos índices de conforto térmico não refletem a real condição de conforto dos indivíduos aclimatados ao clima semiárido do nordeste do Brasil e precisam ser ajustadas. A partir disto nos propomos a refletir acerca da percepção de conforto térmico dos habitantes do semiárido e colaborar para a adequação de índices de conforto térmico nesta região.

Parte-se da premissa de que indivíduos aclimatados ao clima semiárido são capazes de definir quais as condições climáticas que lhes proporcionam conforto ou desconforto térmico, sob diferentes condições de variáveis climáticas (temperatura do ar, umidade, velocidade do vento) comumente encontradas na região.

Sendo assim nosso objetivo geral é analisar a percepção de conforto térmico de aclimatados ao clima semiárido, relacionando-a com índices de conforto já consagrados e utilizando-a como parâmetro para sugerir novos limites de faixas interpretativas para estes índices. Para alcançarmos estes objetivos primeiramente será necessário:

- Realizar a mensuração do conforto térmico através da aplicação de índices de conforto e de questionários de percepção climática aplicados a indivíduos aclimatados ao clima semiárido em diferentes condições sazonais.
- Comparar a percepção de conforto térmico dos aclimatados com a mensuração do conforto térmico calculada e indicada nas faixas interpretativas destes índices de conforto.
- Propor novas faixas interpretativas dos índices de conforto térmico, delimitadas a partir da percepção de conforto dos aclimatados.

Também almejamos, para melhor alcance desta pesquisa na sociedade em geral:

- Propor um índice de conforto térmico empírico em formato de diagrama tendo como base o índice UTCI adaptado à percepção de conforto térmico de aclimatados ao semiárido.

2 REFLEXÕES ACERCA DO SEMIÁRIDO¹

Historicamente, diversos órgãos governamentais e critérios foram estabelecidos para definir o que era e o que não era a região brasileira denominada semiárido, ocorrendo expansões e retrações na área da região em decorrência destes critérios. Tais redefinições ocorrem também por fatores políticos, embora a maior parte dos critérios que se estabeleceram tenham sido puramente naturais - índice de aridez de Thorntwaite de 1941, risco de ocorrência de seca, unidades geossistêmicas, isoieta de 800mm, percentual de dias com déficit hídrico - (GOMES E ZANELLA, 2023).

Apesar dessas alterações sabe-se que a região semiárida corresponde à área no interior do Nordeste do Brasil (e norte de Minas Gerais) que tem suas características naturais fortemente atreladas à baixa pluviosidade (comumente menor ou igual a 800 mm anuais) e à ocorrência de secas. É uma região, portanto, interiorana (embora alcance o litoral em seu limite setentrional) e de baixas latitudes, fator este que também a diferencia de outras regiões semiáridas do mundo, que costumam ocorrer em latitudes próximas aos trópicos. O regime chuvoso é concentrado em um período de três a cinco meses, tem elevadas médias anuais de temperatura (27 °C) e evapotranspiração potencial (2.000 mm/ano), apresentando balanço hídrico negativo em grande parte do ano (Lima *et al.*, 2011).

Em outras palavras suas características principais (e que permeiam todas as relações ambientais e sociais nesta área) são climáticas: é uma região quente e seca (GOMES e ZANELLA, 2023). Em consequência disto a região semiárida tem apenas 5% do total de água do Brasil, enquanto possui 18% do seu território total (PEREIRA e FORMIGA-JOHNSON, 2005) e 12% da sua população segundo o IBGE (2014).

O Ministério da Integração Nacional modificou os critérios para a delimitação do semiárido na nova delimitação do semiárido de 2005. Três critérios induzem inclusões de municípios: 1- Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; 2- Índice de Aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, considerando uma normal climatológica; e 3- Percentual igual ou superior a 60% de dias do ano com déficit hídrico. Os municípios podem ser incluídos na região caso apresentem qualquer um dos três critérios. É importante salientar que a definição

¹ As informações presentes neste capítulo foram sistematizadas no artigo “Histórico, causas e características da semiaridez do Nordeste do Brasil”, publicado em 2023, na revista Geografares.

dos contornos da região semiárida preserva a continuidade de sua delimitação, não havendo, assim, áreas de exceção no seu interior, além de os municípios serem considerados em sua integralidade.

O Conselho Deliberativo da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) alterou a delimitação do Semiárido brasileiro pela Resolução 150/2021 (fig. 1). Essa é a delimitação mais recente, embora caiba salientar que a mesma ainda carece de revisão (não foi publicado ainda o relatório final, apenas a versão preliminar) e foi bastante criticada quando de sua divulgação pela pouca transparência nos critérios de inclusão e exclusão de municípios, o que volta a levantar o fantasma da delimitação política arbitrária do semiárido.

Figura 1 - Delimitação do Semiárido brasileiro.



Fonte: Sudene (2021)

Esta preocupação reside na gestão de recursos realizada por órgãos federais e que apenas os municípios pertencentes à região semiárida têm acesso. A Sudene e o Ministério

da Integração Nacional salientam que as mudanças observadas no clima na última década, em especial a seca prolongada foram responsáveis por alterar os intervalos dos parâmetros assim como a delimitação espacial; argumentam ainda que de acordo com as recomendações do grupo interministerial de delimitação do semiárido de 2005 a delimitação do Semiárido deveria ser revista a cada década, em razão de possíveis mudanças climáticas. A última revisão e delimitação havia sido realizada em 2017, ou seja, só precisaria ser revisada em 2027, o que fomenta maior desconfiança em relação à nova delimitação (GOMES e ZANELLA, 2023).

A perspectiva desta pesquisa, contudo, é climática e não política. Assim, daremos foco às características climáticas da região.

2.1 Características do clima semiárido do Nordeste do Brasil

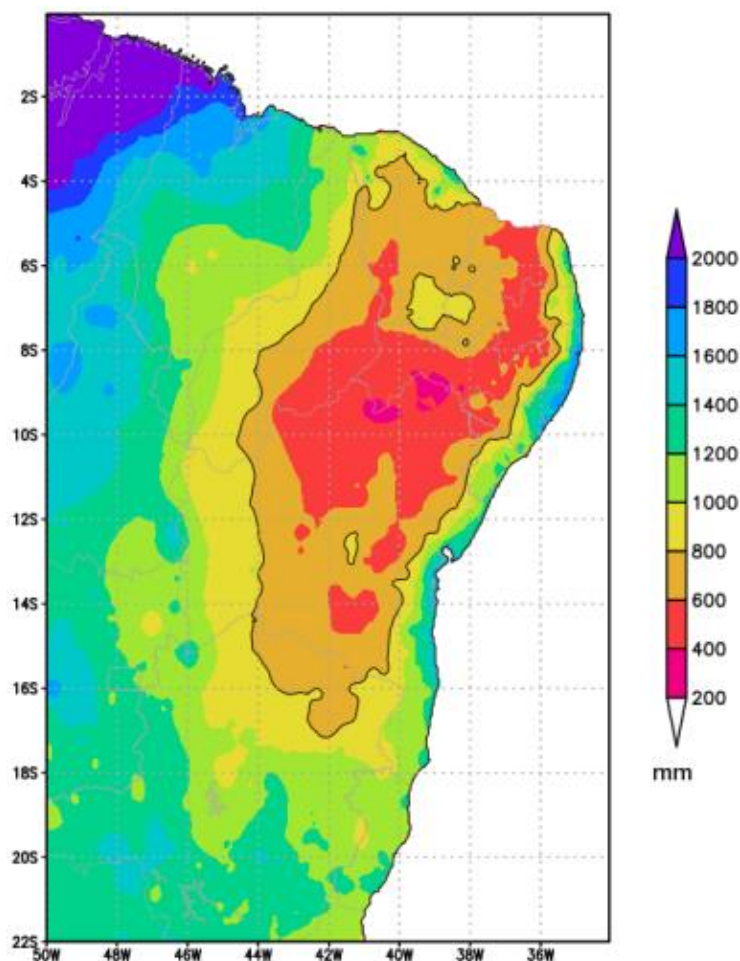
O clima semiárido é caracterizado pela insuficiência de precipitações com extrema irregularidade quanto à sua distribuição temporal, concentradas em uma estação chuvosa de 3 a 5 meses de duração e uma variação em torno de 30% dos totais pluviométricos anuais, chegando a 50% em pontos mais críticos (IICA, 2002). As regiões áridas e semiáridas estendem-se por todos os continentes do globo, ocupando 1/3 de toda a superfície da terra e abrigando cerca de um sexto de toda a população mundial (MATALLO JUNIOR, 2001).

Segundo classificação proposta pela UNESCO em 1979 as regiões semiáridas apresentam médias anuais de precipitação que podem variar desde 200-250 milímetros a 700-800 milímetros, com um índice de aridez (calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial) variando entre 0,2 a 0,5 (VERHEYE, 2009).

O semiárido brasileiro é um dos mais chuvosos do planeta (SOUZA, 1951) com precipitação média anual de 750 mm (fig. 2), embora apresente baixos totais pluviométricos em relação às demais regiões do país. Em algumas áreas a precipitação média não ultrapassa os 400 mm anuais. A evapotranspiração potencial média pode chegar a 2.500 mm ano, gerando elevados déficits hídricos. (MONTENGRO & MONTENEGRO, 2012). Tal fato se dá em decorrência do semiárido nordestino apresentar elevadas taxas de insolação, elevadas

temperaturas e baixas amplitudes térmicas, com totais pluviométricos baixos e altamente variáveis no tempo e no espaço. (ZANELLA, 2014).

Figura 2: Ilustração da precipitação anual média do Semiárido brasileiro



Fonte: SUDENE (2021). Elaborado para a normal climatológica de 1991 a 2020.

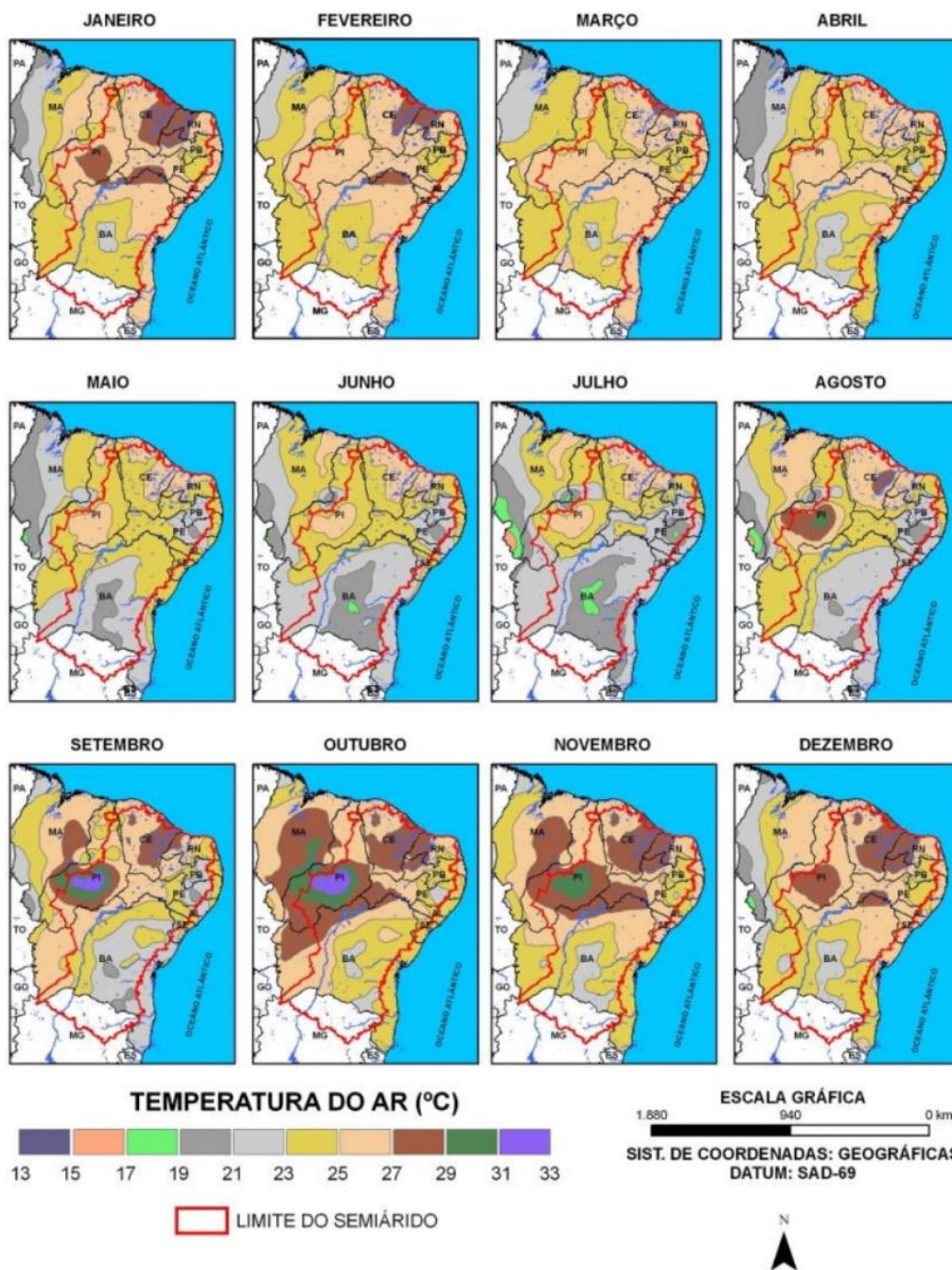
O déficit de evapotranspiração real em relação à evapotranspiração potencial varia de 50 mm até valores superiores a 3.000 mm (na área de Petrolina, PE). Esses dados estão confirmados por Molle (1989) em pesquisa realizada com base em dados de 11 postos distribuídos no semiárido e séries variando entre 8 a 25 anos, na qual a evaporação média anual medida em tanque classe A se aproxima de 3 metros, variando entre 2.700 a 3.300

mm. Isto denota alto índice de aridez para a região e faz com que cerca de 40% das águas acumuladas em reservatórios se perca com a evaporação (SUASSUNA, 2002).

As elevadas taxas de insolação e as altas temperaturas são decorrência da sua posição latitudinal já que a região é submetida a forte radiação solar durante o ano todo. Nimer, em 1979, já expunha a baixa amplitude térmica anual que varia de 5 a menos de 2°C de sul a norte. Assim, a maior parte do Nordeste apresenta temperaturas médias que variam entre 26 e 28° C. Apenas áreas situadas em altitude mais elevadas apresentam médias inferiores a 26° C. (ZANELLA, 2014).

Existem áreas com temperaturas médias bem mais elevadas do que as descritas acima (fig. 3), em especial nos períodos mais secos do ano, havendo um núcleo no centro do Piauí com médias acima de 31° C e núcleos entre o Ceará e o Rio Grande do Norte e entre Pernambuco e a Bahia com médias acima de 29° C (GOMES E ZANELLA, 2023). Tais valores médios podem ser alcançados pois, conforme Santos (2009, p. 15), em alguns lugares, nos dias de maiores insolações a temperatura pode ultrapassar os 45 °C. Sabe-se, contudo, que a amplitude térmica diária é considerável, ultrapassando facilmente os 10° C.

Figura 3: Climatologia da temperatura média mensal do ar na região Nordeste do Brasil.



Fonte: Correia et al. (2011) dados estimados segundo Cavalcanti e Silva (1994).

Quanto à pluviometria relacionada à classificação climática é importante destacar que a nomenclatura *semiárido* é encontrada em diversas classificações climáticas e que a região delimitada como semiárida no Brasil não necessariamente corresponderia a um tipo

semiárido em uma classificação climática qualquer, podendo áreas dentro da região semiárida serem caracterizadas tanto como sub-úmidas como quanto áridas a depender da classificação climática utilizada (GOMES e ZANELLA, 2023)

Segundo a classificação climática de Köppen, na área do semiárido brasileiro, predominam três tipos de clima semiárido: o BShw, com curta estação chuvosa no verão e precipitações concentradas nos meses de dezembro e janeiro; o BShw' com curta estação chuvosa no verão-outono e maiores precipitações nos meses de março e abril e o BShs' com curta estação chuvosa no outono-inverno e precipitações concentradas nos meses de maio e junho.” (RAMALHO, 2013)

Ainda sobre a variabilidade de precipitação intra-regional deve-se destacar que há áreas mais críticas quanto à escassez de chuvas, como são os casos das regiões do Raso da Catarina, Depressão Sanfranciscana e Sertão do Jatinã, entre os Estados de Bahia e Pernambuco, também nas regiões do Seridó, Cariri e Curimataú, entre Cabaceiras-PB e Caicó-RN. Nestas áreas, as chuvas sequer chegam a superar os 500 mm anuais de média (ARAÚJO, 2011).

Para além dos fatores climáticos “A vegetação de caatinga, o embasamento cristalino e os solos geralmente rasos complementam a caracterização do Semiárido.” (GONDIM *et al.*, 2017). Esses fatores naturais não climáticos, associados aos climáticos já descritos, ajudam a fornecer os elementos ao cenário que geram a semiaridez do território.

A parte interior do Nordeste do Brasil é semiárida, isso é um fato relacionado às condições das componentes climáticas (temperatura, umidade, precipitação, etc.) locais. Mas desde quando o interior do Nordeste é semiárido? Sabe-se que no decorrer da história geológica as componentes climáticas de um dado local alteram-se por fatores dos mais diversos, como ciclos solares, composições dos gases atmosféricos, precessões, alteração na posição e forma dos continentes, etc. Sendo assim é pertinente para compreender o porquê do interior do Nordeste ser semiárido, saber desde quando o clima é semiárido no local (GOMES E ZANELLA, 2023)

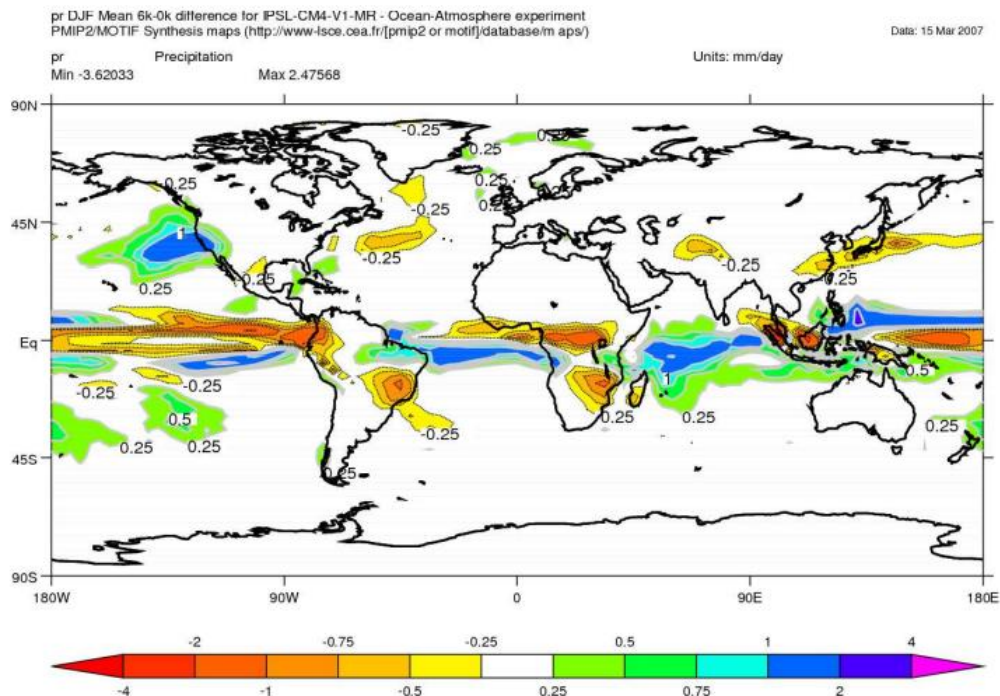
As mudanças climáticas da região Sudeste do Brasil no Holoceno são razoavelmente bem conhecidas (TURCQ *et al.*, 2002). No Nordeste, os estudos sobre o clima durante o Holoceno são mais raros, mas percebem-se fortes flutuações nas precipitações nos estudos realizados (OLIVEIRA *et al.*, 1999; BEHLING *et al.*; 2000). Sifeddine *et al.* (2003),

realizando estudos sedimentológicos no Maranhão, revelaram a variabilidade das condições climática e ambiental durante os últimos 21 mil anos e verificaram que entre 21 mil e 17 mil anos antes do presente, o clima regional foi predominantemente seco, interrompido por pequenos períodos úmidos. Os estudos revelaram que esses períodos úmidos foram decorrentes da intensificação da Zona de Convergência Inter Tropical (ZCIT) ou do deslocamento de sua posição (GOMES e ZANELLA, 2023)

Peterson e Haug (2006) estudaram em sedimentos fluviais na Venezuela possíveis variações no deslocamento da ZCIT e verificaram que em períodos mais frios da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Norte havia um deslocamento da mesma posição média em direção ao Sul; por outro lado, durante os períodos quentes do Holoceno havia um deslocamento mais ao Norte de sua posição. Tal relação leva a crer que a variabilidade de precipitação vista atualmente no Nordeste brasileiro, cujas precipitações têm forte influência do deslocamento da ZCIT, tem sido vista durante boa parte do período paleoclimático mais recente (GOMES E ZANELLA, 2023).

Usando simulações do modelo climático global do tipo oceano-atmosfera desenvolvido pelo Institut Pierre Simon Laplace (IPSL, Paris, França) Amorim (2008) resgatou cenários climáticos do Holoceno médio (6 mil anos antes do presente) e do período pré-industrial encontrando período mais úmido que o atual (fig. 4). Utilda (2016) também faz afirmação semelhante indicando que os poucos registros paleoclimáticos do nordeste brasileiro indicam um período mais úmido a cerca de 5 mil anos e condições de secas mais intensas desde então, com exceção para o período da “pequena idade do gelo” nos séculos XVI a XVIII (GOMES E ZANELLA, 2023).

Figura 4. Desvio de precipitação entre o Holoceno Médio (6 mil anos antes do presente) e o período Pré-industrial nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro.



Fonte: PMIP2 (2007) apud Amorim (2008). Escala em milímetros por dia.

Na conclusão de seu estudo Amorim (2008) verificou que as precipitações em sua área de estudo (Lago Caçó – Nordeste do Maranhão) variaram consideravelmente durante os últimos 18 mil anos, tendo períodos bem mais secos e outros mais úmidos que o atual (fig. 5). Tal conjuntura pode corroborar a hipótese de um núcleo semiárido no interior do Nordeste do Brasil que se expande e se retrai e tem variações em suas condições de semiaridez no decorrer dos últimos milhares de anos.

Figura 5: Estimativa das precipitações nos últimos 18.000 anos AP.

Idade (anos cal. AP)	Cota (m)	Área (m ²)	Precipitação em relação à atual (%)	Precipitação Média Anual (mm)
~17.200	62,5	11.877,5	-80 a -90	307,8 a 153,9
~16.700	66,5	617.843,5	-50 a -60	769,6 a 615,7
~14.600	67,2	647.202,0	-50 a -60	769,6 a 615,7
~14.200 a ~12.500	69,9	1.256.645,0	-30 a -40	1.077,4 a 923,5
~12.400 a ~8.300	66,4	603.590,1	-50 a -60	769,6 a 615,7
~4.800	73,0	2.564.288,0	+10 a +20	1.698,8 a 1.853,3

Fonte: Amorim (2008).

Cruz et al. (2009) sugeriram que apenas as variações de deslocamento meridional da ZCIT não explicariam a variabilidade das precipitações no Nordeste do Brasil durante o Holoceno e observaram uma relação entre o fortalecimento do Sistema de Monções do Atlântico Sul, associado aos períodos de insolação austral mais alta (precessão) e um aprofundamento do cavado do Nordeste (que gera baixa pressão em altos níveis no verão e induz a diminuições de precipitação sobre a região). Tal relação poderia ajudar a explicar os ciclos relativamente mais úmidos e mais secos no Nordeste do Brasil e a retração ou expansão da área de clima semiárido nestes períodos.

A partir de testemunhos sedimentares marinhos estudados por Arz et al. (1998), Behling et al. (2000) encontraram a presença predominante de pólenes de plantas do bioma Caatinga no continente adjacente, o que indica que as condições climáticas semiáridas persistiram na Região Nordeste do Brasil durante os últimos, aproximadamente, 50 mil anos. Já Wang et al. (2004), em estudo no norte da Bahia, definiram dez fases de crescimento de espeleotemas que indicam aumento considerável da precipitação na região, em períodos com duração entre 500 e 2.000 anos, durante os últimos 90.000 anos. Tais dados corroboram a ideia de um clima predominantemente mais seco, mas com curtos (do ponto de vista geológico) períodos de maior umidade.

Se o semiárido ocupa o interior do Nordeste do Brasil há dezenas de milhares de anos, quando, então, este passou a ser ocupado pelo ser humano? Roosevelt (2002) expõe que a América do Sul foi o último continente a ser ocupado pelo *Homo sapiens*, relata que o debate sobre a antiguidade da ocupação humana do continente é certamente intenso e está

longe de ser resolvido, mas há certo consenso de que toda a América do Sul já era ocupada, com padrões adaptativos e econômicos distintos entre as populações, há cerca de doze mil anos. Existem vários registros de ocupações pré-históricas humanas no semiárido (GOMES e ZANELLA, 2023).

Do ponto de vista da história humana registrada a partir da colonização sabe-se que “a ocorrência de secas periódicas de grande intensidade no Nordeste, com impactos relevantes sobre sua população e os meios de vida, vem sendo registrada desde o século 16 e debatida desde o século 19.” (Gondim *et al.*, 2017).

De acordo com Almeida (1994), na época da chegada dos colonizadores existia uma densa população nativa. Só no território paraibano, conforme cálculo de Irineu Joffily, citado por Almeida (1994), essa população não seria inferior a cinquenta mil habitantes no fim do século XVI. Pelos relatos históricos não apenas na Paraíba como em outros estados acredita-se que os nativos ocupavam de forma permanente ou seminômade não apenas nascentes, topos de serra e ribeiras e que certamente tinham meios de migrar em épocas de estiagem em direção ao litoral (GOMES e ZANELLA, 2023).

De acordo com Marengo (2006) o semiárido brasileiro sempre foi acometido de grandes eventos extremos de secas. Fazendo um resgate histórico sem precedentes, Oliveira e Vianna (2005) apresentam a cronologia das secas para o semiárido. Marengo (2006) afirma que ocorrem entre 18 e 20 anos de seca a cada século, entretanto esse evento tem sido mais frequente a partir do século XX. Após a referida publicação, mais anos de seca foram verificados na região e sistematizados no quadro abaixo. Interessante observar que a seca de 2012 a 2017 – segundo Santana e Santos (2020), em determinadas regiões estendendo-se até 2018 – é a mais longa verificada desde os anos 20 do século XXIII (GOMES e ZANELLA, 2023).

Quadro 1 – Cronologia das secas no Semiárido Nordeste.

Décadas	Séculos					
	<i>XVI</i>	<i>XVII</i>	<i>XVIII</i>	<i>XIX</i>	<i>XX</i>	<i>XXI</i>
00		1603 1608	1707	1804 1808/1809	1900 1903	2001 2003 2005 2007
10		1614	1710/1711	1814	1915 1919	2010 2012/2013 2014/2015 2016/2017(8)
20			1721/1722 1723/1724 1725/1726 1727	1824/1825 1829		
30			1730 1736/1737	1830 1833	1932	
40		1645	1744/1745 1746/1747	1844/1845	1942	
50			1751 1754		1951/1952 1953 1958	
60			1760 1766		1962 1966	
70			1771/1772 1777/1778	1870 1877/1878 1879	1970 1976 1979	
80	1583 1587		1783/1784 1791/1792 1793	1888/18891	1980/1981 1982/1983	
90		1692		1898	1990/1991 1992/1993 1998/1999	

Fonte: GOMES e ZANELLA (2023) a partir de OLIVEIRA e VIANNA (2005), MARENGO, CUNHA e ALVES (2016) e SANTANA e SANTOS (2020).

É importante ressaltar que em decorrência da recente (do ponto de vista histórico) e inconstante fonte primária de dados climáticos na região (estações meteorológicas), os dados mais antigos do quadro acima foram inferidos por meio de dados indiretos, como fontes históricas de arquivos públicos (GOMES e ZANELLA, 2023). Olímpio (2017), utilizando uma abordagem de certo modo semelhante, que levou em conta os decretos de calamidade pública para identificar os riscos de desastres naturais associados às secas e estiagens, chegou à conclusão de que a região do Nordeste do Brasil é fortemente vulnerável

às adversidades ocasionadas pelos desvios negativos da pluviosidade, especialmente recorrente no semiárido – espaço natural de maior suscetibilidade à ocorrência de secas meteorológicas.

Há de se destacar que, considerando a própria característica de grande variabilidade espacial da precipitação na região e sua imensa expressão territorial, pode haver locais nos quais os totais pluviométricos estejam dentro dos valores médios em um ano considerado seco para a região como um todo, assim como podem existir áreas com secas locais em anos considerados normais para a região (GOMES e ZANELLA, 2023). Segundo Marengo (2006), entretanto, os anos apresentados na figura anterior como secos (no decorrer do século XX) são característicos da maior parte dos postos pluviométricos monitorados no Nordeste.

Mas, afinal de contas, o que causa a imensa variabilidade temporal e espacial das precipitações no interior do Nordeste, que denominamos corriqueiramente de seca? Vimos que a região semiárida do Nordeste brasileiro é, das regiões reconhecidamente secas do mundo, uma das que têm maior média pluviométrica anual. O fato de a estação chuvosa estar concentrada em poucos meses durante o ano e a insolação decorrente da posição geográfica induzir imensos potenciais de evapotranspiração agrava a disponibilidade hídrica, mas quem convive na região sabe que as populações humanas, assim como a comunidade ecológica, estão habituadas a conviver com a sazonalidade das estações. Os problemas advêm quando a estação chuvosa não chega ou é insuficiente (GOMES e ZANELLA, 2023). Assim nos deteremos nas hipóteses levantadas para prevalência dessa condição e também nos fatores responsáveis por esse fenômeno que caracteriza de forma tão premente a região semiárida.

Uma das primeiras causas possíveis para a semiaridez do interior do Nordeste do Brasil foi levantada a partir de estudos geomorfológicos em meados do século XX, que afirmaram que “o Nordeste seco não é o império das chapadas. Em 85% do seu espaço total, a região semiárida brasileira se estende por depressões interplanálticas, situadas entre maciços antigos e chapadas eventuais sob a forma de intermináveis colinas sertanejas” (AB`SABER, 1999, p. 10).

Ora, é amplamente conhecido o efeito das chuvas orográficas e das sombras de relevo relacionadas às áreas secas. Esse foi, durante um tempo, fator de discussão: qual a influência de barramento de chuvas que relevos de importância altimétrica como a

Borborema (PB-PE), a Chapada Diamantina (BA) e os diversos Maciços Cristalinos e áreas sedimentares elevadas (como a Ibiapaba) tem de fato na semiaridez da região? Apesar de haver certa influência em porções locais e imediatamente contíguas aos relevos nos territórios, essa hipótese foi abandonada em decorrência de se perceber declínio das precipitações do litoral em direção ao interior mesmo em áreas onde não existem relevos de importância ocasionando possíveis barramentos (GOMES e ZANELLA, 2023)

Outra hipótese levantada relaciona a origem da semiaridez do nordeste à sua posição geográfica com relação às massas de ar atuantes. Nimer (1979), através de estudos sobre a circulação atmosférica, caracterizou o Nordeste como o “ponto final” de diversos sistemas de correntes atmosféricas perturbadas provenientes de Sul (frentes polares), de Norte (ZCIT), de Leste (Alísios e Ondas de Leste) e de Oeste (Linhas de Instabilidade Tropicais). Em 2007, Mendonça e Danni-Oliveira discorreram sobre o Nordeste trazendo argumento semelhante de que as massas de ar Equatorial continental (MEC), Equatorial Atlântica (MEA), Tropical Atlântica (MTA) e Polar Atlântica (MPA) chegam no interior do Nordeste com umidade insuficiente. Zanella (2014) apresenta a mesma explicação.

Gomes e Zanella (2023) refletem que atualmente, com o amplo e contínuo monitoramento dos sistemas atmosféricos, a pouca penetração de sistemas causadores de chuva no interior do Nordeste é um fato irrefutável, mas reforçam que ainda permanece uma questão, não o fazem porquê?

Molion & Bernardo (2002) levantam duas hipóteses, em uma releitura da compreensão de Charney de que as superfícies semiáridas possuem albedo alto e refletem mais radiação que as áreas vizinhas, apresentando uma coluna troposférica relativamente mais fria, o que conseqüentemente inibiria a formação de nuvens convectivas.

A outra hipótese de Molion & Bernardo (2002) sugere que as baixas precipitações do Nordeste estariam relacionadas à proximidade com a região Amazônica, onde ocorrem movimentos convectivos amplos e intensos. Segundo esses autores, “o ar ascendente sobre a Amazônia adquire movimento anticiclônico nos níveis altos (alta da Bolívia) diverge e, parte dele, desloca-se para leste, criando um ramo descendente e uma forte inversão psicrotérmica” (p. 5).

Sobre as hipóteses levantadas por Molion e Bernardo, Gomes e Zanella (2023) refletem que quanto à primeira hipótese há um paradoxo de causa e efeito, visto que o

elevado albedo das áreas semiáridas tem uma relação direta com a própria semiaridez, tendo em vista sua relação direta com a perda de folhas da vegetação na estação seca, tão característica do bioma Caatinga. Quanto à segunda hipótese não se encontra ampla discussão da mesma em outros trabalhos. Assim, nos resta expor os diferentes sistemas atmosféricos que atuam na região semiárida para, a partir deles compreender melhor a dinâmica e caracterização climática da região.

A dinâmica atmosférica da região semiárida é controlada por diferentes massas de ar e seus respectivos centros de ação. No Nordeste brasileiro se destaca a atuação do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, associado a Massa Tropical Atlântica e a Massa Equatorial Atlântica. Sopram predominantemente ventos do quadrante E-SE, tratando-se dos alísios do Hemisfério Sul. Tais massas de ar, em função de sua vortacidade anticiclônica e subsidência superior trazem estabilidade para o tempo, estabelecendo o período seco para a região que no semiárido pode durar até 9 meses. A estabilidade é interrompida pela atuação de diferentes sistemas atmosféricos que causam chuva em áreas e períodos sazonais diferenciados (ZANELLA, 2014).

Entre os sistemas que causam chuvas na região semiárida o mais importante para a porção norte da região é a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, que atua na região entre fevereiro e maio, atingindo os estados do PI, CE, RN, PB e PE e extremo norte da BA. Ela se forma na confluência dos alísios de NE e SE e se desloca para a região em meados do verão, atingindo sua posição mais meridional no outono. (ZANELLA, 2014).

A ZCIT corresponde a uma área de intensa atividade convectiva, que pode abranger até 500km de largura, acompanhadas de baixas pressões, alta nebulosidade e muita chuva. (FERREIRA & MELLO, 2005). De acordo com Nimer (1979), tal sistema pode provocar chuvas até sobre os paralelos 9 a 10° S, ou seja, nas imediações do “cotovelo” do rio São Francisco sobre a região do Raso da Catarina. Seu máximo de atuação é até o mês de Maio, quando a mesma já se encontra deixando a região e migrando para latitudes mais baixas em direção à linha do Equador.

Na região ao sul da latitude 10° S, as chuvas são causadas principalmente pela Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, Tal sistema influencia a região entre novembro e março, sendo que as chuvas se concentram principalmente entre novembro e fevereiro (GOMES e ZANELLA, 2023). A ZCAS resulta da intensificação do calor e da umidade

provenientes do encontro de massas de ar quentes e úmidas da Amazônia e do Atlântico Sul. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Alguns pesquisadores, como Barbieri (2014) afirmam que a ZCAS pode atuar excepcionalmente em latitudes mais baixas, alcançando o sul do estado do Ceará.

Na porção Sul e Leste, atingindo principalmente os estados da Bahia, Sergipe e Alagoas, a Frente Polar – FP, em seu ramo oceânico, gera chuvas principalmente no inverno. A FP se forma no encontro da Massa Tropical Atlântica com a Massa Polar Atlântica gerando instabilidade a partir da ascensão forçada do ar quente, provocando intensa nebulosidade e precipitação. (ZANELLA, 2014).

Chegando a provocar alguns episódios de chuva também no inverno e no extremo leste da região semiárida temos os Distúrbios Ondulatórios de Leste que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de leste para oeste, ou seja, da costa da África até o litoral leste do Brasil (FERREIRA & MELLO, 2005). As chuvas causadas por frente polar ou distúrbios ondulatórios de leste são, contudo, pouco expressivas e localizadas apenas na faixa semiárida contígua ao agreste e mais próxima ao litoral leste do Nordeste Brasileiro.

Na região atuam, ainda, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis, as Linhas de Instabilidades e os Complexos Convectivos de Mesoescala, que contribuem para a ocorrência de chuvas, incrementando os totais anuais para a região. (ZANELLA, 2014)

A atuação apenas dos ramos finais dos sistemas atmosféricos mais importantes apresentando, assim, relativamente, pouca umidade associada ou um período de atuação curto, ajuda a explicar os totais pluviométricos relativamente baixos para uma região tropical, embora ainda pareça haver terreno para discussão e especulação. As causas da imensa variabilidade de intensidade, temporalidade e espacialidade dos mesmos sistemas (que é o que causa as secas), contudo, já foram amplamente discutidas (GOMES e ZANELLA, 2023).

Fenômenos oceânicos-atmosféricos são os responsáveis pela variabilidade que ocorre de um ano para outro. A primeira relação oceânico-atmosférica a ser associada com a variabilidade de chuvas do nordeste brasileiro foi o El Niño, mais particularmente o ENOS²

² ENOS – El niño oscilação sul.

(GOMES e ZANELLA, 2023). Ferreira e Mello (2005) explanam que quando as águas do Pacífico equatorial estão mais aquecidas no centro-leste, toda a convecção se desloca para leste, alterando o posicionamento da Célula de Walker e com a continuidade da circulação atmosférica o ar quente daquela região é empurrado, originando um ramo descendente sobre o oceano Atlântico, próximo à região Nordeste do Brasil e à Amazônia oriental, o que pode gerar inibição da formação de nuvens e do deslocamento da ZCIT para posições mais meridionais, e como consequência diminuição das chuvas no Nordeste Brasileiro.

Cavalcanti et al. (2009), em extensa pesquisa bibliográfica, que retrocedeu até o estudo de Walker (1928) que documentou a relação entre o aquecimento anormal das águas do Pacífico Equatorial Leste e as secas no Nordeste brasileiro, colocam o El Niño Oscilação Sul como um dos principais culpados pela flutuação das precipitações no semiárido.

O El Niño e seu correspondente reverso (La Niña), contudo, são fenômenos que alteram/influenciam o clima a nível global (MARENGO, 2011). Assim, são fenômenos amplamente estudados a bastante tempo, o que permite que certa regressão e associação entre os fenômenos e as secas no semiárido brasileiro sejam feitos. Kane (1997) mostra que de 46 eventos de El Niño (fortes e moderados), durante 1849-1992, apenas 21 foram associados com secas no norte do nordeste do Brasil; ou seja, apesar de haver influência, o fenômeno El Niño não explica sozinho a ocorrência de secas na região.

Nimer já descrevia, em 1979, que a própria movimentação da ZCIT estaria relacionada às posições dos anticiclones dos Açores ao Norte, e Santa Helena ao Sul. O posicionamento dos ditos anticiclones, por sua vez, poderia estar relacionado às anomalias de temperatura do Atlântico Norte e Sul. Assim, caso as temperaturas da superfície do mar no Atlântico estivessem mais quentes no hemisfério sul, isto favoreceria as chuvas provenientes da ZCIT ocorrerem com maior intensidade no Nordeste do Brasil. A nomenclatura mais comum adotada para esse fenômeno é dipolo do Atlântico, estando ele em sua fase positiva quando as águas do Atlântico Norte estão mais quentes do que as do Atlântico Sul (desfavorável à chuva no semiárido), e dipolo negativo quando as águas do Atlântico Sul estão mais quentes (favorável à chuva no semiárido) (GOMES e ZANELLA, 2023).

Kayano e Andreoli (2009) concordam que nos últimos anos a interpretação mais aceita é a de que a variabilidade da temperatura da superfície do mar do Atlântico tropical

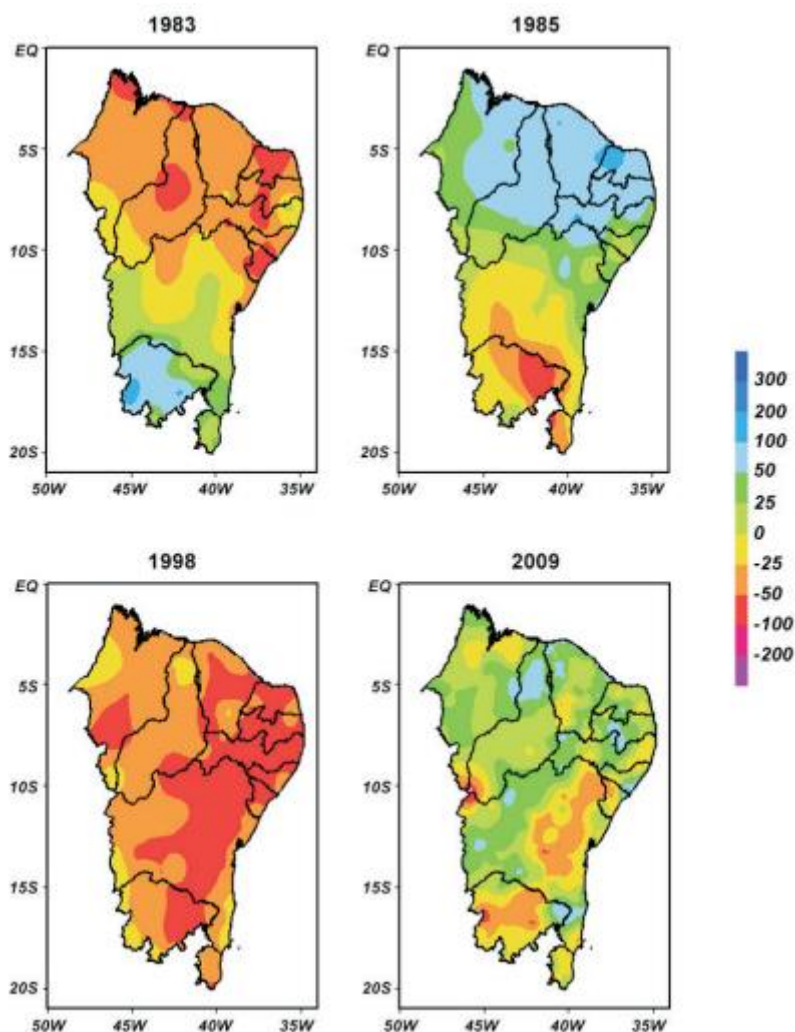
seja, de fato, determinante nas anomalias de precipitação do Nordeste, enquanto o ENOS, em determinadas ocasiões, poderia reforçá-las ou enfraquecê-las. Essa compreensão é igualmente defendida por Zanella (2014), que cita estudos de Hastenrath e Heller (1977); Moura e Shukla (1996); e Uvo et. al. (1994).

Ferreira e Mello (2005) também reforçam a correlação dos fenômenos no Atlântico e no Pacífico, afirmando que o fenômeno El Niño, dependendo da intensidade e do período do ano em que ocorre, principalmente quando acontece com a fase positiva do dipolo do Atlântico (que é desfavorável à ocorrência de chuvas no semiárido), é um dos responsáveis por anos considerados secos ou muito secos, principalmente na porção setentrional da região. O fenômeno La Niña, ao contrário, associado ao dipolo negativo do Atlântico (que é favorável às chuvas no semiárido), é normalmente associado aos anos normais, chuvosos ou muito chuvosos na região.

O pesquisador Jander Monteiro apresentou, em 2022, no artigo “A influência de teleconexões e sistemas meteorológicos produtores de precipitação no semiárido nordestino”, um excelente resumo e explanação ilustrativa e atualizada sobre como as massas de ar atuantes no Nordeste do Brasil são influenciadas por outros sistemas meteorológicos que tem suas gêneses em longínquos locais no globo, dando um enfoque especial nas relações destes com a ZCIT e a ZCAS. É a influência destas teleconexões, ou conexões longínquas, como vimos, que, majoritariamente, induzem a uma atuação mais curta ou longa, intensa ou fraca dos sistemas causadores de chuvas e que fomentam a enorme variabilidade interanual das precipitações, que costumamos chamar de secas.

Para que se tenha dimensão da extrema variabilidade anual das chuvas no semiárido, e de como médias podem mascarar a flutuação da pluviosidade, exemplificaremos Caicó-RN, localizada no Seridó: foram registrados dois anos em estudo de Lucena et al. (2013) um com total de 107 mm e outro com 1.561mm, ou seja, um ano 15 vezes mais chuvoso/seco que o outro, sendo que a precipitação média anual para o período estudado (1911 a 2010) foi de 659,94mm. Uma outra visualização da variabilidade interanual (e espacial), ampliada para todo o semiárido, pode ser vista na figura 6.

Figura 6: Anomalia de Precipitação em relação à média para a quadra chuvosa (fevereiro, março, abril e maio) para anos secos (1983 e 1998) e chuvosos (1985 e 2009).



Fonte: MARENGO et al, 2011. Dados primários: PROCLIMA.

Quanto às diferenças intra-anuais nos tipos de tempo no semiárido é importante termos em mente que as mesmas são induzidas pelos diferentes sistemas indutores de tipos de tempo já mencionados. Em um ambiente sempre quente, contudo, as maiores diferenças nos tipos de tempo são relacionadas à precipitação, como já esperado em uma área tropical.

No Semiárido é amplamente aceito uma condição de percepção popular de duas estações: o “verão” – quando não está chovendo, e o “inverno” – no período de chuva. Como os períodos de chuva variam em meses dependendo do local na região semiárida existem diferentes períodos de “inverno” e “verão” a depender do local.

Essencial, contudo, destacar que, com exceção da área semiárida contígua ao litoral oriental do Nordeste, não ocorre uma correspondência entre o período chuvoso (popularmente chamado de inverno) e o inverno em si (a estação do ano que se inicia em Junho) em nenhum local do semiárido. A terminologia “inverno” teria assim mais relação com condições de temperatura mais amenas relacionadas à nebulosidade associada às precipitações.

Saraiva (2014) pesquisando sobre o semiárido potiguar chegou à conclusão de que o semiárido não possui apenas duas estações características, mas três, a saber: um período quente e chuvoso (fevereiro, março, abril e maio), um período ameno e seco (junho, julho e agosto) e um período muito quente e seco (setembro, outubro e novembro), existindo, entre eles, uma transição. Os meses de dezembro e janeiro segundo este trabalho da autora marcam a transição do ano climático entre o período mais quente e seco e período quente e chuvoso.

A mesma autora ao se deter novamente sobre os ritmos climáticos no semiárido potiguar e dessa vez partindo da contínua observação de uma área de caatinga e de entrevistas com aclimatados elaborou um novo ordenamento para os ciclos climáticos anuais no semiárido potiguar (Saraiva, 2020), como pode ser visto no quadro 2.

É importante enfatizar que ao que parece os aclimatados ao semiárido tem uma percepção mais acurada dos diferentes tipos de tempo em seu local de moradia, observando alterações nas outras componentes climáticas, como umidade e velocidade do vento, mesmo quando as diferenças nas temperaturas são pequenas.

Quadro 2: Ciclo climático anual do município de Mossoró-RN.

Ciclo climático anual do município de Mossoró/RN/Semiárido Potiguar												
Estações astronômicas	P/V	V	V	V/O	O	O	O/I	I	I	I/P	P	P
Meses	Dez	Jan	Fe	Mar	Abr	Ma	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Periodos climáticos	Período Quente com Chuvas Esporádicas		Período Chuvoso com alternância de Tempos Ensolarados e Nublados				Período Ameno com Chuvas Esporádicas			Período Seco, Muito Quente com Ventos Fortes		
Características dos períodos climáticos	Altas temperaturas do ar e da superfície, bem como elevadas taxas de radiação solar e insolação. Com o início das chuvas, percebe-se um aumento na umidade relativa do ar e da nebulosidade. Redução da deficiência hídrica. Redução na pressão atmosférica e na velocidade dos ventos, que variam de brisas suaves à calmaria.		Maior intensidade pluviométrica, aumento da umidade relativa do ar e número significativo de dias nublados, o que reduz a insolação e a radiação solar em pleno verão. Em virtude dessa realidade, é comum ocorrerem dias amenos, com temperaturas mais baixas. A velocidade do vento e as taxas de evapotranspiração diminuem. Esse é o período do ano marcado pela reposição hídrica. Porém, também são encontrados nesse período dias ensolarados com temperaturas elevadas.				Concentra as menores temperaturas do ar registradas ao longo do ano. Apresenta dias amenos e madrugadas frias. Em virtude do inverno astronômico, ocorre nesse período uma redução nos valores de radiação solar entre junho e julho, com aumento em agosto. A pressão atmosférica aumenta significativamente e a velocidade do vento também. Gradativamente, a nebulosidade, o número de dias de chuva e a umidade relativa do ar diminuem.			Ausência de chuvas, intensa velocidade do vento, elevadas taxas de insolação, de radiação, de evapotranspiração e deficiência hídrica. As temperaturas do ar e da superfície são bastante elevadas, as taxas de umidade relativa no período diurno são, geralmente, muito baixas e os índices de desconforto térmico nos turnos diurnos são os mais críticos do ano.		

Fonte: Saraiva, 2020.

Saraiva (2020) ainda esclarece que, mesmo que tenha identificado meses para o início de cada ciclo os mesmos são controlados pela ação da circulação e dinâmica atmosférica que, em especial no Nordeste, possui grande variabilidade tanto de atuação como de intensidade, sendo influenciadas por fenômenos como o El Niño ou da La Niña.

Na área de estudo eleita para esta pesquisa, também no Nordeste setentrional, identificamos, de modo semelhante ao encontrado por Saraiva, quatro diferentes condições climáticas ao longo do ano: a pré-estação chuvosa (última quinzena de dezembro e janeiro), a estação chuvosa em si (fevereiro a maio), o pós-estação chuvosa (meses de Junho e Julho – auge do inverno austral) e a estação seca (comumente referida na região desta pesquisa

como o “B” “R” “O” - “BRO”, em alusão aos meses que terminam com essa sílaba: setembro, outubro, novembro e dezembro).

As diferenças inter e intra-anuais das variáveis climáticas tem sido cada vez mais percebidas pelos moradores do semiárido como intensificadas em decorrência de fatores associados às mudanças climáticas globais. Nos deteremos a seguir em explorar as consequências e efeitos esperados das mudanças climáticas globais para o semiárido.

2.2 Perspectivas de alterações no clima semiárido nordestino frente às mudanças climáticas³

O IPCC⁴ (2018) afirma, com alto índice de confiança, que “estima-se que as atividades humanas tenham causado cerca de 1,0°C de aquecimento global acima dos níveis pré-industriais, com uma variação provável de 0,8°C a 1,2°C”.

Não é mais plausível a discussão sobre se estamos ou não influenciando o clima em escala global, isto está provado. As discussões agora devem versar sobre os impactos relacionados a essa influência, suas interações e como podem ser mitigados de forma a permitir às sociedades humanas que continuem habitando a Terra. Especial atenção nesta discussão deve ser voltada para as populações mais vulneráveis, quer por suas poucas capacidades adaptativas, quer por habitarem regiões onde os impactos prognosticados⁵ tendam a ser mais severos; no Brasil a região semiárida destaca-se nessa conjuntura (GOMES E ZANELLA, 2021).

³ As informações expostas neste tópico foram sistematizadas e publicadas no artigo “Reflexões acerca dos impactos naturais e sociais esperados em decorrência das mudanças climáticas no semiárido brasileiro.” Publicado no Journal of Hyperspectral Remote Sensing em 2021.

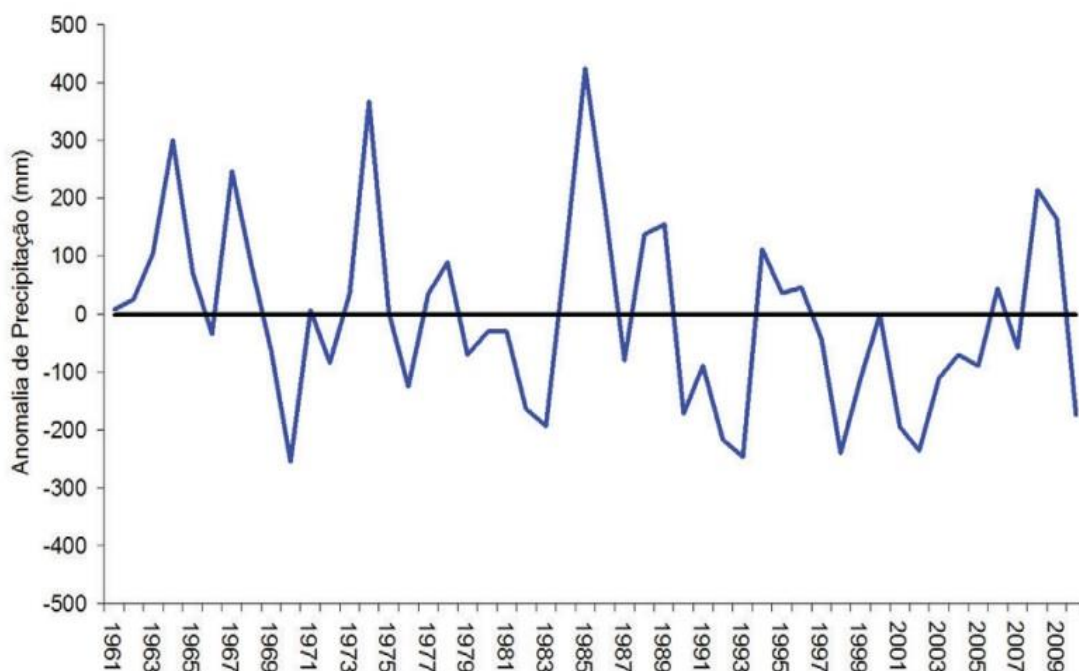
⁴ Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Órgão multilateral associado à Organização das Nações Unidas (ONU) e à Organização Meteorológica Mundial (OMM) que organiza relatórios periódicos tendo como base estudos desenvolvidos em todo o mundo por centenas de cientistas acerca da ocorrência e impactos das mudanças climáticas associadas ao aumento de gases de efeito estufa na atmosfera promovido pelas sociedades humanas.

⁵ Os termos previsão e prognóstico são muito utilizados nas ciências ambientais, em especial em trabalhos ligados à Meteorologia e Modelagem. Ambos significam situações, eventos ou condições futuras, extrapoladas a partir de uma base de dados presente. O primeiro é usado comumente para o futuro próximo, como as previsões do tempo meteorológico produzidas por instituições como o CPTEC e FUNCEME e divulgadas em meios de comunicação. Já o segundo é relacionado com um futuro mais distante (e incerto). Quando é usado o termo prognóstico não se expressa certeza da ocorrência de um evento, situação ou condição futura, mas uma probabilidade (que pode ser mais alta ou mais baixa) de sua ocorrência. É utilizado nos relatórios do IPCC, muitas vezes associado a termos que esclarecem o grau de confiança (muito alto, alto ou médio) de que o que se está afirmando de fato ocorra.

Dentre as características climáticas do semiárido brasileiro a mais conhecida é a recorrência de períodos de baixa pluviosidade: a seca. Em primeiro lugar deve-se destacar que dentre as regiões semiáridas do mundo as condições de médias pluviométricas encontradas no interior do Nordeste do Brasil não são tão baixas, embora a proximidade com o equador induza a altos valores de evaporação potencial. Pode-se inclusive afirmar que, se em todos os anos, em todos os lugares do semiárido brasileiro, a pluviometria fosse próxima da média histórica para o local e igualmente distribuída durante todo o período chuvoso não haveria sérios problemas relacionados à sobrevivência humana, ou nas palavras de Marengo *et al* (2001) “a irregularidade temporal e espacial das chuvas constitui fator relevante, se não mais, do que os totais pluviométricos sazonais propriamente ditos, em especial para a agricultura de sequeiro, que depende da manutenção da umidade do solo durante o período de cultivo”.

O que se vivencia no clima semiárido brasileiro, contudo, é uma forte variabilidade espaço-temporal. Ou seja, as chuvas podem variar significativamente tanto no tempo, com anos bastante chuvosos e outros muito secos (fig. 7), como no espaço, com áreas específicas sofrendo estiagem, mesmo quando em áreas próximas tem chovido regularmente (GOMES E ZANELLA, 2021).

Figura 7: Série temporal das anomalias de chuva na região do semiárido do Nordeste do Brasil (Latitude: 10-5°S, Longitude: 45-38°W) durante o período chuvoso Fevereiro/Março/Abril/Maio.



Fonte: PROCLIMA-CPTEC/INPE *apud* MARENGO *et al.* 2014. As anomalias se referem à média histórica de 1961 a 2009, que é de 541 mm.

Tal característica (a natural adaptação à variabilidade) poderia, a priori, fazer da região semiárida e de sua população mais resilientes a alterações nas componentes climáticas associados às mudanças do clima, considerando-se já estarem comumente adaptados a períodos em condições que fujam do padrão médio local. Contudo, tendo em vista que a região já vive em condições próximas às limítrofes para a sobrevivência em relação à disponibilidade hídrica, mesmo pequenas alterações podem desencadear impactos que venham a influenciar significativamente o modo de vida das populações humanas e os sistemas ambientais (GOMES E ZANELLA, 2021).

Um dos fatores complicadores de se compreender os estudos realizados e os prognósticos dos cenários a que chegam diferentes autores acerca da região semiárida é a sua própria condição de variabilidade climática natural. Variações e interações já largamente estudadas como as variações decadais, os fenômenos El niño e La niña e o dipolo do Atlântico já induzem forte variabilidade, dificultando que se possa comparar em alguns aspectos, por exemplo, dados obtidos por pesquisas que modelam séries históricas passadas

e as tomam como parâmetro para comparar com os resultados e prognósticos a que chegam a partir de determinados cenários (GOMES E ZANELLA, 2021).

É importante também compreender que cada estudo que visa investigar os impactos das mudanças climáticas em uma determinada região vai chegar a diferentes resultados de acordo com a metodologia adotada, em especial o cenário escolhido⁶, que normalmente tem relação com o último relatório do IPCC publicado e que pode ser mais de um em um mesmo estudo; a regionalização do estudo e a própria modelagem ambiental utilizada, que vem evoluindo muito no decorrer dos últimos anos, sendo os estudos mais recentes, normalmente, bem mais robustos em relação aos fatores analisados que os mais antigos. Sobre os impactos esperados das mudanças climáticas no semiárido refletiremos a seguir abordando individualmente cada fator climático/ambiental.

O primeiro fator que aqui refletiremos é a temperatura do ar em superfície. Todos os modelos e cenários utilizados em estudos de impactos de mudanças climáticas consideram o aumento dos gases de efeito estufa decorrentes das emissões antrópicas. Logo, é natural que mesmo aqueles que consideram apenas as emissões já geradas (ou seja, que não inseriram as emissões esperadas para as próximas décadas e que tem diferentes valores dependendo do cenário político-econômico e social envolvido) apresentem aumento de temperatura de superfície. As temperaturas de superfície já são mais altas do que eram em períodos pré-industriais e na região semiárida não é diferente (GOMES E ZANELLA, 2021).

Gomes e Zanella (2021) em um trabalho de levantamento bibliográfico a partir de pesquisas de modelagem de diversos autores (Nobre et al., 2005; Marengo e Valverde, 2007; Marengo et al., 2011, Hamada et al., 2011, Marengo et al., 2012; PBMC, 2012; Sales et al.,

⁶ O termo cenário, em Modelagem ambiental, corresponde às informações e dados inseridos num sistema que comporão as características ambientais daquela situação hipotética. Pode-se fazer uma analogia com a inserção de móveis e objetos num cenário de peça teatral. Vão se inserindo informações necessárias até que aquele cenário fique semelhante ao lugar real que se queira representar. Quanto mais informações (objetos, móveis, etc.), mais próximo da realidade se estará. Assim como quanto mais complexos e robustos (mais informações e dados) os cenários, mais próximos da imensa complexidade dos sistemas naturais eles estarão. Muitos trabalhos científicos, em especial os relatórios do IPCC, trabalham com vários cenários, cada um produzido (tendo informações inseridas) de acordo com uma lógica político/científica específica. Ou seja, com vários “futuros possíveis”, tendo em vista as modificações que podem (ou não) ser feitas nos incrementos de gases de efeito estufa pelas sociedades. Atualmente o IPCC traz em seus relatórios cinco cenários possíveis para os seus prognósticos, desde os mais pessimistas (que consideram que continuaremos a aumentar a emissão de gases como tem sido feito até aqui), até os mais otimistas (que tentem a considerar que num futuro relativamente próximo (décadas) vamos deixar de emitir gases estufa e começar a recapturar o excesso deles da atmosfera. É sabido que os cenários mais extremos não devem ocorrer, mas é importante ter os dados pra se compreender o impacto possível de não se fazer nada no presente. Os cenários considerados mais “realistas”, ou seja, mais próximos do que encontraremos na realidade nas próximas décadas são os intermediários.

2015; Silveira et al., 2016; Guimarães et al., 2016; Silveira et al., 2018), concluíram que a temperatura de superfície tende a subir nas próximas décadas. Os valores são diferentes de acordo com o estudo (modelo) e o cenário, mas uma coisa é certa: é consenso entre pesquisadores da área que a tendência de aumento de temperatura permanecerá e que os valores tendem a ser progressivos com o passar do tempo.

Um exemplo pode ser visto nas projeções do PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas) para o Nordeste do Brasil de 2012 que prognosticam um decréscimo entre 10% e 20% da precipitação e aumento de 0,5 a 1 °C da temperatura do ar durante as próximas três décadas (até 2040), com aumento gradual de temperatura de 1,5 a 2,5 °C e diminuição entre 25% e 35% nos padrões de chuva no período de 2041-2070 e condições significativamente mais quentes (aumento de temperatura entre 3,5 e 4,5 °C).

A projeção do PBMC de 2012, como visto, apresenta além de um aumento da temperatura do ar, uma diminuição da precipitação. Isso, contudo, diferentemente do aumento de temperatura, não é um consenso entre os estudos, tendo diversos deles expressado que as conclusões de suas modelagens foram insuficientes para definir um padrão de aumento ou diminuição (em comparação com a normal climatológica) da precipitação no Nordeste. Segundo Giorgi e Francisco (2000) e Oyama (2002) enquanto alguns modelos apontam para anomalias positivas de precipitação sobre a Amazônia e Nordeste Brasileiro, outros apontam para anomalias negativas.

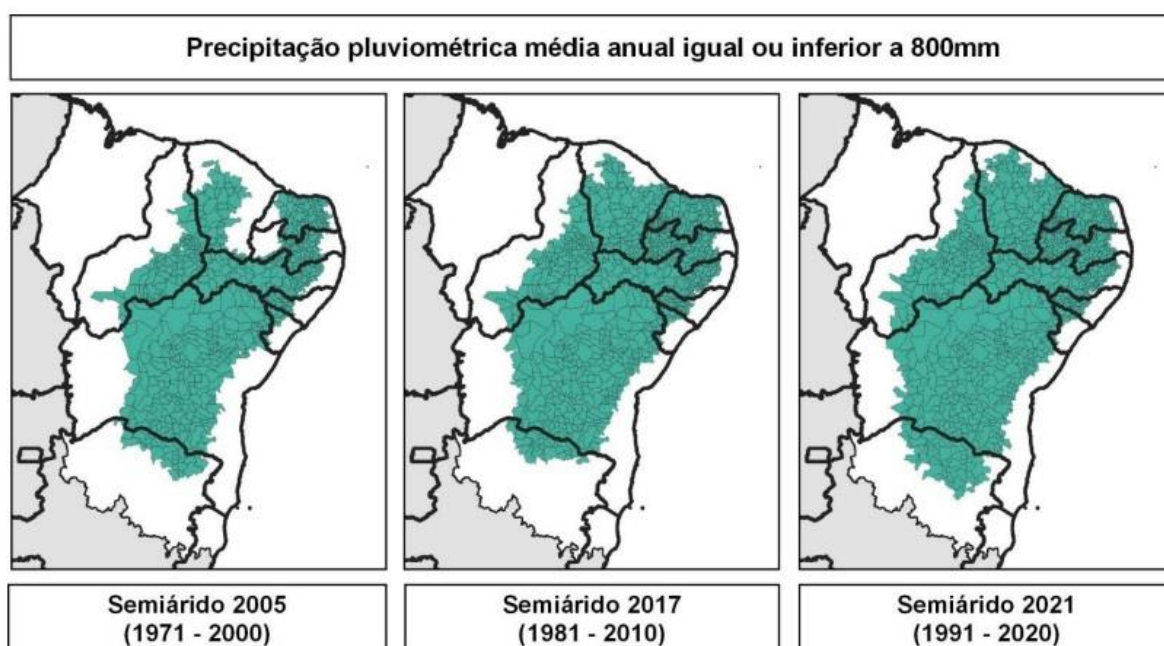
Os mesmos autores refletem que isso pode ocorrer porque os modelos dificilmente levam em consideração outros sistemas causadores de chuva além da ZCIT⁷. Estes sistemas (como Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis, Complexos Convectivos de mesoescala e linhas e instabilidade) têm influência importante a se considerar, tanto atuando de forma independente como associados à ZCIT.

Certa variabilidade com tendência à diminuição de pluviosidade vem sendo observada na própria delimitação da região semiárida realizada pela SUDENE. Um dos critérios de definição de inclusão dos municípios é média anual de precipitação inferior ou igual a 800 mm; tal média é calculada tendo como base uma normal climatológica referente

⁷ Zona de Convergência Intertropical. Principal sistema atmosférico causador de chuvas no Norte do Nordeste Brasileiro e na maior parte da região semiárida nordestina. É formada pela convergência dos ventos Alísios e associada à formação de nuvens convectivas e precipitações intensas. Sofre influência em seu posicionamento e intensidade de outros fenômenos como o dipolo do Atlântico e o El niño/La niña.

aos anos mais próximos à delimitação realizada. Sendo assim, como pode ser visto na figura 8, a área com municípios dentro da isoietta de 800mm vem aumentando nas últimas delimitações, embora é claro que esse seja um universo de análise temporal muito curto para se falar de tendência de diminuição de precipitação, podendo ser reflexo apenas da variabilidade normal das precipitações.

Figura 8: Evolução temporal dos municípios dentro da Isoeita de 800mm



Fonte: SUDENE, 2021. Normais climatológicas descritas abaixo de cada imagem.

Christensen et al. (2013) concluíram que menos chuvas ocorrerão no leste da Amazônia, nordeste e leste do Brasil durante a estação seca (o que tem influência muito mais premente na Amazônia que no Nordeste que já apresenta na estação seca baixíssimos índices pluviométricos), no entanto, na estação chuvosa há confiança média nas mudanças na precipitação ao longo destas regiões, com alta confiança no aumento de extremos de precipitação. Conclusões semelhantes de aumento de extremos de precipitação, foram feitas por Silveira et al (2016) que revelam que tanto nos cenários mais otimistas como mais pessimistas para o IPCC AR5 os modelos indicam um aumento de anos extremos de precipitação, principalmente nos últimos anos do século XXI; assim como uma maior

amplitude de oscilações das séries no período de 2071 a 2100, indicando uma maior ocorrência de eventos extremos do que no século XX.

Em resumo, se não há consenso aparente nos estudos em relação ao aumento ou diminuição das médias pluviométricas no semiárido brasileiro, há forte tendência de as mesmas apresentarem uma variabilidade ainda maior que a atual, com a ocorrência de eventos extremos de precipitação que, mesmo que colaborem para que se alcance a média anual de chuvas, muitas vezes não correspondem a eventos ambientais benéficos às populações, gerando perdas nas lavouras e arrombamento de açudes; além de impactos ambientais para os ecossistemas como o aumento da erosão e a consequente perda de solo (GOMES E ZANELLA, 2021).

As mudanças climáticas podem produzir grandes impactos sobre os recursos hídricos, componente ambiental de maior sensibilidade no semiárido. É possível que o aumento da temperatura média global, já observado nas últimas décadas, cause alterações no ciclo hidrológico, por meio de modificações dos padrões de precipitação e evapotranspiração capazes de impactar diretamente a umidade do solo, a reserva subterrânea e a geração do escoamento superficial (BATES et al., 2008). Essa conjuntura só tende a se agravar com o passar do tempo, visto que as projeções mostram que o aumento de temperatura continuará ocorrendo.

Esse quadro não é apenas global, estudos foram realizados com o objetivo de verificar o impacto da mudança do clima nos recursos hídricos da América do Sul e Milly et al. (2005) afirmam que há concordância nas projeções para a metade do século XXI, mostrando aumento de vazão sobre a Bacia do Paraná-Prata e redução nas bacias do leste da Amazônia e do Nordeste do Brasil.

Marengo et al (2011) já verificavam há mais de uma década que um alto potencial para evaporação no Nordeste, combinado com o aumento de temperatura, causaria diminuição da água nos lagos, açudes e reservatórios e nas vazões dos rios. Levando, inclusive, a uma redução da produção de energia elétrica nas usinas do rio São Francisco.

Conclusão semelhante adveio de estudo de Silveira et al. (2016) para a Bacia do São Francisco que encontrou uma mesma tendência de diminuição de vazão, tanto para cenário de emissão de gases considerada pessimista (que considera para as próximas décadas um

grande aumento das emissões de gases de efeito estufa) como otimista (com diminuição das emissões).

Essa previsão de diminuição das vazões nos reservatórios do semiárido, segundo esses estudos, tem uma relação direta com o aumento da temperatura, e conseqüentemente da evaporação e evapotranspiração potencial. Esse aumento consegue ser percebido mesmo em modelos onde há relativo aumento nas precipitações, o que fortalece o que já sabíamos do clima semiárido: que, sendo uma área onde o déficit hídrico é uma das principais características naturais, um incremento constante à evaporação, como é o aumento de temperatura de superfície, torna-se fator de peso bem maior do que um possível aumento discreto nos totais pluviométricos anuais (que, que fique claro, não é consenso, havendo estudos que prognosticam diminuição das chuvas) (GOMES E ZANELLA, 2021).

Outro fator que merece reflexão em suas interconexões com os recursos hídricos é o prognóstico do aumento de eventos extremos de precipitação (como os encontrados por Silveira et al, 2016 e pelo PBMC, 2012). Em primeiro plano chuvas muito intensas tendem a ter efeito erosivo maior e menos infiltração no solo, o que pode aumentar o assoreamento dos rios e reservatórios (que incrementa mais ainda a evaporação). Em segundo plano, o aumento de outro tipo de evento extremo, os veranicos (dias consecutivos sem chuva e muitas vezes sem cobertura de nuvens no meio da estação chuvosa), tem o potencial de ter um forte incremento na perda hídrica visto que neste período do ano os potenciais evaporativos tendem a se concretizar (visto haver água disponível na superfície, o que nem sempre ocorre no período seco), além de que o período chuvoso majoritário no semiárido corresponde ao verão/outono austral, ou seja, dias sem cobertura de nuvens em pleno verão, com água disponível no solo e nos reservatórios, são dias com forte incremento de perda hídrica da superfície para a atmosfera (GOMES E ZANELLA, 2021). Tais perdas podem refletir-se, dependendo da intensidade e da duração, em fortes danos às culturas de subsistência (NAE, 2005).

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, em estudo de 2012, já apontava possível agravamento do déficit hídrico no semiárido nas últimas décadas do século XXI. Outros estudos mais recentes e robustos, como vimos, fizeram prognósticos semelhantes. Esse déficit, longe de impactar apenas os recursos hídricos, tem conseqüências diretas à disponibilidade hídrica no solo e deve fomentar impactos na flora e fauna (inclusive em suas

distribuições biogeográficas), e na saúde e reprodução dos modos de vida dos seres humanos (GOMES E ZANELLA, 2021).

A partir das reflexões dos impactos das mudanças climáticas nas componentes climáticas e nos recursos hídricos é natural voltarmos nosso olhar para os impactos relacionados com outras componentes naturais associadas: os impactos ecológicos. O relatório do IPCC (2018) que projeta os impactos do aumento da temperatura média global em 1,5°C estima que aproximadamente 4% da área terrestre global passe por uma transformação de ecossistemas de um tipo para outro com o aquecimento global de 1°C, comparado com 13% a 2°C. Em outras palavras, algumas áreas da Terra deverão ter ecossistemas não apenas impactados com as mudanças climáticas, mas até totalmente transformados.

Tais transformações nos ecossistemas terrestres se dariam em decorrência de mudanças nos padrões globais da vegetação. Nobre et al. (2005) relataram que estudos indicam que, ao contrário da maioria das atividades humanas, ecossistemas naturais não apresentam grande capacidade de adaptação (ou bem-sucedida migração em resposta) à magnitude das mudanças climáticas se estas ocorrerem no curto intervalo de décadas. Estes podem normalmente migrar ou se adaptar a mudanças climáticas que ocorram na escala de muitos séculos a milênios (o que não é a velocidade estimada das mudanças nas componentes climáticas associadas ao aquecimento global). Revelam ainda que quando somamos ao aquecimento global as alterações de vegetação resultantes das mudanças dos usos da terra, notadamente os desmatamentos das florestas tropicais e dos cerrados, é quase certo que acontecerão rearranjos importantes nos ecossistemas e mesmo a redistribuição de biomas.

Na região semiárida essas alterações ecológicas impactariam o Bioma Caatinga. Tais impactos adviriam do aumento de temperatura que induz a uma maior evapotranspiração, reduzindo a quantidade de água no solo. Nesta conjuntura estudos (Nobre et al., 2004; Hutyrá et al., 2005; Salazar et al., 2007) indicam que a caatinga pode dar lugar a uma vegetação mais típica de zonas áridas ou de deserto, com predominância de cactáceas, até finais do Século XXI, e mesmo antes disto ocorrerá a substituição de área de caatinga por semi-deserto no núcleo mais árido do Nordeste do Brasil.

Tais projeções mesmo aparentemente catastróficas devem estar ainda subestimadas, visto que consideram em seus modelos apenas as alterações nas componentes climáticas (temperatura, evaporação e precipitação, etc.), mas não conseguem dar conta dos impactos relacionados ao uso e ocupação do solo (como o desmatamento, a perda e degradação do solo por erosão e o crescimento de áreas urbanas). Apesar de sua característica interiorana, de urbanização tardia e dispersora populacional, o interior do Nordeste Brasileiro tem tido aumento da área usada para uso agropecuário e de urbanização nas últimas décadas (GOMES E ZANELLA, 2021). É possível visualizar na plataforma Mapbiomas⁸ a área na Caatinga ocupada por tais usos nos últimos 35 anos (fig. 9).

Figura 9 – Evolução das áreas de uso agropecuário do solo (em amarelo claro) e de ocupação urbana (em rosa), no Bioma Caatinga, em 1985 e 2020.



⁸ O MapBiomas é uma plataforma interativa e aberta de informações geográficas que usa imagens dos satélites Landsat pra espacializar e organizar informações de interesse ambiental e social. É uma iniciativa do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima e é mantido de forma colaborativa por uma rede de co-criadores de ONGs, Universidades e Empresas de Tecnologia. Pode ser acessado pelo endereço: <https://mapbiomas.org/>

Lima et al. (2011) discutem que antes mesmo de impactos relacionados às mudanças climáticas serem modelados para o semiárido, diversos pesquisadores já estudavam efeitos da degradação do solo associada à mudanças no uso e ocupação que promoviam o fenômeno da desertificação; segundo os mesmos o semiárido é o espaço geográfico mais vulnerável aos efeitos da desertificação no Brasil. Diversas áreas dentro da região semiárida já passam por esse processo e muitas outras são suscetíveis a ele em maior ou menor grau. As questões relacionadas aos impactos associados às mudanças climáticas vêm agravar essa conjuntura.

Guimarães et al (2016) em uma modelagem com projeção de incremento de emissões globais (pessimista) nas próximas décadas, aponta para o surgimento de uma área hiperárida entre os Sertões Central e Inhamuns do Ceará de mais de 10 mil quilômetros quadrados. É importante destacar que esta mesma área já é considerada, hoje, suscetível à desertificação (CEARÁ, 2018).

Para além das questões relacionadas às modificações na flora e fauna, sabemos que o ser humano, em suas necessidades biológicas, também sofrerá efeitos adversos das modificações das componentes climáticas projetadas para o semiárido em decorrência das mudanças climáticas. Projeta-se que qualquer aumento no aquecimento global afete a saúde humana, com consequências principalmente negativas (IPCC, 2018).

Marengo et al. (2011) encontraram em seus prognósticos uma situação de aumento de ondas de calor o que, juntamente com a seca do ar e a presença de veranicos mais longos, pode afetar seriamente o conteúdo de umidade de solo, com impactos na agricultura de subsistência. Em outras palavras, para além dos impactos na saúde dos indivíduos, estas alterações induziriam também impactos nos modos de vida, ou seja, impactos sociais.

Se percebidos em uma escala global pode-se afirmar que a região semiárida e suas populações tiveram, no decorrer de sua história, pequena parcela de influência no acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera que desencadeiam as mudanças climáticas. Sabe-se, pelos prognósticos e modelagens feitas, contudo, que arcarão com impactos dessas mudanças que exercerão forte dano a seus modos de vida. Isso, essa disparidade em relação à influência na causa do processo e nos danos relacionados a ele, sendo um claro exemplo de injustiça ambiental, no caso específico: injustiça climática. (ACSERALD *et al*, 2009).

Refletindo sobre os aspectos levantados por Marengo et al. (2011) sobre a perspectiva dos aspectos sociais relacionados às mudanças climáticas, ressalta-se que os impactos

prognosticados para as próximas décadas na região semiárida do Brasil devem ser ponto preponderante das reflexões nacionais acerca do tema. A importância de tal protagonismo advém, em parte, porque se vive no semiárido, assim como em alguns outros lugares no Planeta Terra, em uma região em que os fatores climáticos (temperatura, precipitação, umidade relativa, etc.) já são, em condições normais, próximos aos limites toleráveis pelas necessidades humanas. Em outras palavras, porque já se vive num limiar tal de condições naturais que fazem da população ali residente mais facilmente suscetível a transpor esse limiar e ver suas condições de reprodução da vida cotidiana afetadas de forma perceptível. A essa susceptibilidade a literatura dá o nome de vulnerabilidade às mudanças climáticas (GOMES E ZANELLA, 2021).

Sob a esfera das condições sociais no semiárido é importante citar que esta é uma das áreas no Brasil com menores índices socioeconômicos, menor acesso a bens e serviços públicos como saneamento básico e de grande desigualdade social e fundiária; sendo boa parte da mão de obra nas áreas rurais dedicada à pecuária e a agricultura de sequeiro (não-irrigada, dependente, portanto, do ciclo anual das chuvas). Outras fontes de renda importantes para as economias locais advêm de repasses estatais, como aposentadorias e programas sociais como o bolsa família. Araújo (2012) reflete, inclusive, que algumas políticas sociais das últimas décadas que não visavam de forma direta a retenção da população no semiárido e sua melhor adaptação a ele, podem ter tido maior efeito positivo nesse sentido que antigas políticas de combate à seca.

Levando em conta um semiárido mais árido e o aumento da frequência de ocorrência das secas, a base de sustentação para as atividades humanas diminuirá, sendo provável que aumente o deslocamento da população para as grandes cidades ou para as áreas nas quais seja possível desenvolver a agricultura irrigada (MARENGO *ET AL*, 2011).

Outros possíveis impactos levantados pelo mesmo estudo são a inviabilidade da produção agrícola de subsistência de grandes áreas colocando em risco a sobrevivência da população, o aumento do desemprego, especialmente no setor agrícola, problemas de saúde e aumento de migração para áreas urbanas da região ou para outras regiões.

Dentre os processos desencadeados pelas mudanças climáticas, talvez o com maior potencial de impacto no modo de vida das populações no semiárido seja o quadro tendencial

de aumento dos processos de desertificação. O relatório Ceará 2050 (2018), ao discorrer sobre esses impactos revela:

“A desertificação tem potencial de trazer consigo grandes desafios ou riscos sistêmicos os quais precisarão constar no planejamento tais como: (i) aumento da temperatura do solo, que por sua vez inviabilizará algumas culturas devido à consequente redução da umidade do solo; (ii) aumento do déficit hídrico; (iii) maior índice de aridez; (iv) salinização do solo; (v) queda na produção e na produtividade agrícolas; (vi) perda de biodiversidade (flora e fauna) gerando impactos sistêmicos tais como pragas e vetores; (vii) agravamento dos problemas sociais; (ix) retorno ao processo de migração da população para os centros urbanos; (x) assoreamento de rios e reservatórios; (xi) aumento das secas edáficas pela diminuição da retenção de água do solo; e (xii) morte de rebanhos; dentre outros.”

Dentro do aspecto populacional de migração citado, muitos brasileiros, em diversas regiões do país, descendem de famílias que deixaram o interior semiárido do nordeste do Brasil no decorrer do século XX. Tal migração populacional ocorreu, à época, como uma resposta social a uma penúria econômica ocorrida por uma variabilidade climática “normal”, ou seja, que ocorre de forma natural no clima semiárido: as secas. Sabemos que inúmeros fatores não-naturais também tiveram sua parcela de contribuição nesses processos migratórios, como a desassistência estatal, a concentração de terras e violência do sistema fundiário e a falta de políticas de adaptação e convivência com o semiárido. Mas, colocando em segundo plano os fatores não-naturais chegamos à conclusão que os nossos “retirantes da seca” já eram, nos séculos passados, refugiados ambientais (ou refugiados do clima). Que fique claro: refugiados do clima em sua variabilidade natural e não em sua variabilidade prognosticada em decorrência das mudanças climáticas associadas ao aquecimento global (GOMES E ZANELLA, 2021).

Durante o fim do século XX e início do XXI diversas políticas e ações sociais foram paulatinamente sendo postas em prática e mostraram-se capazes de induzir uma permanência das populações no semiárido (ARAÚJO, 2012), mesmo em uma situação de seca, com totais pluviométricos abaixo da média histórica em vários anos em sequência em diversas regiões do semiárido.

Tal fenômeno climático (a seca de 2011-2017⁹), se é possível que tenha ocorrido apenas por uma variabilidade climática natural do clima semiárido, também não é impossível

⁹ que se estendeu até 2018 em algumas regiões segundo Santana e Santos (2020).

que já tenha sofrido influência (em sua ocorrência, intensidade e tempo de permanência) das alterações climáticas globais promovidas pelo homem (GOMES E ZANELLA, 2021).

Em outras palavras a primeira grande seca do século XXI no semiárido nordestino teve pouco efeito migratório de expulsão populacional para outras regiões, se comparado às secas do século XX, embora se deva refletir que o êxodo rural permaneceu presente, mas as áreas atratoras foram as próprias cidades pequenas e médias de dentro da própria região semiárida (OJIMA, 2013). Isto mostra que as ações desenvolvidas até o momento foram relativamente eficazes em minorar os efeitos do desastre climático para a população. É necessário refletir, contudo, até que ponto essas políticas serão capazes de continuar contendo os efeitos adversos nas próximas décadas quando os impactos das mudanças climáticas deverão ser mais intensos.

Em uma região reconhecidamente quente e seca, onde as condições de conforto térmico humano já se revelam em padrões desconfortáveis em boa parte do ano, alguns dos prognósticos relacionados às alterações nas variáveis climáticas, como o aumento da temperatura do ar, podem mostrar-se indutores de incremento de situações de desconforto e mesmo de insalubridade (GOMES E ZANELLA, 2021).

Guimarães et al (2016) em estudo modelado para o Nordeste, concluíram que quanto mais ao interior (ou seja, quanto mais afastado do litoral) maiores serão os efeitos das mudanças climáticas em relação ao aumento de temperatura. É fato largamente conhecido que são justamente essas áreas mais interioranas em que as condições de conforto térmico humano tendem a ser piores, em especial no segundo semestre do ano nas quais se somam às altas temperaturas os baixos níveis de umidade do ar (frequentemente alcançando patamares abaixo dos 30 por cento) (GOMES E ZANELLA, 2021).

Marengo et al. (2011) expõem em suas projeções dos extremos de temperatura um quadro que refletiria em aumento do desconforto térmico: o aumento nas temperaturas diurnas e noturnas, com a máxima aumentando de dia e a mínima de noite. O número de dias frios tendendo a diminuir e o de dias e noites quentes a aumentar, sendo o aumento maior na frequência de noites quentes. Tais prognósticos, assim como outros encontrados em outros estudos e aqui expostos, reforçam a necessidade de se estudar e refletir sobre o conforto térmico humano no semiárido.

3 REFLEXÕES ACERCA DA ANÁLISE BIOCLIMÁTICA, PERCEPÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO E ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO HUMANO

As formas como o clima, enquanto elemento abiótico, é apreendido e percebido pelo ser humano, enquanto ser vivo, tem relação direta com as características fisiológicas gerais do corpo humano, mas não apenas estas; existe também uma forte influência de fatores culturais, psicológicos e pessoais que permeiam essa relação do homem com o clima. Exploraremos de forma mais abrangente as diferentes influências nesta relação nos próximos tópicos.

3.1 Características térmicas do ser humano e fatores limitantes das componentes climáticas.

O ser humano é endotérmico e homeotérmico. Isto significa dizer que ele produz energia, mas, paralelamente, precisa liberá-la para que a sua temperatura corporal se mantenha constante a, aproximadamente, 37 graus Celsius, independentemente da intensidade de variação térmica do meio (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Carvalhais (2011) expõe que dependendo do nível de atividade física desenvolvida a temperatura do núcleo do corpo pode elevar-se a 39,5°C, mas não deve ser nem superior a esse valor nem inferior a 35,5°C. Relata ainda que valores superiores a 42°C são extremamente perigosos e acima de 43,3°C tornam-se letais, da mesma forma que aos 33°C iniciam-se distúrbios de ordem cardíaca e aos 29°C, o sistema de regulação térmica deixa de funcionar, sendo considerado como limite de sobrevivência, os valores fixados entre 24 e 25°C. Já para a temperatura da pele situações de sofrimento são atingidas quando é inferior a 15°C ou superior a 45°C (GIVONI, 1976; ANDRADE, 2003a; ASHRAE, 2004)

A regulação térmica é regida na base central do cérebro, no hipotálamo, e as informações necessárias ao controle da temperatura são fornecidas pelos termorreceptores dispersos na superfície da pele e em outras partes do corpo como músculos e medula espinhal (PARSONS, 2006). As principais reações fisiológicas que ocorrem no corpo sob diferentes temperaturas são vistas no quadro abaixo. É importante observar que não há uma temperatura do ar determinada para cada condição, como calor ou frio, pois esse fator

depende do indivíduo que o experimenta. Há pessoas que podem começar a ter tremores relacionados ao frio em temperaturas que outros indivíduos, melhor aclimatados ao frio, podem estar com sudorese associada ao calor.

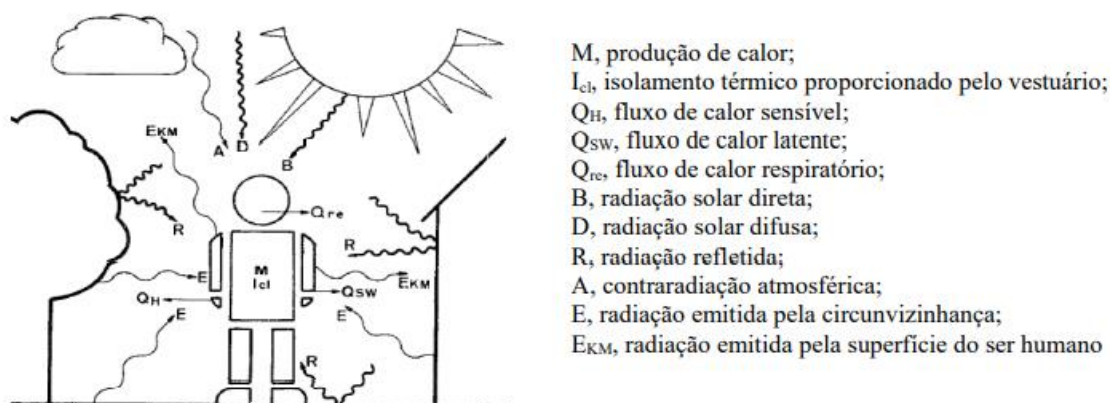
Quadro 3: Reações fisiológicas predominantes de um organismo.

Frio Extremo	Frio	Moderado	Calor	Calor Extremo
↓ Temperatura do núcleo do corpo ↓ Temperatura da pele ↑ Tremores	↓ Temperatura da pele ↑ Tremores	↑ Fluxo sanguíneo ↑ Temperatura da pele	↑ Fluxo sanguíneo ↑ Débito cardíaco ↑ Temperatura da pele ↑ Taxa de transpiração ↑ Umidade da pele ↑ Temperatura do núcleo do corpo	↑ Temperatura do núcleo do corpo ↑ Taxa de transpiração

Fonte: Blazejczyk (2011) *apud* Petalas (2014).

Em geral, a temperatura do corpo é diferente da temperatura do meio, fazendo com que se estabeleçam fluxos de calor entre o corpo e o meio, ou seja, o ser humano troca calor com o meio (fig. 10). O faz através de uma série de processos que dependem das condições térmicas do meio que o circunda.

Figura 10: Fluxos de calor entre o corpo e o meio



Fonte: Jendritzky (1991) *apud* Petalas (2014)

A dissipação do calor é realizada através da pele e da respiração. Segundo Andrade (2003), os fluxos respiratórios adquirem pouca importância em condições de calor e elevada umidade.

Nas transferências de calor entre o corpo e o meio dois tipos de trocas são possíveis as úmidas (que envolvem mudança de fase da água) e as secas. As trocas secas são realizadas por condução, convecção e radiação e o calor perdido ou ganho é denominado de calor sensível. O calor perdido para o meio através das trocas úmidas é chamado de calor latente de vaporização e consiste no calor consumido durante a evaporação (LAMBERTS et al., 2011).

A troca de calor por convecção ocorre entre o corpo e um fluido. Depende, basicamente, da diferença de temperatura entre o ar e a pele e da velocidade do vento. Em ambientes mais frios que a temperatura da pele, a convecção proporciona uma perda de calor de 15%, considerando-se que o corpo está em repouso e a velocidade do ar é baixa (GUYTON; HALL, 2006).

A transferência por radiação ocorre quando uma superfície quente irradia calor para uma mais fria por meio de ondas eletromagnéticas. Acontece quando o corpo está exposto à incidência direta de fluxos de radiação quer sejam as radiações solar direta, difusa, refletida, emitida pelas superfícies terrestres e circunvizinhas ou mesmo a contraradiação atmosférica (PETALAS, 2015).

A radiação é considerada a principal forma de perda ou ganho de calor (60%), por isso, a temperatura média radiante é tida por diversos autores, como o parâmetro meteorológico que mais afeta o equilíbrio térmico humano durante condições ensolaradas (GIVONI, 1976; OLGYAY, 1992; BLAZEJCZYK; NILSSON; HOLMÉR, 1993; ROSSI, 2012). Tal premissa faz desse parâmetro importantíssimo para as verificações de conforto térmico humano em ambientes com altos índices de insolação, como o semiárido.

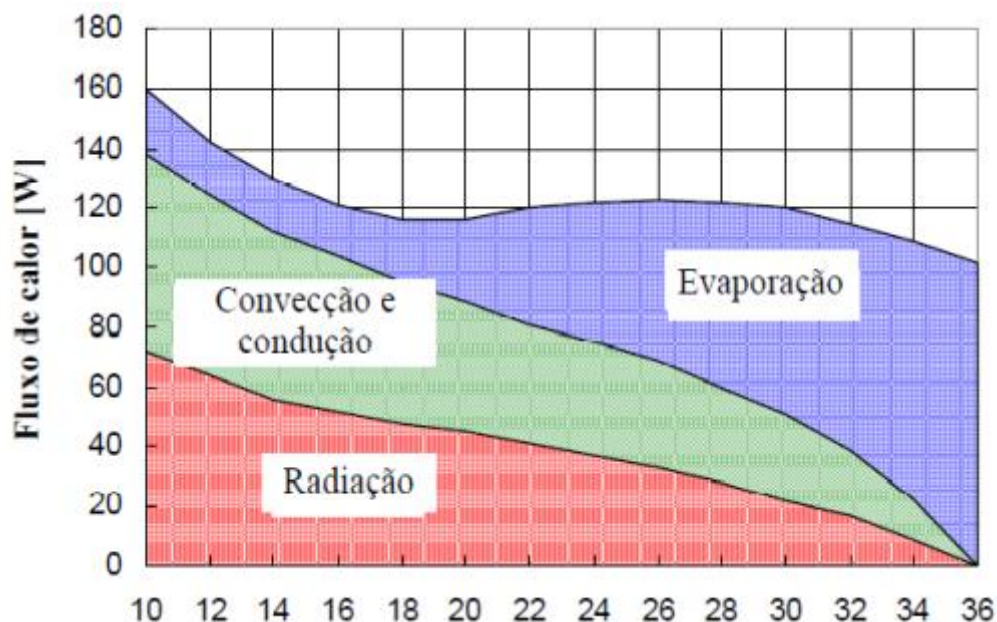
Em condições quentes o principal mecanismo de ajustamento térmico é o resfriamento proporcionado pelo processo evaporativo do suor e da água nos pulmões e na pele (GIVONI, 1976). De acordo com Andrade (2003) e Rossi (2012), com 50% de umidade relativa do ar, a evaporação é responsável por cerca de 80% da perda total de calor durante a atividade física quando a temperatura do ar atinge 34°C. Esse processo, contudo, não é

exclusivamente dependente da temperatura. Valores elevados de umidade relativa do ar prejudicam as perdas evaporativas.

A perda de água da pele e dos pulmões é chamada de perspiração insensível e não é controlada fisiologicamente, é uma perda passiva que acontece por difusão. Nela, a água é perdida ainda nos poros da pele e, basicamente, é a diferença entre a pressão de vapor da pele e do ar que determina a velocidade e o local da evaporação (ANDRADE, 2003). Segundo Guyton e Hall (2006), quando a água evapora da superfície do corpo, o mesmo perde 0,58kcal por cada grama de água evaporada. Para os autores é natural que uma pessoa perca por perspiração insensível de 600 a 700ml/dia o que resulta em uma perda contínua de calor de 16 a 19kcal/h.

A transpiração ativa ou sudorese inicia-se quando a produção de calor é maior que a sua perda por convecção, radiação e perspiração insensível. Sua eficiência está diretamente relacionada com a capacidade evaporativa do ar, por isso as perdas de calor por sudorese dependem dos valores de umidade relativa do ar. Quando se formam gotas de suor na superfície da pele, essa fina camada cria uma resistência ao fluxo de calor do corpo, fazendo com que o calor consumido no processo de evaporação passe a ser retirado do ar e não do corpo, reduzindo, assim, a eficiência do resfriamento do corpo pelo processo de evaporação. Caso essa situação se prolongue, a acumulação de sal na pele também contribui com essa redução (ANDRADE, 2003). A relação entre a ocorrência das diferentes formas de trocas de calor e a temperatura do ar é exposta no gráfico abaixo.

Gráfico 1: Perda de calor de uma pessoa sentada em um ambiente isotérmico.



Fonte: Almeida e Silva (2010). No eixo horizontal representa-se a temperatura do ar em graus Celsius.

Quando a temperatura do meio se torna mais quente de forma que as perdas de calor são inferiores às necessárias para manter a temperatura interna do corpo constante o sistema nervoso estimula o funcionamento do coração proporcionando um maior bombeamento de sangue. Isso provoca a dilatação dos vasos capilares e uma maior transferência de calor do núcleo do corpo para a pele. Esse mecanismo é chamado de vasodilatação e tem, como consequência, a elevação da temperatura da pele e o incremento da troca de calor entre o organismo e o meio (GIVONI, 1976; ANDRADE, 2003; CARVALHAIS, 2011)

Quando ainda assim a produção interna de calor é superior à troca estabelecida entre a pele e o meio, as glândulas sudoríparas são ativadas e o suor é secretado a fim de evitar a elevação excessiva da temperatura do corpo. Esse mecanismo é considerado o mais eficiente no arrefecimento do corpo humano (GIVONI, 1976; DE FREITAS, 1985).

Segundo Parsons (2006), em um ambiente não úmido, a sudação pode aumentar até 2 litros por hora o que corresponde à evaporação de 1.350W de calor por hora. Em repouso, podem ser evaporados do corpo humano, aproximadamente, 40g de água por hora. A produção máxima de suor é de 1,5 litros por hora para indivíduos não habituados ao calor,

podendo atingir 4 litros por hora em indivíduos aclimatados (GUYTON, 1977 apud ANDRADE, 2003)

Já Givoni (1976) sugere que a perda de peso não seja superior a 1.000g de água por hora (g/h) para exposições de curta duração (aproximadamente 2h) nem a 800g/h para longa duração. Em condições mais severas, a elevação da taxa de transpiração além de ser pequena, é insuficiente para manter o equilíbrio térmico, aumentando a temperatura do corpo e o ritmo cardíaco a níveis perigosos.

Durante a execução de uma atividade física, há uma produção adicional de calor em decorrência do trabalho muscular. Nesse processo, a corrente sanguínea é o veículo condutor tanto do oxigênio necessário aos músculos para a execução da tarefa quanto do calor produzido em função do desempenho da atividade. Assim, à medida que se eleva a taxa metabólica, simultaneamente, ocorre um aumento no fluxo sanguíneo e uma maior produção de calor (ANDRADE, 2003; LAMBERTS et al., 2011).

Durante o trabalho em condições quentes extremas, dois fatores podem ocasionar danos ao organismo. O primeiro deles diz respeito ao incremento na frequência cardíaca em decorrência do aumento do fluxo sanguíneo e o segundo, à sudação intensa, removendo uma grande quantidade de água do corpo, o que poderá causar desidratação, redução do volume de sangue, vertigens, fadiga das glândulas sudoríparas, perda de sais e câimbras (PARSONS, 2006).

Percebe-se facilmente que as populações tradicionais aclimatadas a climas quentes ordenam seu cotidiano de trabalho considerando tais fatores, pois evitam atividades físicas laborosas no período mais quente do dia. Em especial no semiárido essa característica cultural é amplamente observável nas populações tradicionais, como vaqueiros e agricultores. Mesmo nos meios urbanos, nas cidades interioranas do semiárido, muitos comércios e demais atividades não funcionam entre 11h e 14h, embora a dinâmica laboral seja menos flexível que no campo e alguns trabalhadores precisem trabalhar nestes horários.

Diversos estudos têm apresentado problemas decorrentes da exposição a condições estressantes. Além da queda na produtividade e acidentes, são relatadas enfermidades ou mesmo a morte da porção mais frágil da população (idosos – acima de 65 anos e crianças – entre 0 e 14 anos), principalmente, por problemas cardíacos e respiratórios (JENDRITZKY, 2002; CARVALHAIS, 2011)

Essa tendência de diminuir as atividades físicas nos períodos mais quentes do dia é caracterizada como um ajuste comportamental. Estes são respostas voluntárias e quase automáticas, onde o indivíduo visa reduzir seu desconforto através de atitudes (AULICIEMS e KALMA, 1981). Nesse contexto inclui-se a mudança de posição, o deslocamento para o sol ou sombra, a ingestão de alimentos ou bebidas e a alteração do nível de atividade física e vestuário (ANDRADE, 2003; HIRASHIMA, 2010). Segundo Auliciems (1982), a termorregulação comportamental se manifesta somente quando os mecanismos fisiológicos não são suficientes para estabelecerem um equilíbrio térmico e, necessariamente, passa por um ajuste psicológico.

Talvez o principal e mais perceptível ajuste comportamental às diferentes condições climáticas seja a vestimenta. Os fluxos de calor entre o corpo e a atmosfera podem ser consideravelmente alterados pelo vestuário (ANDRADE, 1998). As roupas formam uma barreira à troca de calor e interferem no processo de evaporação do suor. Também reduzem a sensibilidade do corpo às variações na temperatura e velocidade do ar e aumentam a umidade sobre a pele. (PETALAS, 2015)

Em um corpo vestido, as trocas de calor acontecem em três níveis: nas partes do corpo expostas ao meio, como descrito anteriormente, entre o corpo e a roupa e entre a roupa e o meio (GIVONI, 1976). Os processos de troca são influenciados pela resistência da roupa à transferência de calor, dependendo, portanto, da condutividade térmica e permeabilidade dos tecidos, da área coberta e do gradiente de temperatura (ANDRADE, 2003).

Na relação estabelecida entre as roupas e o meio, em exposições à radiação solar, elas diminuem o ganho de calor radiante pelo corpo, pois interceptam os raios solares a certa distância da pele, fazendo com que parte do calor seja dissipada para o meio antes que alcance a pele, mas também reduzem a sensibilidade do corpo às variações na temperatura e velocidade do ar (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Hodder e Parsons (2007) constatam que um incremento de 200W/m^2 na intensidade da radiação solar direta é responsável por um aumento superior a 2°C na temperatura média da pele e, de uma unidade na escala de sensação térmica. Estas alterações são inicializadas logo nos primeiros minutos de exposição, estabilizando-se após 10 a 12 minutos.

No semiárido em praticamente todas as atividades realizadas sob sol pleno a vestimenta cobrindo a maior parte possível do corpo é utilizada, os tecidos, contudo, tendem a ser leves e respiráveis¹⁰.

Na camada que se forma entre a superfície da pele e a roupa, o ar encontra-se quase parado, fazendo com que o vestuário aja como um isolante térmico. Nesse caso, o calor gerado pelo corpo e dissipado pela pele só alcança o ambiente depois de atravessar a barreira imposta pelo tecido, conseqüentemente, a taxa de transferência de calor é reduzida (GIVONI, 1976).

Apesar de diminuir o ganho de calor do meio as roupas reduzem a perda de calor seco do corpo e aumentam a umidade sobre a pele. Para um clima seco, isso é importante porque evita a desidratação, mas em clima úmido, não, pois quando a quantidade de suor é superior a sua evaporação, a roupa começa a ficar encharcada. Nessa situação, é mais fácil o fluxo de calor usado na evaporação advir do ar que da superfície da pele, reduzindo consideravelmente a eficiência de resfriamento obtido pela evaporação do suor. Carvalhais (2011) alerta que no caso do clima ser seco, a vestimenta mantém a umidade advinda da transpiração e evita que o corpo se desidrate, mas se for úmido ela deve permitir que o ar quente retido entre a pele e o tecido seja removido pela ação do vento.

A temperatura do ar, a umidade relativa, a velocidade do vento e a radiação são alguns dos fatores, segundo Epstein e Moran (2006), que causam estresse térmico. Dentre eles a temperatura do ar é, notadamente, o mais importante. Quanto menor, maior é a perda de calor do corpo, mas quando se eleva acima da temperatura da pele, o corpo passa a ganhar calor do meio ao invés de perdê-lo (HAVENITH, 2005).

No meio quente, considerando uma mesma atividade desenvolvida, um incremento na temperatura do ar de 29 para 38°C pode levar uma variação de 12% no metabolismo (LEITE, 2002). No meio externo, a temperatura média da pele é altamente correlacionada com a temperatura do ar e a radiação solar em conjunto, explicando cerca de 68% de sua variação (BLAZEJCZYK; NILSSON; HOLMÉR, 1993)

¹⁰ No presente trabalho, dos 600 entrevistados 78% alegaram costumar vestir roupas leves e frescas e 82% afirmaram estar com roupas que favorecessem o seu conforto térmico. Neste trabalho não será dado maior ênfase a estas questões, um artigo posterior será escrito sobre estratégias aumento de conforto térmico de aclimatados ao semiárido.

O outro fator climático que tem maior impacto sobre as condições de conforto térmico certamente é a umidade relativa do ar. A umidade do ar atua diretamente no potencial evaporativo do corpo. Em geral, a concentração de umidade na pele é maior que no meio, tornando possível a perda de calor da pele por evaporação (HAVENITH, 2005). Quando a capacidade evaporativa do ar é elevada, o processo de evaporação acontece na superfície da pele ou dentro dos seus poros, fazendo com que a pele permaneça seca. Nessas circunstâncias, as variações na umidade do ar não afetam o corpo humano como um todo. Mas, quando a umidade excede os 60%, a perspiração não evapora tão facilmente e a pessoa começa a ganhar calor com o aumento da temperatura (BARBIERO, 2004). Isso leva a condições extremamente estressantes e suportáveis somente por curtos períodos de tempo (HAVENITH, 2005) e faz com que as exigências do organismo em climas quentes e úmidos sejam maiores que em climas quentes e secos (CARVALHAIS, 2011).

De acordo com Rivero (1986), para que a condição de conforto seja alcançada, a umidade deve situar-se entre 30 e 60%. Segundo a ISO 7730 (1994), o limite superior de umidade para o conforto pode alcançar o valor de 70%. A OMS orienta atenção e alerta a saúde humana com umidades relativas do ar abaixo de 40 % e 30% respectivamente, e condições de emergência quando os valores são inferiores a 12%. Tais discrepâncias e o relato de conforto mesmo em condições de umidade inferiores a trinta e superiores a setenta por cento mostram que apenas a informação de valores de umidade relativa não pode ser parâmetro único para a definição de conforto, devendo relacionar-se a outros fatores como temperatura e velocidade do vento e, por fim, também sempre dependerá da aclimação do indivíduo.

Sendo o ser humano um animal homeotérmico, contudo, há valores extremos das componentes climáticas (temperatura, umidade relativa do ar, etc.) limitantes ao próprio funcionamento adequado do organismo humano, sendo estes valores os princípios basilares (além de qualquer percepção ou aclimação individual) para qualquer análise de conforto térmico.

Segundo Raymond *et al* (2020) esse limite de salubridade em relação à temperatura (e sua correlação com a umidade) foi estabelecido e vem sendo aceito desde então em 35°C (temperatura de bulbo úmido – que correlaciona a temperatura e umidade relativa do ar). Esse valor específico é estabelecido levando-se em conta que, para uma temperatura interna de 36 a 37°C é necessário que a temperatura na superfície da pele esteja em torno de 35°C,

com valores de temperatura do ar acima disso o arrefecimento pelo suor se torna imprescindível. Para que o mesmo ocorra, entretanto, a temperatura de bulbo úmido não pode exceder os 35°C, pois nessa conjuntura não haveria perda de calor do corpo pelo suor.

No mesmo trabalho os autores encontraram dados preocupantes: em algumas partes do mundo, em especial em áreas subtropicais litorâneas durante curtos períodos¹¹, esses valores extremos (acima de 31°C de bulbo úmido) já estão sendo alcançado desde meados do século XX e com prognóstico de sério agravamento da situação a partir de meados do século XXI.

Quanto ao fator velocidade do vento o movimento do ar renova a camada de ar próxima à pele, favorecendo tanto o processo de perda de calor por evaporação quanto por convecção. Dessa forma, proporciona uma sensação de resfriamento do corpo (OLGYAY, 1992).

Até certo ponto, um aumento na velocidade do ar resulta em uma ampliação do limite superior da zona de conforto na proporção de 1°C para cada 0,2m/s (HAVENITH, 2005). Segundo Rivero (1986), um movimento de ar da ordem de 1,5m/s produz o mesmo efeito térmico sobre uma pessoa que a diminuição de 3°C na temperatura do meio. Entretanto, a sua eficiência depende da temperatura do ar, se esta for superior a da pele, ao invés de perder calor, o corpo passa a se aquecer e se for inferior, o corpo começa a se resfriar (HAVENITH, 2005)

Além da sua relação com a melhora ou piora da condição de conforto térmico é importante citar que a velocidade do vento também é componente do conforto ambiental e pode levar a desconforto pela própria característica mecânica de movimentação do ar, como visto no quadro abaixo.

¹¹ Exemplo no Brasil é área litorânea do Rio de Janeiro.

Quadro 4: Velocidade do vento como critério de conforto para pedestres.

Velocidade do vento (m/s)	Nível de conforto
5m/s	Início do desconforto
10m/s	Claramente desconfortável
15m/s	Controle do caminhar é afetado
20m/s	Perigoso para pessoas mais frágeis

Fonte: Mascaró, 1996.

Outro efeito proporcionado pelo vento diz respeito à capacidade evaporativa do ar. Em geral, a cada 0,45m/s de vento, há um decréscimo de 1mmHg do vapor d'água contido na atmosfera; isso implica em um aumento do potencial evaporativo do corpo, principalmente, quando a umidade não é tão alta, elevando, assim, a eficiência do resfriamento por transpiração (OLGYAY, 1992).

Petalas (2015) resumiu a influência dos principais fatores climáticos relacionados ao conforto térmico e suas respostas fisiológicas no organismo humano, em um ambiente quente, no quadro que se segue.

Quadro 5: Relação entre os fatores ambientais e seus efeitos nas respostas fisiológica e sensorial em um meio quente

Fator ambiental	Mecanismo de troca de calor	Relações entre os fatores ambientais	Respostas subjetivas		
			Sensorial	Fisiológica	
t_a , t_{mrt}	Convecção Radiação	$\uparrow t_a$ $\uparrow t_{mrt}$	$\downarrow v_a$	sensação de calor	Dilatação dos vasos sanguíneos, elevação da temperatura da pele e da taxa de transpiração. A pulsação é pouco afetada pela elevação da temperatura sob condições de baixo estresse, mas pode ser muito afetada quando o balanço térmico encontra-se no seu limite.
			$\uparrow UR$ $\uparrow v_a$	sentimento de pele úmida sensação de calor	
UR	Evaporação	$\downarrow UR$ $\uparrow t_a$ $\uparrow v_a$ $\uparrow UR$	$\downarrow UR$	sentimento de pele seca sensação de calor	Elevação da taxa de transpiração, pulsação e temperatura do reto. Quando a temperatura do ar está entre 20 – 25°C, o nível de umidade influencia as respostas subjetivas somente se o ar estiver quase saturado. Acima de 25°C, o efeito da umidade torna-se mais aparente.
			$\uparrow v_a$	sentimento de pele seca	
			$\uparrow UR$	sentimento de pele seca sensação de calor	
			$\uparrow t_a$	sentimento de pele úmida	
v_a	Convecção	$\uparrow v_a$	$\uparrow UR$	redução do sentimento de pele úmida sensação de frescor	A velocidade do vento influencia a capacidade evaporativa do ar e a troca de calor convectivo. Em elevadas temperaturas, a velocidade do vento apresenta um nível ótimo. Abaixo dele verifica-se desconforto e aquecimento devido à redução da eficiência de resfriamento por transpiração. Acima dele, ela provoca um aquecimento por convecção.
			$t_a < t_{sk}$	sentimento de pele seca	
			$t_a > t_{sk}$	sensação de calor sentimento de pele seca	

Fonte: Petalas, 2015.

Como visto no quadro, o resultado final da interação entre os fatores ambientais e as características individuais é manifestado pelas respostas fisiológicas e sensoriais dadas por cada indivíduo. Depende, assim, não apenas dos fatores climáticos, mas do próprio

indivíduo em si, das suas preferências e dos ambientes térmicos aos quais o mesmo habitualmente é submetido, em outras palavras depende de fatores subjetivos.

De forma mais objetiva, contudo, a relação estabelecida entre esses parâmetros e os seus efeitos termofisiológicos são expressos por meio de índices térmicos, também chamados de índices de conforto térmico. Ao longo do tempo, eles vêm sendo desenvolvidos tanto como medida de sensação térmica (resposta subjetiva de conforto ou desconforto) quanto como medida de impacto térmico (resposta fisiológica objetiva) (PETALAS, 2015). Daremos mais ênfase a essas relações no tópico seguinte.

3.2 Conforto Térmico Humano – percepção e índices de conforto.

Dentro de uma perspectiva biometeorológica Epstein e Moran (2006) expõem que é mais coerente e consistente descrever o meio a partir do efeito associado da temperatura e umidade do ar sobre o ser humano que analisá-las separadamente. Os índices de conforto térmico buscam fazer essa relação, mas quase sempre o fazem de forma genérica e impessoal. Para trabalhar com percepção de conforto térmico em bioclimatologia é necessário compreender que a percepção é uma questão pessoal e que está relacionada a múltiplos fatores, alguns já largamente discutidos na literatura como sexo, idade, peso, vestimenta e metabolismo, e outros, como aclimação e preferência térmica, ainda não tão estudados.

Os índices de conforto térmico são parâmetros para representar e conhecer a sensação térmica experimentada pelas pessoas quando expostas à determinadas combinações das variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento, etc.) e pessoais (metabolismo, vestimenta, etc.) (FROTA; SCHIFFER, 2000).

Blazejczyk et al. (2012) relatam que índices foram criados com o intuito de simplificar a descrição das condições ambientais com relação ao estresse que determinado ambiente pode impor, esclarecem os índices de conforto térmico procuram englobar, numa fórmula, o efeito conjunto dessas variáveis. Afirmam ainda que

"Ao longo do último século, tem havido muita pesquisa sobre como definir o conforto térmico e como classificar o estresse térmico. Estes esforços resultaram em vários modelos que tentam descrever o conforto térmico e o estresse térmico resultante. Um grande número de índices foi proposto, que estão (ou estavam) em

uso em todo o mundo [cerca de 40 índices foram listados por Epstein e Moran (2006) e há muitos outros]." (p.515).

Dentre a imensa variedade de índices de conforto existem aqueles denominados empíricos, que fazem correlação entre uma fórmula matemática e a resposta em sensação térmica de uma determinada população (sendo que entre as variáveis da fórmula encontramos as variáveis climáticas) e os denominados analíticos (ou racionais) que partem da análise do balanço térmico do corpo humano sob determinadas condições das variáveis climáticas e variáveis pessoais para a definição das condições de conforto ou desconforto térmico (GOMES e ZANELLA, 2023a)

Como visto previamente na introdução deste trabalho, o conceito de conforto térmico no qual pautaremos essa pesquisa vem de Höppe (2002) tem três perspectivas, sendo a primeira o seu caráter subjetivo. Nela, o conforto térmico é considerado “[...] uma condição de pensamento que expressa satisfação com o meio térmico” (ASHRAE, 2004). Ou seja, é necessária uma percepção pessoal para que um meio seja considerado termicamente aceitável e para que isto ocorra é necessário que uma porcentagem específica de ocupantes o considere como aceitável (SINGH; MAHAPATRA; ATREYA, 2007).

Segundo ASHRAE (2004), pelo menos, 80% das pessoas não devem expressar insatisfação. Essa porcentagem será balizadora das análises que faremos quanto a adequação das faixas de conforto térmico que serão sugeridas para os índices de conforto. As outras duas perspectivas levantadas por Höppe (2002) dizem respeito a questões fisiológicas e termodinâmicas que são interdependentes e se refletem na perspectiva pessoal de conforto.

A sensação térmica experimentada pela população em determinado local constitui-se a base para a definição do intervalo das variáveis ambientais que compõem uma zona de conforto (ABREU; LABAKI, 2010). Em outras palavras, a percepção da sensação térmica é fator essencial nas definições de zonas confortáveis ou desconfortáveis em índices de Conforto Térmico.

É importante ainda refletir que devido ao processo de aclimação e adaptação térmica, os indivíduos não respondem às variações climáticas de maneira semelhante, o que acaba influenciando a definição dos limites das zonas de conforto apresentados nas escalas

de sensação térmica (DE DEAR; BRAGER, 2001; NIKOLOPOULOU; STEEMERS, 2003; KNEZ; THORSSON, 2006).

A partir do supracitado é fácil inferir que as escalas de conforto/desconforto térmico de cada índice de conforto foram aferidas a partir do voto médio de algum grupo populacional específico e que a aclimação deste grupo influencia nas suas percepções de conforto/desconforto.

Trazendo essa discussão para a região semiárida, como não se conhecem índices de conforto que tenham sido gerados na própria região, e, portanto, que obrigatoriamente tenham as suas faixas de análise de conforto/desconforto sido aferidas a partir de uma população aclimatada ao semiárido, acabamos utilizando índices aferidos por pessoas aclimatadas em regiões (e climas) completamente diferentes do nosso, o que certamente gera um distanciamento entre as faixas consideradas confortáveis para os indivíduos que serviram como base para a aferição dos índices e a percepção da população habitante no semiárido.

Spagnolo e De Dear (2003) corroboram quando expõem que mesmo [os índices de conforto] satisfazendo a todos os requisitos físicos e fisiológicos, os modelos elaborados devem requerer algum ajuste para que possam ser aplicados em diferentes estações e zonas climáticas e, nesse caso, sugerem que a calibração seja conduzida a partir de dados subjetivos locais.

Sobre isso Gobo (2018) cita em sua tese que em estudo de Johansson *et al.* (2014) 46% dos trabalhos analisados em pesquisa internacional calibram os índices calculados em relação às respostas subjetivas (votos) de percepção térmica, o que sugere uma tendência crescente de calibração de índices térmicos e/ou adequação de faixas de conforto para utilização em nível regional adaptando-os a diferentes zonas climáticas e culturas. Essa tendência, contudo, tem avançado muito lentamente no Brasil, em especial em estudos em climatologia geográfica (GOBO, 2018). Observamos na revisão bibliográfica deste trabalho que, embora tenham se passado seis anos, essa situação não mudou, vendo-se uma porcentagem ainda baixa de trabalhos de conforto térmico preocupando-se em adaptar as faixas de análise dos índices para percepção de aclimatados.

Apesar da baixa abrangência dos estudos de percepção e adequação de índices de conforto no Brasil, este tipo de pesquisa já vem sendo realizada no país a quase um século. De acordo com Lamberts & Andreasi (2003) o primeiro estudo brasileiro sobre conforto

térmico nestes parâmetros foi feito pelo engenheiro carioca Paulo Sá, em 1934, e realizou comparações entre os valores de Temperatura Efetiva no Brasil e nos EUA. A pesquisa foi realizada em 1931, com 13 alunos (de 13 a 17 anos), entre 11h00 e 12h00 (em diversos dias), os mesmos respondiam a um questionário com indicações de sensação térmica ao mesmo tempo em que eram coletados dados de temperatura, umidade e velocidade do ar e como resultado foi constatada uma divergência de até 3,6°C.

Dentro desta reflexão é importante percebermos que a aclimação é uma característica biológica do corpo humano que pode ser relacionada diretamente ao conceito geográfico de lugar. O clima em si só adquire sentido para o indivíduo em sua vivência cotidiana, a partir das múltiplas relações que estabelece com os diversos outros fatores que permeiam a vida. Sendo assim a aclimação, ou adaptação biológica ao clima no lugar onde se vive, é quase como uma apropriação (dentro de certos limites) dos fatores climáticos às condições de vida de uma população. É impossível imaginar a vida de alguns povos como os tuaregues do Saara, os aborígenes australianos ou os inuit¹², sem perceber que a aclimação é uma das relações mais intrínsecas que eles estabelecem com o seu lugar. Essa relação de pertencimento a condições climáticas específicas ocorre não apenas em populações que habitam climas extremos, mas em todas as partes do mundo, inclusive no semiárido nordestino.

Sobre os índices de conforto é importante deixar claro que, se por um lado os índices são desenvolvidos em cima de uma série de fatores limitantes que determinam a sua aplicabilidade - como a temperatura do ar, a pressão de vapor, a velocidade do vento, a radiação solar, a taxa metabólica, o tipo de vestuário e o efeito fisiológico provocado (GIVONI, 1976; OLGAY, 1992) - por outro existe, segundo Petalas (2015), uma fraca relação entre o valor analítico do índice e o voto térmico direto¹³. Ou seja, mesmo se definidos sob variáveis climáticas válidas, muitas vezes os índices de conforto classificam momentos de conforto/desconforto em discordância com a percepção dos indivíduos num dado momento e local.

Abreu e Labaki (2010) relatam que os estudos comparativos que analisam o índice de conforto térmico mais adequado em avaliações microclimáticas no meio externo ainda

¹² Outrora chamados de esquimós.

¹³ Afirmação feita tendo como base as pesquisas de DE DEAR e BRAGER, 2001; NIKOLOPOULOU e STEEMERS, 2003; KNEZ e THORSSON, 2006.

são poucos, na realidade brasileira. Mas, menos ainda são os que verificam a sua aplicabilidade (SOUZA; NERY, 2012).

Petalas (2015) constatou essa fraca relação entre valores analíticos de índices de conforto e o voto térmico direto em pesquisa realizada para sua tese doutoral em Fortaleza-CE. Apesar de a capital cearense ser próxima à região semiárida não se encontra em seus domínios, assim, os resultados obtidos por Petalas não podem ser extrapolados para o interior do nordeste brasileiro.

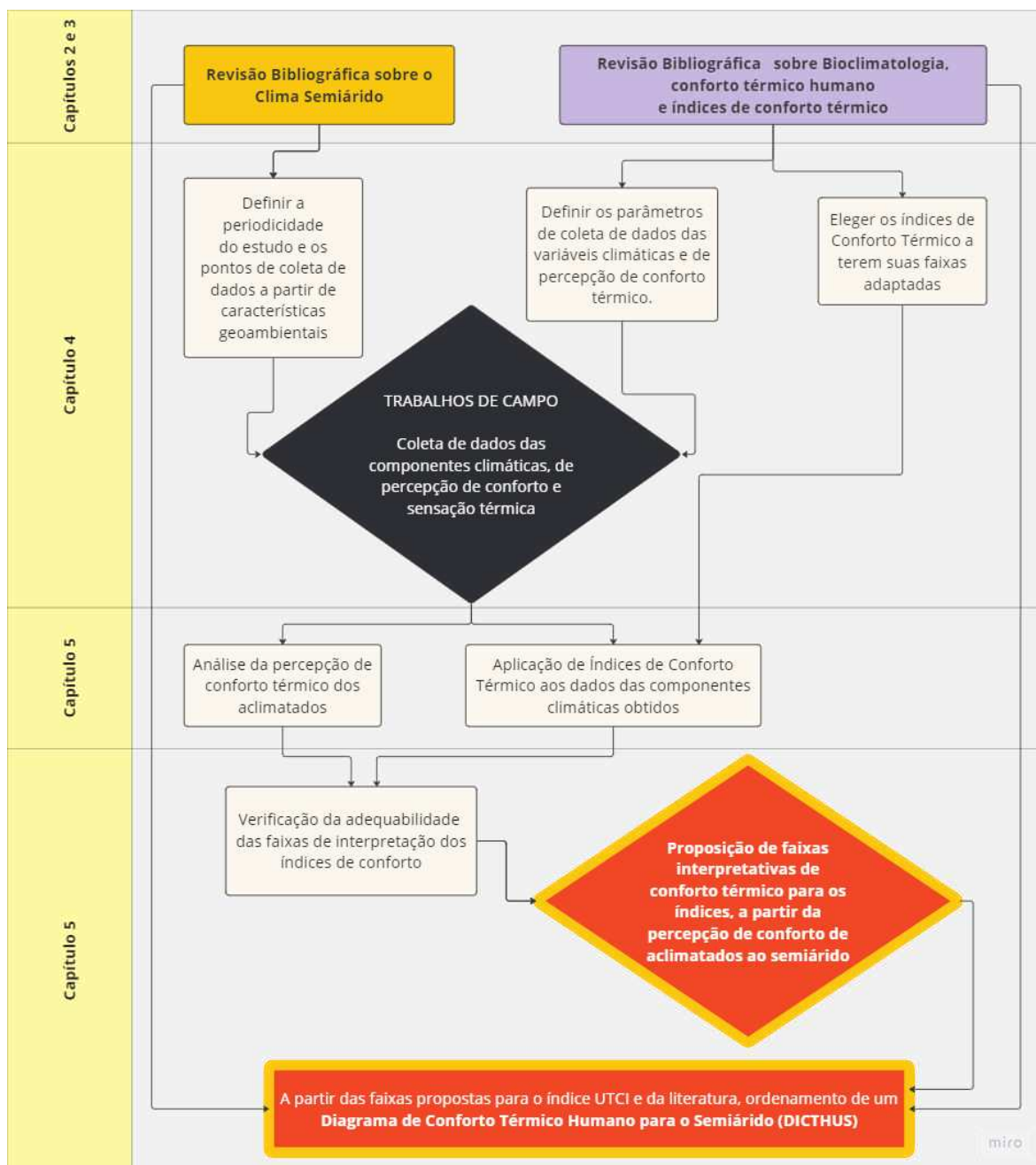
Na tese doutoral que aqui apresentamos buscamos comparar os valores analíticos dos índices de conforto térmico mais utilizados em trabalhos científicos na região do semiárido brasileiro e a percepção de conforto térmico e sensação térmica de indivíduos aclimatados ao clima semiárido a fim sugerir novas faixas interpretativas para estes índices que fossem mais próximas à percepção de conforto dos aclimatados que as faixas originais dos mesmos.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta pesquisa foi adotado um método indutivo, observacional e experimental. A observação de fenômenos, formulação de perguntas e hipótese, foi feita a partir da revisão de literatura. Nesta revisão também foram delineadas as metodologias que seriam seguidas no levantamento de dados experimentais. Em seguida foi realizada a experimentação, a partir de levantamentos de campo e o teste das hipóteses foi feito a partir de método dedutivo e análise estatística simples.

Este estudo parte de revisão de literatura sobre o clima semiárido, bioclimatologia, conforto térmico humano e índices de conforto térmico; passa pela obtenção de dados de percepção climática de aclimatados ao clima semiárido, comparação desta percepção com índices de conforto térmico para posterior adequação das faixas de conforto/desconforto destes índices para intervalos mais próximos à real sensação dos aclimatados e, por fim; chega a proposição de um diagrama de conforto térmico humano para o semiárido, como pode ser melhor visualizado no fluxograma abaixo (fig. 11).

Figura 11: Fluxograma da Metodologia da Pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

Para isto é necessário que as informações de percepção climática sejam obtidas em intervalos de tempo e locais bastante próximos das medições das componentes climáticas necessárias à mensuração dos índices de conforto. Dentro desta perspectiva, e ainda para melhor controle das condições de exclusão de indivíduos do grupo amostral, optou-se pela

realização de um estudo com escala microclimática para obtenção dos dados das componentes climáticas e para a aplicação do questionário semiestruturado.

Sendo temporalmente e financeiramente inviável estudar toda a imensa extensão do território brasileiro cujo clima é semiárido, optou-se por restringir o estudo ao estado do Ceará e selecionar dentro do estado áreas representativas para a obtenção dos dados. Quanto a esta obtenção optou-se por ser realizada em distintos períodos do ano. Explanaremos melhor sobre as escolhas de locais e períodos de obtenção dos dados no próximo tópico.

4.1 Definição dos pontos de coleta e periodicidade do estudo.

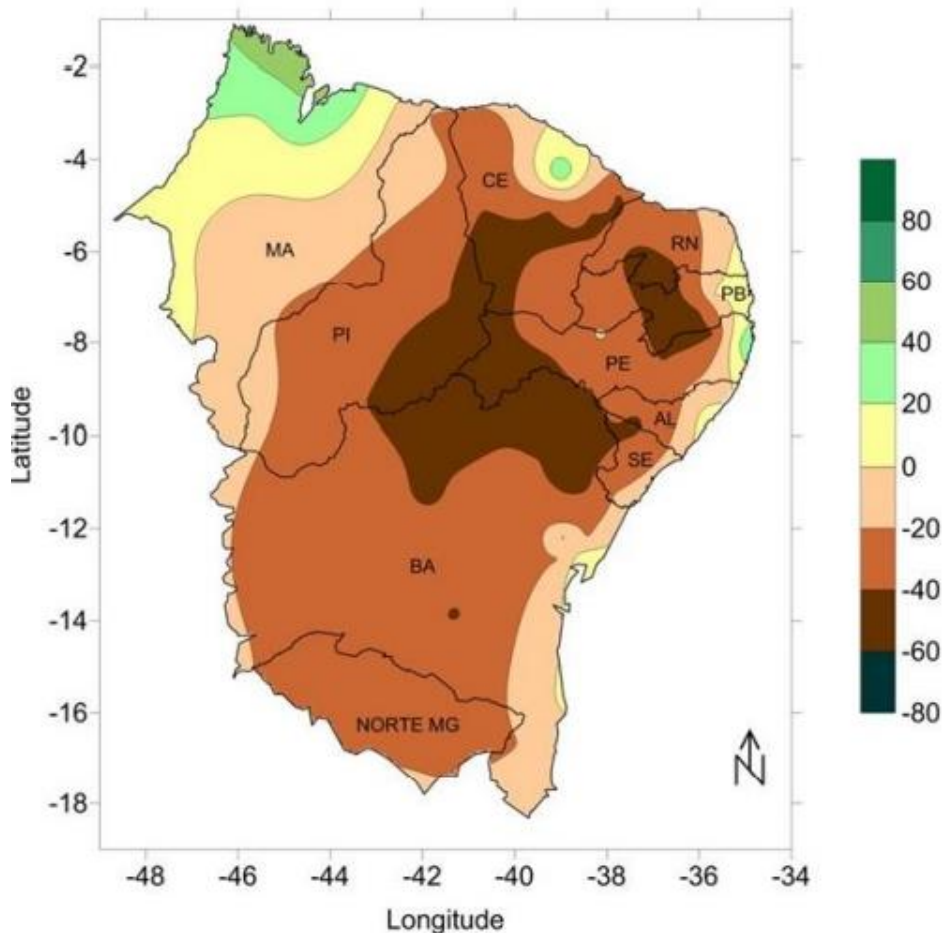
No Nordeste, dos seus nove estados, metade tem mais de 85% de sua área caracterizada como semiárida, sendo o Ceará o que possui a maior parte de seu território com esse perfil (SUDENE, 2021). Por esta característica, e pela maior facilidade de acesso da pesquisadora, esse foi o estado selecionado para o estudo.

Pelo próprio objetivo do estudo, e considerando uma análise que se limitasse ao estado do Ceará, buscou-se selecionar uma área com condições mais intensas das variáveis climáticas comumente associadas ao semiárido. Para isso utilizou-se primeiramente o trabalho de Sales et al. (2021) que realizaram uma classificação climática do semiárido a partir da classificação de Thornthwaite. A perspectiva da classificação de Thornthwaite é especialmente relevante pois leva em conta não apenas a temperatura e pluviosidade, mas também características de balanço hídrico como evapotranspiração potencial, que também são levadas em consideração na própria delimitação da área da região semiárida.

No estudo, Sales et al. (2021) compararam diferentes métodos para a realização da classificação climática do semiárido. Naquele em que a classificação foi feita pelo índice Efetivo de Umidade de Thornthwaite (Im) calculado segundo a estimativa de evapotranspiração usando o método PMF¹⁴ vê-se claramente (fig. 12) dois núcleos mais áridos no interior do Nordeste Brasileiro, um deles se estendendo para o estado do Ceará em especial em sua porção sudoeste.

¹⁴ PMF – Método de cálculo da Evapotranspiração de referência (Potencial) de Penman Monteith - Utilizado pela FAO. Fonte: (Allen et al., 1998).

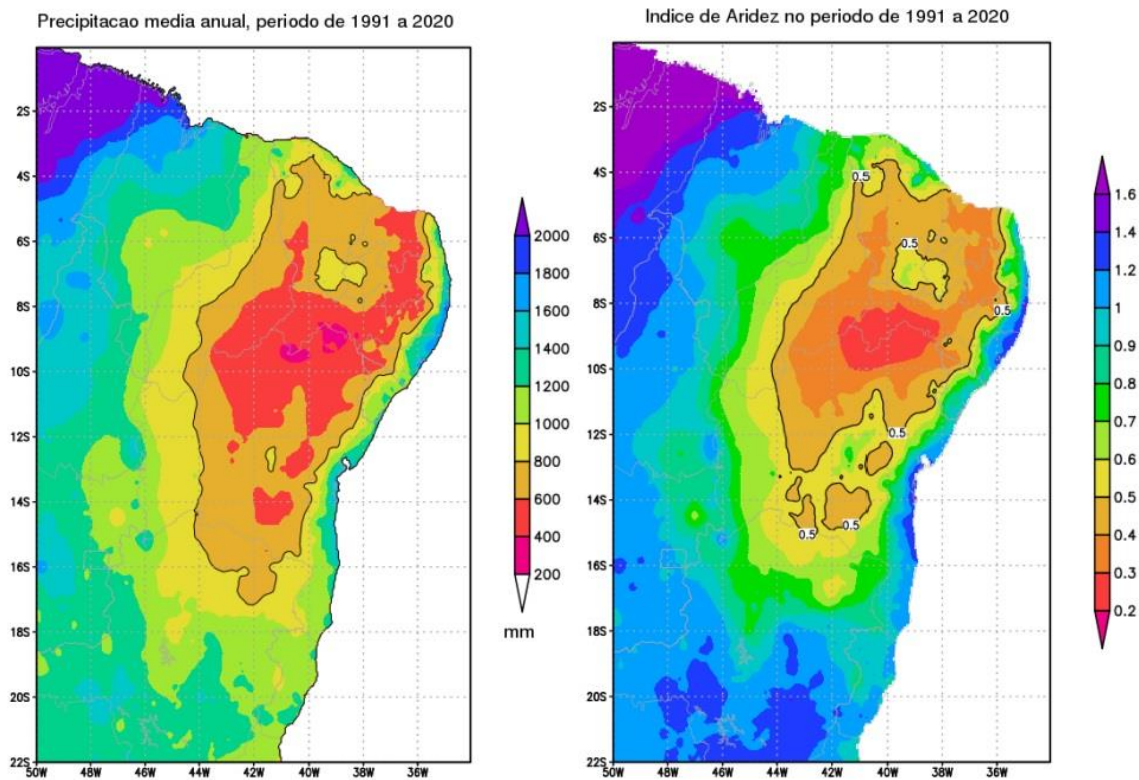
Figura 12: Classificação Climática pelo índice Efetivo de Umidade de Thornthwaite (1948) para o semiárido com uso do PMF para mensurar evapotranspiração



Fonte: SALES et al. 2021. Na legenda os valores negativos representam uma perda hídrica superior ao ganho, ou seja, uma evapotranspiração maior que a pluviosidade.

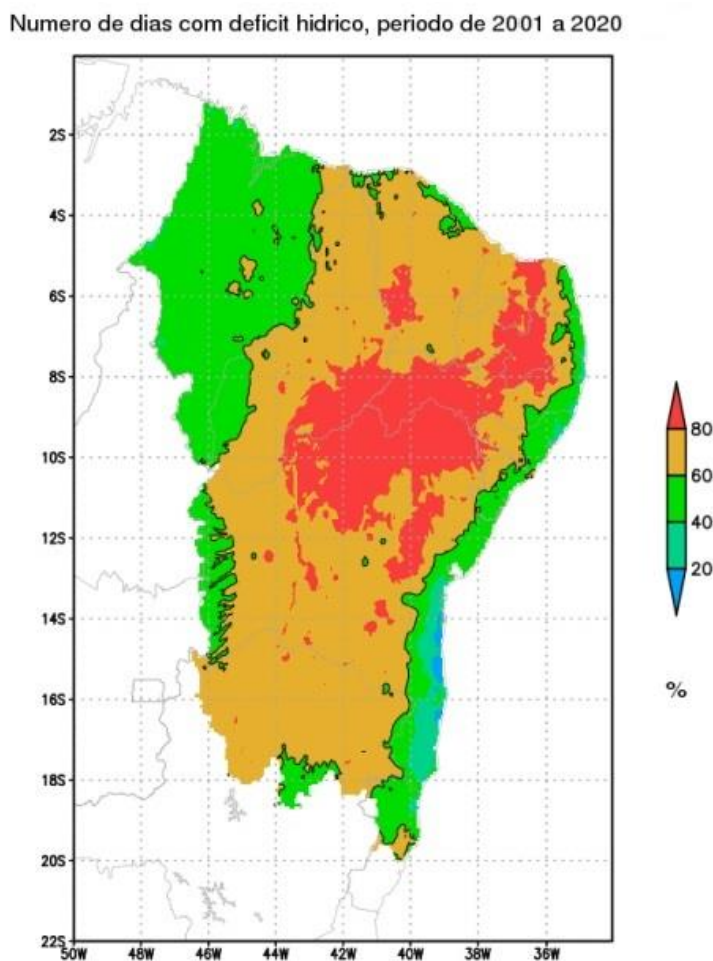
Essa diferenciação do sudoeste do estado do Ceará como tendo características de aridez mais severa em relação ao resto do estado também foi observado pelo último relatório da Sudene de delimitação do semiárido como visto nas figuras a seguir. A região se destaca tanto com menores precipitações, maior índice de aridez e maior porcentagem de dias com déficit hídrico. Por este motivo optou-se por selecionar os pontos de coleta deste estudo nesta região do estado.

Figuras 13: Precipitação média anual e índice de Aridez para o semiárido.



Fonte: SUDENE, 2021.

Figura 14: Percentual de dias com Déficit hídrico, Base 2001 a 2021.



Fonte: SUDENE, 2021.

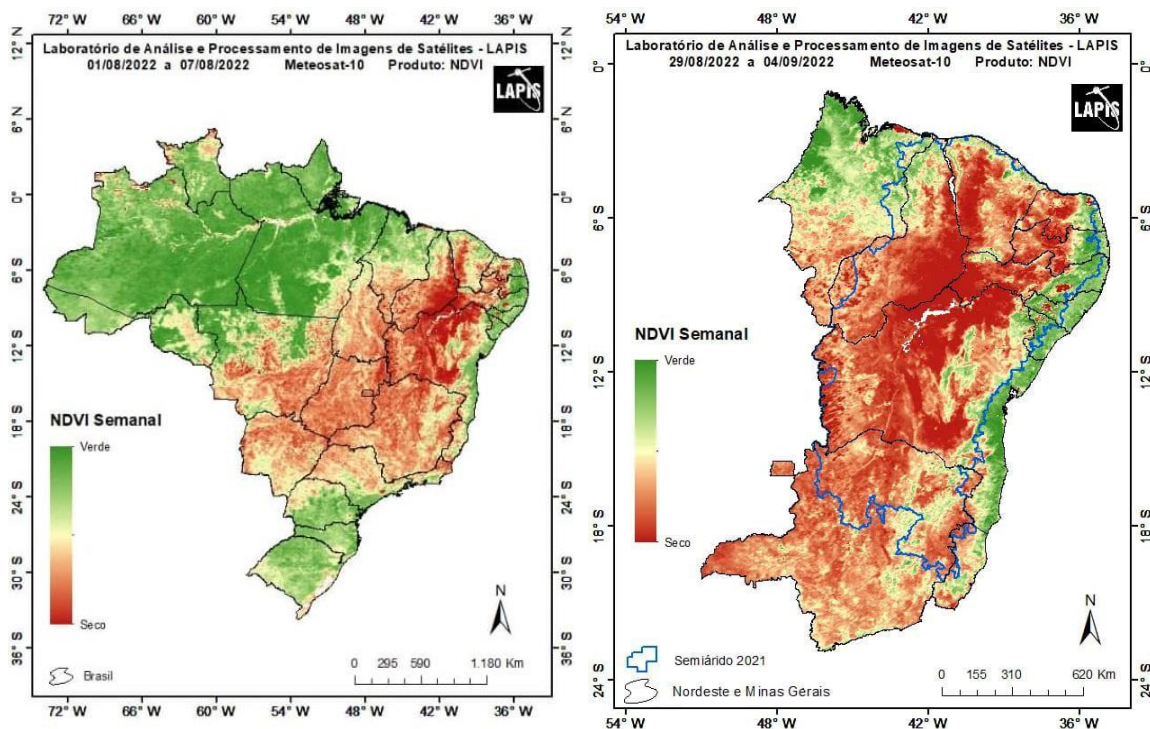
Mais um dado que corroborou nossa escolha foi o estudo do LAPIS¹⁵ que realiza acompanhamento do NDVI¹⁶ através de sensoriamento remoto para o Brasil e o semiárido. Este monitoramento, em suas exposições em agosto e setembro de 2022 (fig. 15), expõe claramente que a região sudoeste do estado do Ceará apresenta condições ambientais mais

¹⁵ Laboratório de análises e processamento de Imagens de Satélite – LAPIS da Universidade Federal de Alagoas. Disponível em: https://lapismet.com.br/SIMACaatinga/ndvi_atual.php

¹⁶ Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Para a confecção do mapa o LAPIS utiliza as imagens do satélite Meteosat-10, com resolução espacial de 3 km e resolução temporal diária, produzido pela Land Surface Analysis Satellite Applications Facility (LSA SAF, <https://landsaf.ipma.pt>), vinculada a agência EUMETSAT (www.eumetsat.int). O produto reporta o estado da vegetação referente à sua saúde ou verdor, captado pelo sensor do satélite através da clorofila.

limítrofes à vida de forma geral, com a vegetação da caatinga demonstrando mais cedo que no restante do estado, sua condição de perda de folhagem.

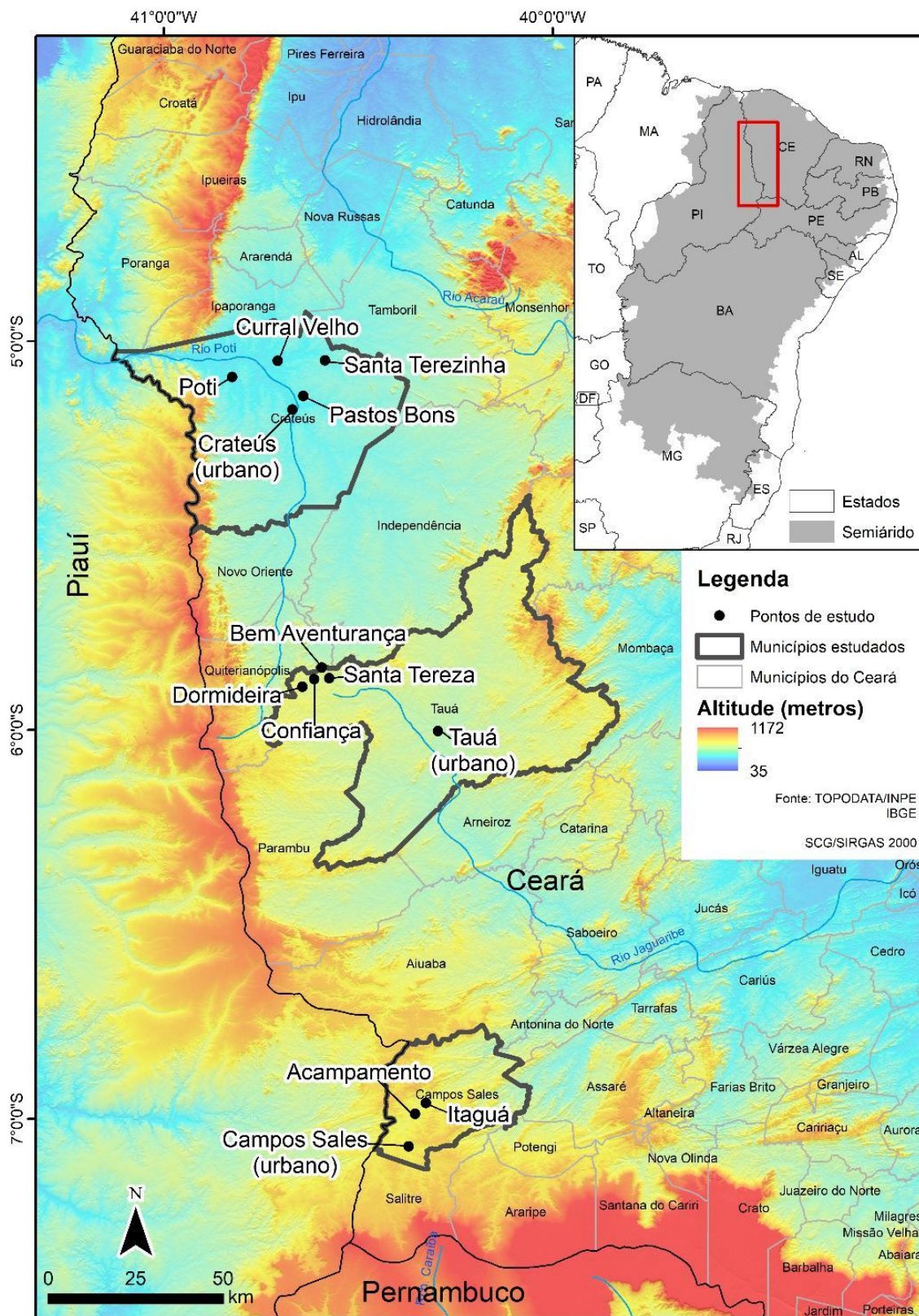
Figura 15: NDVI Semanal do Início de Agosto e Início de Setembro de 2022.



Fonte: LAPIS.

Definida a região a ser estudada dentro do estado do Ceará optou-se pelo estudo de três municípios distintos. Aqui a intenção foi buscar diferentes características naturais entre eles e aproveitar o apoio logístico que, por motivos pessoais, a pesquisadora teria acesso; assim, foram escolhidos os municípios de Crateús, Tauá e Campos Sales (fig. 16) para a realização desta pesquisa. No mapa de localização que se segue constam, além da delimitação dos três municípios, a localização dos distritos e comunidades rurais onde a pesquisa foi desenvolvida, além da localização do sítio urbano dentro de cada área municipal.

Figura 16: Mapa de Localização dos pontos de coleta nos três municípios da pesquisa



Fonte: Elaborado para esta pesquisa.

Sobre a caracterização dos três municípios escolhidos para os trabalhos de campo é importante salientar que contemplam toda a área do sudoeste do estado do Ceará, distando cerca de 300 km entre o mais setentrional e o mais meridional. A intenção ao escolher três diferentes municípios para a coleta de dados foi abranger as mais diferentes possíveis variações geológicas e que pudessem espelhar variações geológicas semelhantes em outras localidades da região semiárida como um todo.

Assim, a escolha de Crateús deu-se pela sua situação de depressão periférica (fig. 16) tendo altitudes próximas a 300m em relação ao nível do mar e rebaixadas em relação a relevo adjacente, a saber, a escarpa da Ibiapaba, de maior expressividade topográfica (800m), conjuntura bastante comum entre outras localidades da região semiárida. Sua geologia mista, com áreas cristalinas e outras sedimentares, além da presença de rio de porte expressivo (se comparado aos do semiárido) dentro de seu perímetro urbano também foram fatores considerados relevantes.

Lucena *et al.* (2024), ao eleger municípios para estudo de clima e balanço hídrico climatológico no semiárido fizeram, dentre os locais selecionados como depressões periféricas e áreas rebaixadas, a seleção de Crateús para a sua análise, o que corrobora a escolha do município por estas mesmas características nesta pesquisa.

Oliveira (2020) realizou caracterização importante sobre as características climáticas de Crateús em sua pesquisa doutoral, reforçando suas características que o adjetivam como semiárido: temperaturas elevadas durante todo o ano, precipitações concentradas de janeiro a abril, sendo março o mês mais chuvoso, umidade relativa do ar baixa, em especial no segundo semestre.

A escolha pelo município de Tauá relaciona-se com sua geologia quase inteiramente cristalina, como caracterização de Feitosa (1998, p. 9) expõe:

O relevo é suave, com formas ligeiramente dissecadas que compõem a superfície de aplainamento do Cenozóico, em torno dos 300 metros de altitude. Sobre elas destacam-se, principalmente a leste, os maciços residuais, que chegam a atingir 700 metros acima do nível do mar. São catalogados na região solos bruno não-cálcicos, litólicos, podzólicos e planossolos, que hospedam uma cobertura vegetal típica de semi-árido, a caatinga arbustiva aberta, com manchas onde é mais arbórea e espinhosa (floresta caducifólia espinhosa). O município de Tauá apresenta um quadro geológico relativamente simples, observando-se um predomínio de rochas do embasamento cristalino, representadas principalmente por granitos, gnaisses, migmatitos e metabásicas do Pré-Cambriano.

Tal conjuntura induz a pouquíssima retenção de água no solo. Vemos ainda na caracterização acima a presença tanto de áreas rebaixadas características da superfície de aplainamento sertaneja (CLAUDINO-SALES, 2016) como de maciços residuais - na área em específico sendo caracterizados como serras secas, relevos relativamente elevados (fig. 16), mas que por sua posição mais interiorana não condicionam maior pluviosidade que lhe permita caracterizarem-se como brejos de umidade nos termos de Ab`Saber -.

Já a escolha do município de Campos Sales deveu-se a busca pela representação de áreas com geologia sedimentar, com altitude elevada em relação à superfície de aplainamento sertaneja (fig. 16), com pluviometria um pouco mais elevada, se comparado com o sertão aplainado, mas pouca disponibilidade hídrica no período seco em função da rápida absorção de água pelo solo e pacote sedimentar espesso. Colares e Feitosa (1998, p. 7) assim o caracterizam:

O município de Campos Sales apresenta um quadro geológico relativamente complexo, observando-se um predomínio de rochas do embasamento cristalino, representadas por gnaisses e migmatitos diversos, associados a rochas plutônicas e metaplutônicas de composição predominantemente granítica, de idade pré-cambriana. Sobre esse substrato, repousam seqüências de rochas sedimentares, de idades distintas. A mais antiga abrange sedimentos consolidados, cretácicos, componentes da bacia sedimentar do Araripe, representados por arenitos médios a grossos, por vezes conglomeráticos. As seqüências mais novas compreendem sedimentos arenosos a areno-argilosos, localmente, conglomeráticos, nem sempre muito bem consolidados, constituintes das coberturas terció-quadernárias, que afloram, sob a forma de manchas esparsas, ao longo da região, e das coberturas aluvionares, de idade quadernária, encontradas ao longo dos principais cursos d'água que drenam o município.

Lucena *et al.* (2024), ao eleger municípios para estudo de clima e balanço hídrico climatológico no semiárido fizeram, dentre os locais selecionados como “brejos de altitude” nos termos de Ab`Saber, a seleção de Campos Sales para a sua análise, por sua altimetria superior aos 500m, o que corrobora a escolha do município por estas mesmas características nesta pesquisa.

Mesmo dentro de uma condição mais amena propiciada pela altimetria, se comparado à conjuntura regional, há que se lembrar que Campos Sales foi eleito por se situar na região Sudoeste do estado do Ceará, com condições de semiaridez mais intensas que o restante do estado. Lucena *et al* (2024) em uma caracterização de municípios do semiárido

segundo os índices de aridez de Thornthwaite e de Gaussen, encontrou para a região sudoeste do estado do Ceará (analisando os municípios de Crateús e Campos Sales) valores mais altos.

Neste mesmo estudo, em sua análise de balanço hídrico de municípios representativos da região semiárida, Lucena *et al.* apresentaram os resultados de balanço hídrico para Crateús e Campos Sales (fig. 17). Estes corroboram a condição mais severa, se comparada com outras localidades de altitude elevada no semiárido, do município de Campos Sales, que o assemelharia a condições da depressão sertaneja. Destaco, contudo, a condição mais amena no segundo semestre do ano, com os déficits hídricos mensais nunca excedendo os 200mm, o que, em Crateús, ocorre em todos os meses a partir de setembro.

Figura 17: Balanço Hídrico dos Municípios de Crateús e Campos Sales.



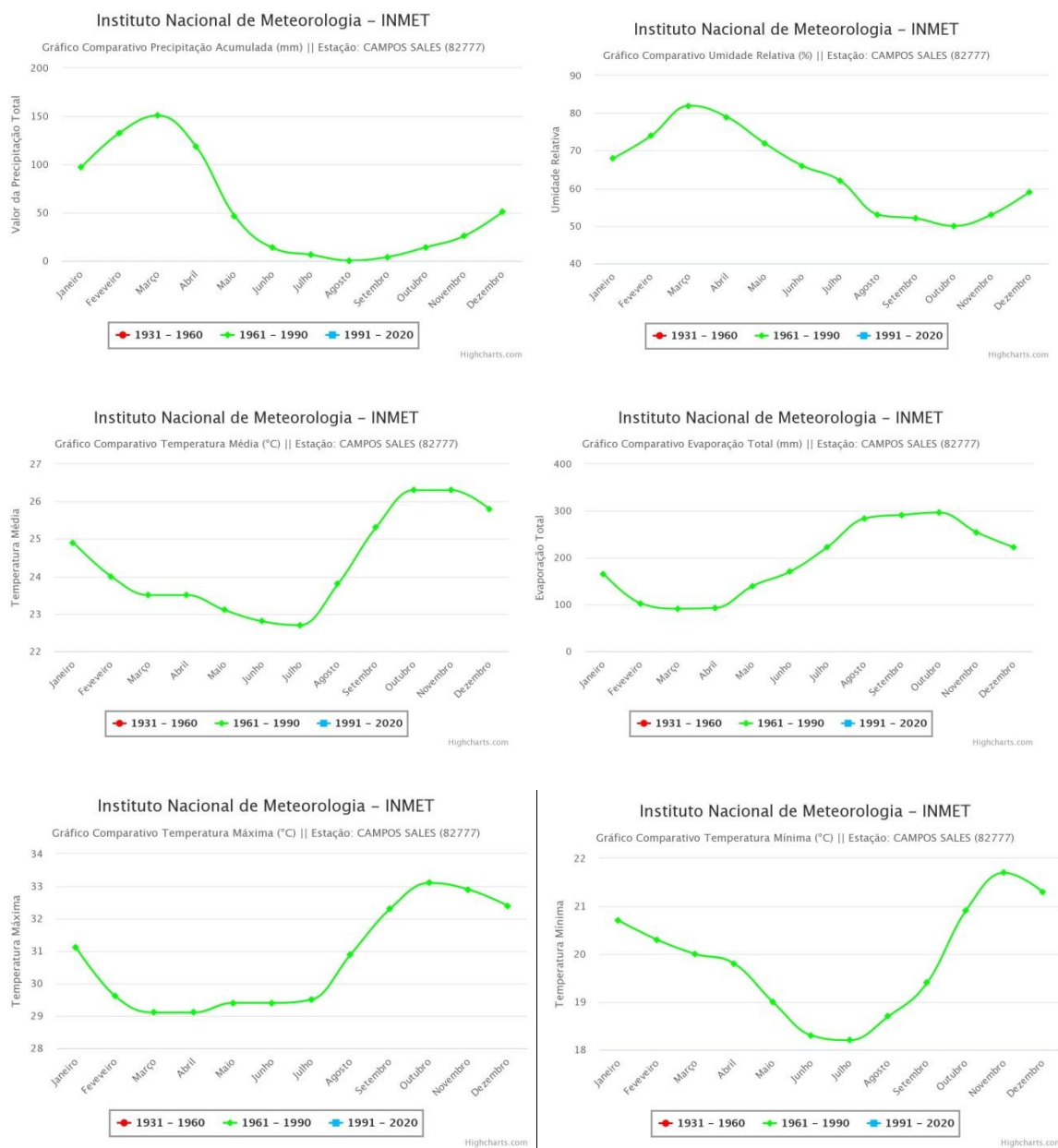
Fonte: Lucena *et al.* (2024)

Quanto às questões climáticas os três municípios são bastante representativos do clima semiárido em suas várias características, como já explorado no tópico 2.1 deste documento. Destaco aqui alguns fatores importantes: baixos valores de precipitação (figs. 18, 19 e 20) aglutinados em poucos meses do ano, altos valores de evaporação e temperatura, ainda que com certa variabilidade nas estações.

Cabe especial destaque no período chuvoso no início do ano (como já esperado para o nordeste setentrional), mas com variações como a pré-estação chuvosa iniciando mais cedo (em novembro, e não em dezembro) em Campos Sales (fig. 18).

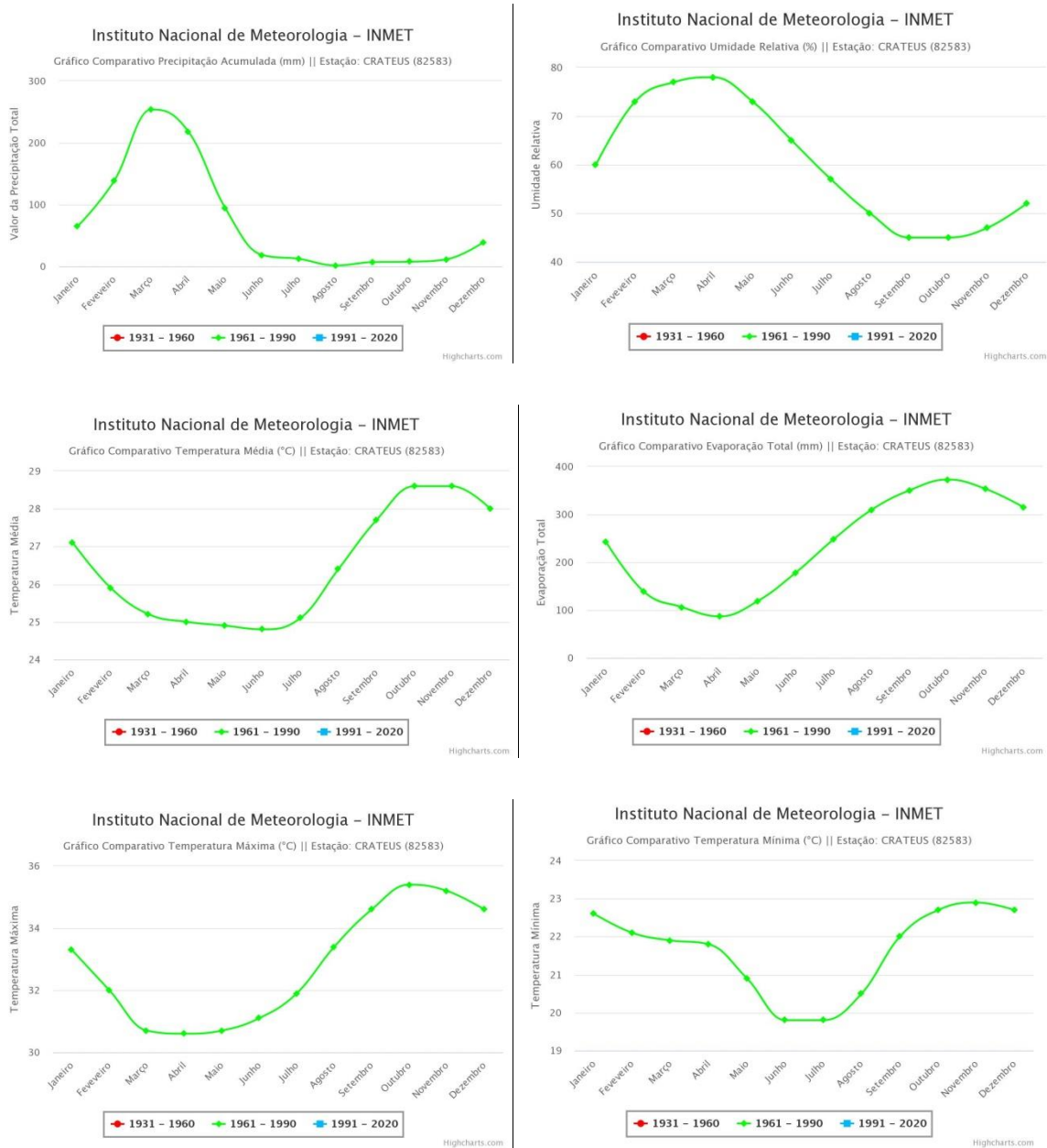
Fator importante a se observar para a definição do período de menor conforto térmico esperado são os valores de temperatura (em especial as máximas) e umidade relativa. Sendo o mês de outubro como o característico dos maiores valores para a primeira e menores para a última. Outra informação importante a se observar são os valores mais amenos de temperatura no meio do ano (inverno austral), em especial das temperaturas mínimas (figs. 18, 19 e 20).

Figura 18: Gráficos Climáticos Mensais de Campos Sales.



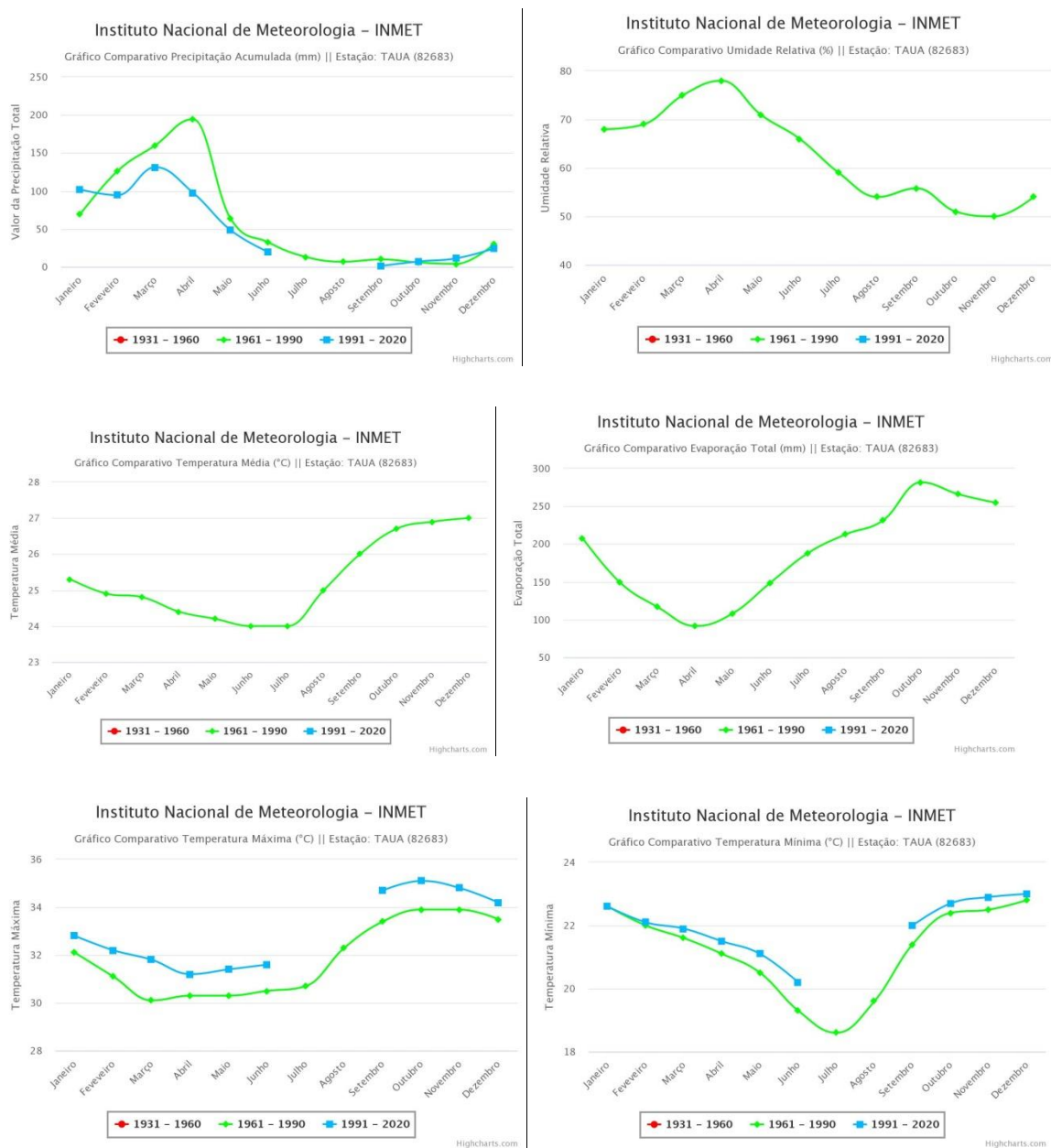
Fonte: INMET.

Figura 19: Gráficos Climáticos Mensais de Crateús



Fonte: INMET.

Figura 20: Gráficos Climáticos Mensais de Tauá, para a normal climatológica de 1961 a 1990 (linha verde) e de 1990 a 2020 (linha azul)¹⁷.



Fonte: INMET.

¹⁷ Os dados da normal climatológica de 1990 a 2020 só estavam disponíveis para a cidade de Tauá, entre os três municípios eleitos para esta análise, e, ainda assim, de forma incompleta.

Para além das características naturais é relevante citar que os três municípios são classificados como de pequeno porte, tendo menos de cem mil habitantes, a saber: Crateús - 76 mil habitantes, Tauá, - 61 mil habitantes e Campos Sales, 25 mil habitantes¹⁸. Contudo, todos os três municípios são os polos hierárquicos urbanos de suas microrregiões, congregando serviços dos municípios menores em seu entorno.

Além disso, na conjuntura do estado do Ceará (que apresenta grande macrocefalia na região metropolitana de Fortaleza e apenas dois outros núcleos urbanos mais importantes nas Regiões Metropolitanas de Sobral e do CRAJUBA – no Cariri), os municípios de Tauá e Crateús funcionam, nas relações de hierarquia urbana, como cidades médias, embora não tenham representatividade populacional para serem assim enquadradas se comparadas ao contexto nacional.

Um dos fatores metodológicos que precisou ser definido antes da realização dos trabalhos de campo foi a representação temporal do estudo. No mundo todo, como também no Brasil é comum que trabalhos de percepção de conforto térmico sejam feitos em diferentes estações do ano. Nos países de clima temperado ou áreas subtropicais é comum que investigações sejam feitas nas quatro estações e em localidades tropicais respondendo à dicotomia de estação seca e chuvosa.

No semiárido muitos trabalhos de conforto térmico também seguem esse parâmetro de definição de período de coleta de dados pela pluviosidade. É fato que em um semiárido sempre quente o maior fator indutor de diferenciações de tipos de tempo é a chuva; contudo, não o único. A dicotomia presente entre estação seca e chuvosa muitas vezes mascara condições bem diferenciadas de tempo (e indutoras de diferentes situações de conforto térmico) dentro de cada estação, como já exposto no tópico de explanação sobre as características do clima semiárido.

Saraiva (2014) encontrou percepção de diferentes estações do ano em aclimatados a condições climáticas semelhantes às que investigamos nesta tese, o semiárido do Nordeste setentrional. Optou-se, portanto, em fazer os campos de coleta de dados em quatro períodos do ano, a saber: pós-estação chuvosa (nesta pesquisa chamado de inverno austral) - em 07,

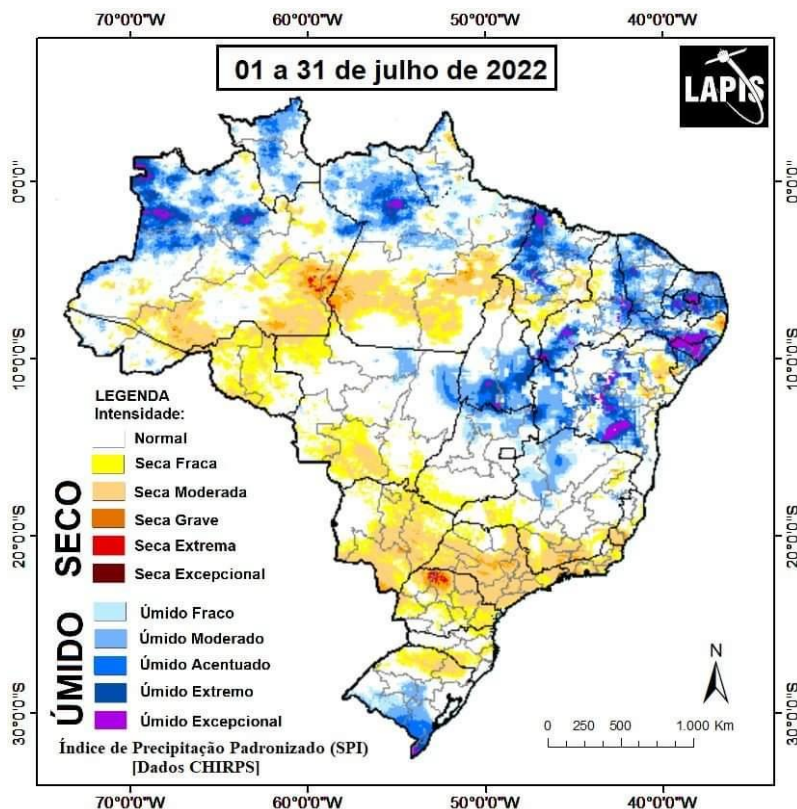
¹⁸ As informações deste parágrafo têm como fonte dados atualizados do censo 2022. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/> e a plataforma governamental Ceará em Mapas, disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/index.htm>

08, 24, 25, 26, 27, 28 e 29 de julho de 2022; estação seca – em 03, 04, 05, 10, 11, 17 e 18 de outubro de 2022; pré-estação chuvosa – em 06, 07, 12, 13, 19, 20 e 21 de dezembro de 2022; e estação chuvosa – em 27 e 28 de fevereiro e 01, 06, 07, 08, 13, 14 e 15 de março de 2023.

É importante esclarecer ainda que se esta pesquisa fosse realizada em outras áreas do semiárido, que não sua porção setentrional, majoritariamente controlada pelo avanço e recuo da Zona de Convergência Intertropical, outros seriam os períodos secos, chuvosos e intermediários da amostra. A experiência de Saraiva (2020) leva a crer que a percepção dos tipos de tempo entre os aclimatados é mais sensível que a dos pesquisadores que definem estações ao observar padrões em normais climatológicas e, portanto, deveriam ser investigados a priori os períodos a se fazer a pesquisa de campo antes da mesma propriamente dita ser realizada, sob pena de deixar de contemplar condições de conforto bem diferenciadas de outros períodos do ano.

Exemplo disto é o período de pós-estação chuvosa observado em nossa pesquisa. Só foi possível ir a campo no mês de julho, em decorrência de atraso na avaliação da pesquisa pelo comitê de ética responsável, mas, segundo as normais climatológicas, o mês mais representativo para temperaturas mais amenas teria sido junho. Apesar do atraso na realização do campo o mês de julho de 2022 mostrou-se bastante adequado à nossa investigação, pois, por ter sido excepcionalmente úmido (como pode ser visto na figura 21) se comparado com a série histórica, comportou-se em tipos de tempo mais como um mês de junho. Imagens semelhantes dos outros períodos de coleta de dados podem ser visualizados no Anexo I deste documento.

Figura 21: Índice de precipitação padronizado para o mês de Julho de 2022.



Fonte: LAPIS. Na legenda compara-se a média mensal da série histórica com os valores de precipitação mensal.

O período de pós-estação chuvosa é um período onde a umidade relativa do ar já começa a baixar, sendo apresentado como ameno e seco por Saraiva (2020). Apresenta valores medianos de umidade relativa do ar se comparado com os períodos seco e chuvoso e possui as menores temperatura, bastante puxadas pelo recuo das mínimas noturnas. Este período foi relatado por parte importante dos entrevistados como o período mais confortável termicamente do ano, de 150 entrevistados nesta estação, apenas sete pessoas relataram desconforto térmico e mesmo este um leve desconforto. Condição esta diferente do que encontramos nos outros campos realizados, em especial no campo da estação seca, realizado em outubro, quando as altas temperaturas e baixas umidades relativas do ar induziram a uma maior percepção de desconforto. Exploraremos os parâmetros de coleta de dados climáticos ambientais e de percepção nos próximos tópicos.

4.2 Definição de parâmetros para a coleta de dados das componentes climáticas

A fim de calcular as classes de conforto térmico dos índices de conforto foi necessário aferir dados a serem inseridos nos cálculos dos índices, a saber: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento a 10m e ao nível do corpo e temperatura radiante média. Ademais, como a intenção desse estudo era comparar as condições exatas de conforto térmico experimentadas pelos indivíduos nos locais onde eles se encontravam, ou seja, num nível de escala microclimática, não seria factível para a metodologia escolhida o uso de dados de estações meteorológicas, que estariam situadas distantes dos pontos onde as entrevistas seriam realizadas. Assim, a coleta de dados das componentes climáticas ocorreu de forma concomitante¹⁹ com a realização das entrevistas e num raio de no máximo 30m do local onde a entrevista estava sendo realizada.

Para a verificação da temperatura do ar e da umidade relativa do ar foi utilizado um termohigrômetro digital de marca Incoterm²⁰, protegido da radiação solar direta por um abrigo de madeira de cor branca (fig. 22), que foi fixado sempre entre 1,2 e 1,5 metros do solo em local (e posição em relação ao Sol) não sombreado e atrelado a base de maior inércia térmica possível – comumente madeira.

¹⁹ Com no máximo 20 minutos de tempo decorrido entre a realização da entrevista e a coleta dos valores das componentes climáticas.

²⁰ Com resolução de 0,1°C e 1% de umidade relativa do ar e exatidão de 1°C e 5% de umidade relativa do ar.

Figura 22: Posição do Abrigo e Visualização de leitura dos instrumentos de coleta.
Zona urbana Tauá-CE.



Fonte: fotografado pela autora.

Para a verificação da velocidade do vento foi utilizado um anemômetro digital da marca Instruterm. A velocidade do vento foi mensurada durante um minuto a 1,9 m do solo (fig. 23), durante esse período de tempo eram gravados os valores flutuantes de velocidade do vento e em seguida eram anotados (para posterior cálculo de média) o menor e o maior valor. O valor utilizado para a mensuração dos índices de conforto foi a média obtida pela menor e maior velocidade do vento durante esse minuto de verificação. Para o cálculo do índice UTCI é necessário o valor de velocidade do vento a 10 metros de altura, o que é inviável de ser mensurado em campo num estudo microclimático, assim, utilizou-se a fórmula abaixo descrita por BRODE et al. (2011), já largamente utilizada na literatura para este fim para, a partir do valor da velocidade do vento a 1,9m, calcular a velocidade aproximada a 10m.

$$V_{10} = V_x \cdot \left[\frac{\log(10/0,01)}{\log(x/0,01)} \right]$$

Onde:

V_{10} : Velocidade do vento a 10 metros de altura (m/s);

V_x : Velocidade do vento medida a x metros (m/s).

Figura 23: Pesquisadora verificando velocidade do vento. Zona Rural de Crateús-CE.

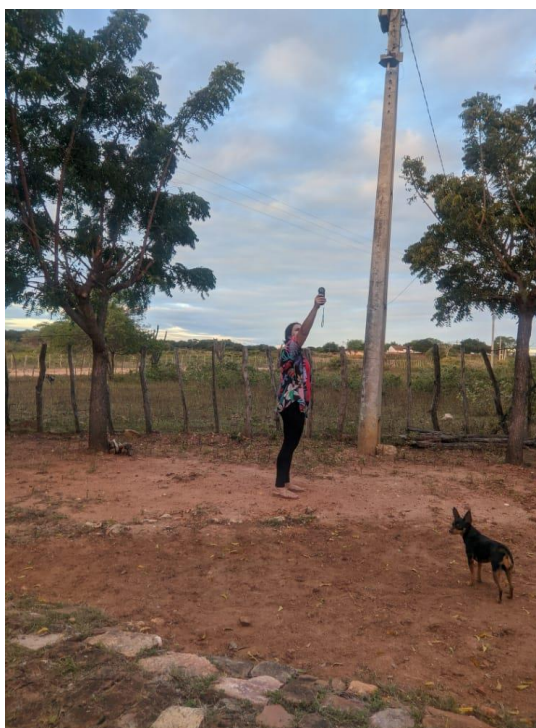


Foto de Vanuza Barros

Não possuindo equipamentos que mensurassem diretamente a temperatura radiante média a mesma foi calculada segundo a fórmula descrita abaixo, já largamente utilizada na literatura por ser descrita na ISO²¹ N° 7726 de 1998. Para o cálculo da mesma foi utilizado o *software Python*. Para a mensuração no local da entrevista da temperatura de globo (necessária ao cálculo) foi utilizado um termômetro de globo do tipo espeto de marca *Meteoro*²², pintado na cor cinza, com globo com 6 cm de diâmetro no primeiro ciclo de campos e com outro de material semelhante (polipropileno) de 4,5 cm nos três ciclos de

²¹ Organização Internacional de Normalização (International Organization for Standardization).

²² Precisão de 1°C

campos seguintes. Sobre o uso de globo de material não-metálico nos referenciamos em Nikolopoulou (1999), Thorsson et al (2007) e Yalia e Johanson (2013) e Johansson et al. (2014). Para o cálculo da temperatura radiante média utilizamos o valor de emissividade do globo igual a 0,9; como os trabalhos de Hirashima e Assis (2011), Silva e Alvarez (2015) e Fernandes e Masiero (2018) todos utilizando globos plásticos de cor cinza e utilizando o valor de emissividade semelhante ao globo metálico de cor cinza.

$$T_{rm} = \left[(T_g + 273)^4 + \frac{1,1 \cdot 10^8 \cdot V^{0,6}}{\varepsilon_g \cdot D^{0,4}} (T_g - T_a) \right]^{\frac{1}{4}} - 273$$

Em que:

T_{rm} : Temperatura radiante média (°C);

T_g : Temperatura de globo (°C);

T_a : Temperatura do ar (°C);

V : Velocidade do vento (m/s);

ε_g : Emissividade do globo;

D : Diâmetro do globo (m).

O termômetro de globo foi utilizado no seu próprio abrigo de madeira, pintado de branco, no qual o instrumento termômetro permanecia dentro do abrigo e o globo cinza, situado na ponta do espeto, fora dele (fig. 22), em sua parte superior e, durante o dia, nunca numa condição de sombreamento. O termo-higrômetro também foi utilizado dentro do mesmo abrigo.

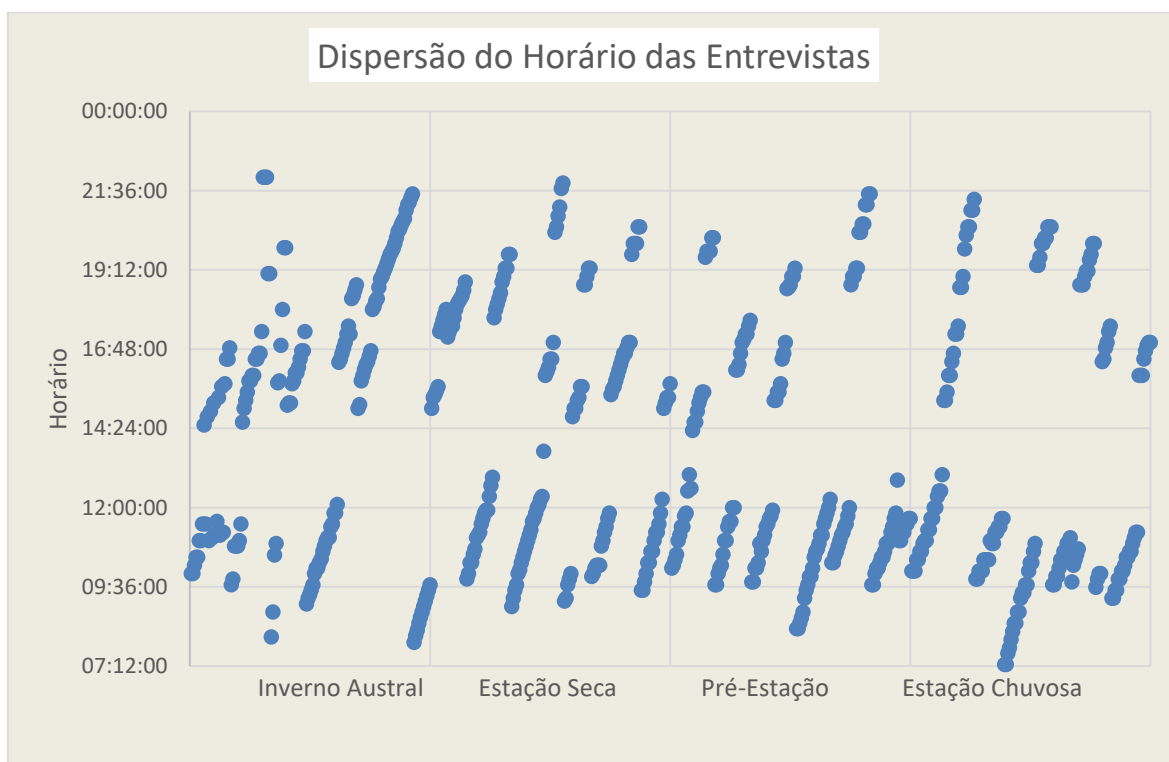
Sobre as características e condições de medição da temperatura de globo é importante citar que a cor do globo (cinza e não negro) é adequada a estudos em áreas externas a fim de não superestimar a temperatura radiante média posteriormente calculada, como orientado por Hirashima e Assis (2011), a emissividade usada na fórmula acima, nesse caso por conta da cor cinza, é de 0,9. Esse valor de emissividade é compatível com o utilizado por Nikolopoulou (1999) para diferentes globos plásticos, acrílicos e metálicos. Outra importante informação é que após um deslocamento do abrigo (e do termômetro de globo) para outro local/posição era sempre esperado um período de 20 minutos antes da primeira leitura no novo local a fim de que a temperatura de globo pudesse se adequar, os diâmetros

relativamente pequenos dos globos utilizados (6 e 4,5 centímetros) são adequados a esse tipo de estudo pois o tempo de resposta deles é menor quando de uma mudança de seu posicionamento em relação a termômetros de globo de maior diâmetro.

Por fim é importante deixar claro que não foi feito um perfil horário dos valores das componentes climáticas. As componentes climáticas foram mensuradas *in loco* apenas com o objetivo de calcular as condições de conforto térmico de forma acurada, em uma escala microclimática, e compará-las com os relatos de percepção de conforto dos aclimatados; assim, foram verificadas apenas no horário em que o questionário semiestruturado era realizado.

Foram feitas entrevistas nos períodos matutino, vespertino e noturno, nunca antes das 7 da manhã ou depois das 22 horas (gráfico 2). Das 600 entrevistas realizadas 128 foram realizadas após as 18h e 472 foram realizadas durante o dia. Buscou-se um espaçamento das entrevistas nas mais diversas horas do dia, em compensação ao fato de não ter sido possível a realização de um perfil horário contínuo.

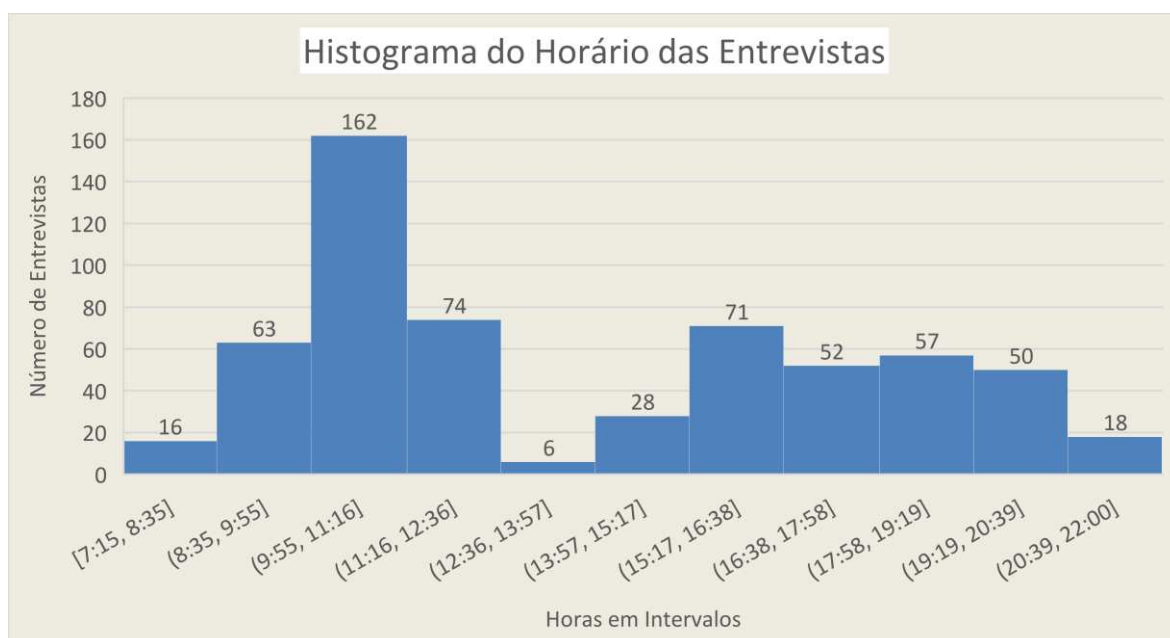
Gráfico 2: Dispersão do horário de realização das entrevistas de percepção climática



Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados dispersos acima foram organizados em um histograma (gráfico 3); nele é interessante observar que foram realizadas poucas entrevistas no intervalo de 12:30h e 14:00h, isto deveu-se à dificuldade de abordar transeuntes neste horário por questões culturais da região. Mesmo nas áreas urbanas, nos municípios do interior do semiárido, é comum que os comércios fechem e as pessoas recolham-se ao interior das residências/edificações próximo ao horário do almoço e na hora seguinte.

Gráfico 3: Histograma dos horários de realização das entrevistas de percepção climática



Fonte: elaborado pela autora.

Em decorrência das próprias características da região semiárida sabe-se que este costume populacional é benéfico do ponto de vista do conforto térmico dos indivíduos, contudo, como os relatos nos períodos mais quentes do dia eram fundamentais para a análise a que se propõe esta tese, buscou-se exaustivamente realizar o máximo de entrevistas possíveis nestes horários e nos imediatamente anteriores (de 11h às 12:30h) e posteriores (14h às 15:30h).

4.3 Definição de parâmetros para a coleta de dados de percepção climática

Para coleta dos dados de percepção climática foi aplicado questionário semiestruturado aprovado pelo conselho de ética da Universidade Federal do Ceará²³ e que consta em sua integralidade no Apêndice A deste trabalho. O dito questionário foi inspirado no utilizado por Petalas (2015) em sua pesquisa doutoral, mas adaptado às investigações desta pesquisa.

O objetivo deste estudo relaciona-se com a verificação das condições de conforto térmico no ambiente externo, portanto elas foram realizadas apenas fora de construções, a maior parte delas em praças e calçadas. No semiárido nordestino, contudo, é muito comum a existência de anexos a residências conhecidos como alpendres ou varandas, áreas cobertas com telhas de cerâmica, mas totalmente abertas às variações das componentes climáticas, assim, esses ambientes também foram considerados válidos e entrevistas foram realizadas neles, em especial na zona rural, como pode ser visto na figura abaixo.

Figura 24: Pesquisadora aplicando questionário para a coleta de dados de percepção climática. Zona Rural de Crateús-CE.



Foto de Vanuza Barros

²³ com o número 5.527.337

É importante também salientar que as entrevistas quase nunca foram realizadas sob sol pleno, não por um desígnio da pesquisadora, mas por um comportamento cultural da região. É extremamente incomum alguém parar por vários minutos sob sol pleno no semiárido, salvo sob necessidade de trabalho e mesmo assim em raras situações entre as dez da manhã e as duas da tarde. Assim, as entrevistas realizadas durante o dia foram feitas em sua maioria sob a sombra de árvores e construções. Nestas últimas, como já explanado, nunca dentro das construções em si, mas do lado da sombra de muros, paredes ou, mais comumente na zona rural, em varandas, localmente denominadas alpendres.

Os indivíduos abordados para a realização da entrevista estavam em condição de repouso (em pé parados ou sentados). O intervalo de dez a doze minutos é considerado por Hodder e Parsons (2007) como o tempo mínimo necessário para a estabilização da sensação térmica. Para Fiala e Lomas (2001), em ambientes quentes, o processo de adaptação às condições climáticas atuais acontece durante os primeiros cinco a dez minutos de exposição. Em decorrência destas referências as entrevistas foram realizadas apenas com pessoas que estivessem ao ar livre a no mínimo 20 minutos.

Foram abordados na zona urbana transeuntes de áreas com certo movimento de pessoas de forma aleatória e na zona rural, tendo em vista a maior dispersão populacional, foi utilizada a metodologia “bola de neve”²⁴. A princípio foram abordados indivíduos nos arredores de suas próprias residências e propriedades e os mesmos indicavam outras residências e propriedades onde pudéssemos realizar a abordagem de outros indivíduos. Também foram aproveitados momentos de maior aglomeração, como jogos de futebol, festas religiosas e atividades laborais coletivas que costumam reunir muitas pessoas.

Tendo em vista o melhor aproveitamento do tempo de pesquisa foram entrevistadas em certas ocasiões duas ou três pessoas juntas, mas suas respostas foram computadas de forma separada.

O questionário tem três perguntas excludentes, que fazem com que a entrevista não continue e os dados da mesma não sejam aproveitados. A primeira diz respeito a aclimação

²⁴ Mais detalhes sobre a aplicação da metodologia bola de neve podem ser encontrados no artigo “A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto” de Juliana Vinuto. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/tematicas/article/download/10977/6250/18568>

ao clima semiárido: só são considerados entrevistados válidos para essa pesquisa pessoas nascidas no semiárido e/ou nele residentes nos últimos cinco anos. A segunda diz respeito a condição de aclimação no momento da entrevista: só são considerados entrevistados válidos aqueles que estão no ambiente externo a pelo menos vinte minutos. Por fim não são consideradas as respostas de indivíduos que estejam doentes, a fim de excluir condições de subjetividade em decorrência de alterações metabólicas como a febre.

No questionário há perguntas relacionadas ao sexo, idade, altura e peso do(a) entrevistado(a) a fim de verificar a representatividade dos entrevistados em relação à população geral e discutir posteriormente²⁵ possíveis relações de conforto térmico associadas ao gênero, idade e Índice de Massa Corpórea (IMC).

As perguntas principais do estudo são as de percepção térmica ou sensação térmica (nona pergunta)²⁶ e percepção de conforto térmico (décima quarta pergunta)²⁷. Há ainda no questionário perguntas relacionadas às vestimentas dos entrevistados e sua condição de transpiração no momento da entrevista.²⁸

Por fim são indagados dos entrevistados possíveis artifícios de melhoria de conforto térmico; suas preferências em relação às condições de tempo e sua percepção geral em relação ao clima da região. Importante lembrar que as entrevistas foram realizadas em distintos períodos do ano.

No total foram realizadas 600 entrevistas, 150 em cada estação do ano; aproximadamente 50 em cada município, em cada estação. Quanto ao número de entrevistas realizadas, segundo NG e Cheng (2012) estudos de percepção tem, em média, entre 91 e 2700 entrevistados e, em levantamento bibliográfico feito por Souza (2022), existe uma imensa variabilidade no número de amostras em pesquisas que visam modelar conforto térmico, tendo a mesma autora rastreado em pesquisas do mundo todo situações que variam

²⁵ Em trabalho que explore os dados categoricamente, a ser publicado após a defesa da tese.

²⁶ O questionário para a pergunta sensação térmica oferecia uma escala de nove pontos: muito frio, frio, fresco, levemente fresco, neutro, levemente com calor, com calor, com muito calor, com calor extremo.

²⁷ O questionário na pergunta de percepção de conforto térmico oferecia uma escala de cinco pontos: muito desconfortável, desconfortável, nem confortável e nem desconfortável, confortável e muito confortável.

²⁸ Os questionamentos relativos a vestimentas não foram feitos com o objetivo de calcular índices que necessitam dessa informação para os seus cálculos, mas simplesmente a fim de auxiliar nas reflexões e discussão sobre atitudes de adaptabilidade climática.

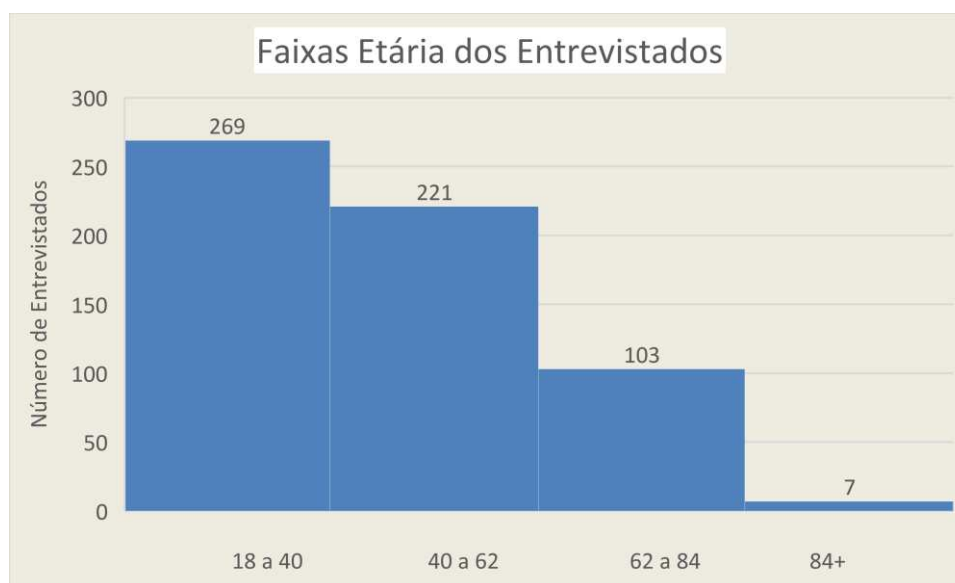
de 50 a 50 mil amostras, com mais da metade dos trabalhos, contudo, apresentando menos de 900.

De nossas 600 entrevistas, 374 delas foram realizadas em áreas urbanas e 226 em áreas rurais. Buscou-se aproximar a amostragem colhida da representação percentual de pessoas residentes no semiárido que é, segundo o censo de 2010, 63% urbana e 37% rural (SUDENE, 2021), o que corresponde a porcentagem que se chegou nesta pesquisa de 37,67% de entrevistas realizadas em áreas rurais.

Quanto ao sexo dos entrevistados: 331 eram homens e 269 mulheres. Esta maior representatividade de entrevistados homens não tem uma relação demográfica com os habitantes do semiárido. Quanto a aclimatação, já foi aqui exposto que foram elegíveis para esta análise apenas indivíduos aclimatados (residentes nos últimos 5 anos na região semiárida). Dos 600 entrevistados 20 eram naturais de outras regiões, 429 residentes a vida toda na região semiárida e 151 (mais de um quarto da amostra) naturais da região, mas que já haviam vivido em outros locais, sob condições climáticas diferentes durante algum tempo, embora já tenham se aclimatado novamente (voltaram a viver no semiárido a mais de 5 anos).

O perfil etário dos entrevistados foi: 134 pessoas até 29 anos, 334 pessoas de 30 a 59 anos e 132 pessoas com mais de 60 anos. O percentual de idosos na amostra foi de 22,3%. Como, em decorrência das condicionantes burocráticas da pesquisa, só foram considerados para entrevista pessoas maiores de idade, esse percentual está próximo do que se esperaria para a região nordeste que tem 20% da sua população acima de 60 anos, se considerarmos no universo populacional apenas os maiores de 15 anos, segundo o censo demográfico 2022, no seu recorte de população por idade e sexo (IBGE, 2023). No gráfico abaixo apresentamos a mesma amostra em um histograma.

Gráfico 4: Faixa Etária dos entrevistados segregados em intervalos.



Fonte: elaborado pela autora.

É importante ainda citar que essa tendência (envelhecimento populacional) tem se verificado em todas as regiões brasileiras, com um aumento da população idosa superior a cinquenta por cento entre os censos de 2010 e 2022 e um índice de envelhecimento superior a setenta na maior parte dos estados da região nordeste, o que significa que já há mais pessoas com mais de 60 anos do que metade da população de jovens nestes estados; essa tendência se aprofunda em municípios pequenos - com menos de 5 mil habitantes.

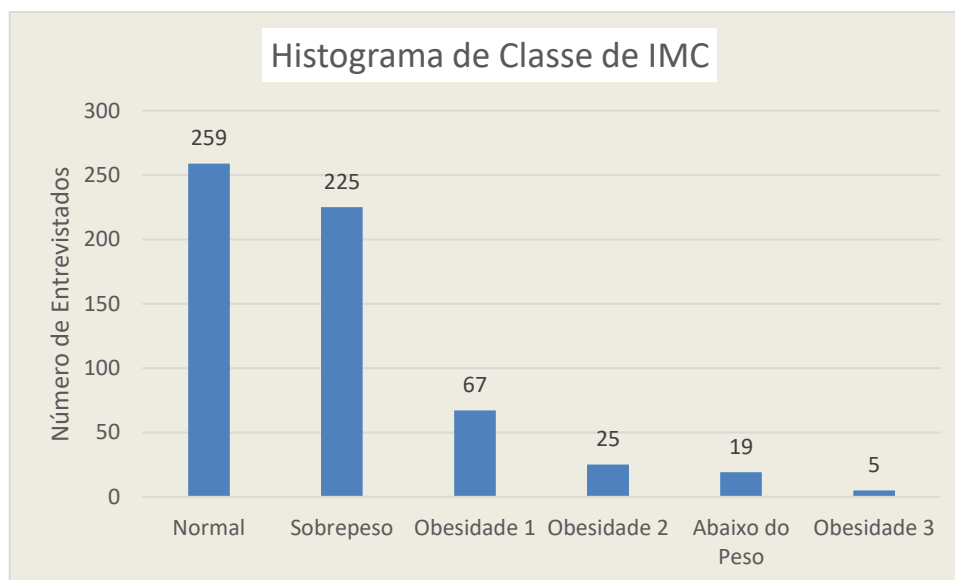
Com relação ao IMC foram entrevistadas 19 pessoas abaixo do peso (3%), 259 com IMC considerado normal (43%), 225 com IMC classificado como sobrepeso (37,5%) e 97 pessoas com diferentes graus de obesidade (16%), como exposto no gráfico que se segue²⁹. Este universo está distribuído de forma semelhante ao dado mais próximo disponível, que é o geral da região nordeste, fornecido pelo ministério da saúde³⁰, com desvios acima para o IMC normal e abaixo para obesidade, o que não chega a surpreender

²⁹ É importante salientar que o cálculo e a classe de IMC foram feitos a partir de uma calculadora online (<https://dms.ufpel.edu.br/casca/modulos/imc-calc#comp/imc-main>) desenvolvida na Universidade de Pelotas e que tem um componente diferenciado para definir o IMC de pessoas idosas.

³⁰ Disponível em <https://sisaps.saude.gov.br/sisvan/relatoriopublico/estadonutricional>

visto que o dado do ministério é geral para o Nordeste, o que faz desta amostra bem mais urbana e, portanto, sedentária, que a população do semiárido.

Gráfico 5: Distribuição da Amostra em relação ao IMC



Fonte: elaborado pela autora.

Kruguer, Rossi e Drach (2017) sugeriram a padronização de certos protocolos para trabalhos de percepção climática e adequação de índices de conforto enfatizando alguns fatores importantes a serem levados em consideração: demografia, história térmica e sazonalidade. Já explanamos em tópicos anteriores como foi buscada a adequação de todos estes aspectos. Nos resta ainda explorar metodologicamente apenas os aspectos relacionados aos índices de conforto térmico utilizados, o que faremos nos próximos tópicos.

4.4 Índices de Conforto Térmico Utilizados

Ao realizar a seleção dos índices de conforto térmico que seriam utilizados para esta análise optou-se por selecionar os índices mais utilizados em trabalhos publicados na região. Tal intento visa dar maior relevância científica e prática para os resultados obtidos, visto que o objetivo é realizar a identificação de faixas das escalas dos índices que

correspondem à sensação de conforto térmico relatada pelos aclimatados ao semiárido, assim, oferecendo uma escala de conforto mais próxima à realidade e que dialogue com um maior número de trabalhos.

Para identificar os índices de conforto mais utilizados na região foi realizado um levantamento bibliográfico que resultou no artigo “Análise sobre os índices de conforto térmico humano mais utilizados no semiárido brasileiro³¹”. Constatou-se que a maior parte dos trabalhos acadêmicos no semiárido utiliza índices de conforto do tipo empírico, com

uma forte tendência ao uso de índices tradicionais na literatura, como o índice de desconforto de Thom (IDT), o índice de Temperatura e umidade (ITU) e o índice de temperatura efetiva (TE), se comparados com índices mais modernos (...). Observou-se ainda que estes índices tradicionais continuam em pleno uso, tendo sido utilizados por mais de dez trabalhos publicados nos últimos três anos. (Gomes e Zanella, 2023, p. 10)

Assim, a fim de utilizar os índices mais significativos para região, visto que mais comumente utilizados, os três índices citados acima foram eleitos para a análise desta tese. A título de exemplo estes foram os índices eleitos por Lucena, Cabral Jr. e Steinke em artigo de 2020 que analisou Caicó-RN e que deriva da tese de doutoramento da primeira autora.

Buscando também abordar índices racionais (ou analíticos) de conforto térmico, ou seja, aqueles derivados de cálculos de balanço térmico humano, tendo em vista a superioridade metodológica destes em relação aos índices empíricos, optou-se pela utilização do Índice de Calor, que, pela simplicidade das variáveis, vem sendo cada vez mais utilizado em trabalhos no semiárido (GOMES E ZANELLA, 2023) e do UTCI (Universal Thermal Climate Index), por ser um índice proposto pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e que se propõe à aplicabilidade em qualquer zona climática do globo. Informações mais detalhadas como métodos de cálculo e faixas de conforto dos índices serão apresentadas a seguir.

³¹ Publicado nos anais do XV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1ybfYaYZJ4QHPpvn-HqM8-eNJSkvTB0CI/view>

4.4.1 Índice de Desconforto de Thom (IDT)

Entre as diversas equações disponíveis para se calcular os índices de sensações térmicas a fórmula de Thom (1959) (expressa na equação abaixo³²), denominado Índice de Desconforto (ID), é frequentemente utilizada nas pesquisas brasileiras (SOUZA E NERY, 2012).

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 \cdot UR) \cdot (T - 14,5)$$

Em que:

IDT: Índice de desconforto de Thom;

T: Temperatura do ar (°C);

UR: Umidade relativa do ar (%).

O valor obtido através da fórmula acima é comumente interpretado segundo as faixas interpretativas apresentadas por Giles *et.al* (1990) (quadro 6).

Quadro 6: Faixas interpretativas de conforto do índice de desconforto de Thom (IDT)

Faixa	IDT °C	Nível de conforto térmico
1	IDT < 21,0	Sem desconforto
2	21,0 ≤ IDT < 24,0	Menos de 50% da população sente desconforto
3	24,0 ≤ IDT < 27,0	Mais de 50% da população sente desconforto
4	27,0 ≤ IDT < 29,0	A maioria da população sente desconforto
5	29,0 ≤ IDT < 32,0	O desconforto é muito forte e perigoso
6	IDT ≥ 32,0	Estado de emergência médica

Fonte: Giles *et al.* (1990).

Modernamente sabe-se que, para utilização mais acurada de índices de conforto, a adequação das faixas interpretativas dos índices para a percepção de conforto térmico da população local é necessária. Poucos trabalhos, contudo, o fazem, em especial na região semiárida brasileira.

³² A fórmula original do índice de Desconforto de Thom utiliza os dados de Temperatura de Bulbo úmido (*Tu*) e de Temperatura de Bulbo seco (*Ts*) e é expressa por $IDT = 0,4 (Ts + Tu) + 4,8$. A fórmula empregada neste trabalho é uma adaptação largamente utilizada na bibliografia brasileira, feita por Nieuwolt (1977) e que adapta a fórmula de Thom ao uso da umidade relativa do ar. Em alguns trabalhos essa adaptação é traduzida como temperatura efetiva, o que pode gerar confusão com o índice Temperatura Efetiva de Missenard (1937), que também utilizaremos nesse trabalho.

Não foi encontrada uma adequação das faixas interpretativas do IDT para a zona semiárida na revisão bibliográfica desta pesquisa, os pesquisadores que realizaram as adequações geograficamente mais próximas deste índice foram Santos (2011) para João Pessoa-PB, e Petalas (2015) para Fortaleza-CE. A faixa de IDT considerada confortável por Petalas vai de 24,6 a 25,8; sendo valores inferiores não designados pela autora, mas possíveis de inferir que tendam a situações de freio, e superiores desconfortáveis para o calor. As faixas de IDT adaptadas por Santos (2011) podem ser visualizadas abaixo (quadro 7). Na discussão dos resultados desta pesquisa serão utilizados para efeito comparativo deste índice as faixas de conforto originais, as de Fortaleza definidas por Petalas e as de João Pessoa definidas por Santos.

Quadro 7: Faixas interpretativas do índice de desconforto de Thom (IDT) adaptadas para João Pessoa (PB)

Faixas	IDT (° C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 24,0	Confortável
2	24 ≤ IDT ≤ 26,0	Parcialmente confortável
3	26 < IDT < 28,0	Desconfortável
4	IDT ≥ 28,0	Muito desconfortável

Fonte: Santos (2011)

4.4.2 Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Segundo Barbirato et al. (2007), o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é comumente utilizado nos trópicos pela sua praticidade. O alcance do trabalho de Barbirato et al. (Clima e Cidade: a Abordagem Climática como Subsídio para estudos urbanos - livro de 2007) popularizou o uso deste índice na região Nordeste, sendo encontrado em diversos trabalhos na região semiárida (Gomes e Zanella, 2023).

Segundo Silva *et al.* (2023) este índice foi criado por Nieuwolt (1977) a partir do Índice de Desconforto de Thom, com o objetivo de adaptá-lo para situações onde os dados de umidade relativa do ar fossem mais acessíveis que os de temperatura de bulbo úmido. O índice pode ser calculado pela equação abaixo.

$$ITU = 0,8 \cdot T + \left(\frac{UR \cdot T}{500} \right)$$

Em que:

ITU: Índice de temperatura e umidade;

T: Temperatura (°C);

UR: Umidade relativa do ar (%).

Quanto às faixas de conforto, ainda segundo Silva et al. (2023), Nieuwolt (1977) teria sugerido faixas de interpretação. As mesmas são semelhantes às faixas encontradas em Barbirato et al (2007) e em Nóbrega e Lemos (2011) (quadro 8) que serão as utilizadas neste trabalho.

Quadro 8: Faixas de Conforto Térmico do Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Nível de Conforto	ITU
Confortável	21 < ITU < 24
Levemente desconfortável	24 < ITU < 26
Extremamente desconfortável	ITU > 26

Fonte: Nóbrega e Lemos (2011).

Importante diferenciar o ITU que utilizamos neste trabalho de um índice de mesmo nome (em algumas literaturas também chamado de *humidex*), derivado dos trabalhos de Thom, bastante usado em estudos de conforto térmico animal e que parte das variáveis temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho; além de outro índice também conhecido como ITU, também usado em estudos de conforto térmico animal, que deriva dos trabalhos de Buffington et al. (1982) e tem como variáveis de entrada a temperatura do ar e a umidade relativa do ar.

Importante ainda observar que o índice ITU foi considerado nesta análise apenas com as faixas interpretativas expostas nos trabalhos já citados de Nobrega e Lemos (2011) e Barbirato *et al* (2007) pois não foram encontradas, em trabalhos na região Nordeste,

adaptações das faixas deste índice para a percepção de aclimatados nem no semiárido e nem no litoral.

4.4.3 Índice Temperatura Efetiva (TE)

A Temperatura Efetiva foi proposta por Missenard (1937, 1948) e pode ser calculada segundo a fórmula abaixo (Maia e Gonçalves, 2002). Utilizaremos neste trabalho as faixas interpretativas de sensação térmica apresentadas por Blazejczyk *et al.* (2012) (quadro 9), que fazem um maior detalhamento, mas seguem os limites das faixas apresentadas por Hentschel (1976), que são as utilizadas na maior parte dos trabalhos brasileiros como as faixas interpretativas deste índice.

$$TE = T - [0,4 \cdot (T - 10) \cdot (1 - UR/100)]$$

Em que:

TE: Índice de temperatura efetiva;

T: Temperatura do ar (°C);

UR: Umidade relativa (%).

Quadro 9: Faixas de Sensação Térmica do índice Temperatura Efetiva (TE).

TE (°C)	Descrição da sensação humana
>30	Muito quente
24 – 30	Moderadamente quente
12 – 24	Agradável (neutro)
6 – 12	Fresco
0 – 6	Muito fresco
-12 – 0	Frio
-24 – -12	Muito frio
-30 – -24	Perigo de congelamento (início)
<-30	Perigo de congelamento (alto)

Fonte: Blazejczyk et al. (2012), traduzido por Petalas (2015).

Importante observar que, assim como o índice ITU, o índice TE foi considerado nesta análise apenas com as faixas interpretativas já citadas, pois não foi encontrado em trabalhos de percepção climática na região Nordeste adaptações das faixas deste índice para a percepção de aclimatados nem no semiárido e nem nas regiões litorâneas próximas, onde se encontram as capitais dos estados.

Outro fator relevante a ser considerado é que, segundo Suping *et al.* (1992), citado por Silva *et al.* (2023), o índice TE só deve ser aplicado para velocidades do vento inferiores a 0,2m/s, devendo ser aplicado a velocidades superiores a esta o índice TEv. O nosso objetivo na escolha dos índices a serem utilizados nesta pesquisa foi, contudo, dialogar com os índices mais utilizados na região semiárida (GOMES e ZANELLA, 2023a) e, em trabalhos na região, o TE é aplicado em situações diversas, não apenas em situações de calmaria. Assim, optamos por aplicá-lo largamente em toda a amostra, a fim de subsidiar faixas interpretativas a partir dos votos dos aclimatados para as condições em que o índice já é empregado.

4.4.4 Índice de Calor (IC)

O Índice de calor foi elaborado pela NOAA³³ a partir dos trabalhos de Steadman (1979 e 1984). É um índice racional, pois baseado em balanço de calor do corpo humano. Utiliza temperatura do ar e umidade relativa para o cálculo que pode ser feito algebricamente³⁴, lido em um gráfico, como também calculado a partir de uma calculadora online³⁵ disponível no site da própria NOAA, opção esta que foi feita neste trabalho.

As faixas interpretativas do índice de calor não são diretamente ligadas às situações de conforto térmico, mas aos alertas quanto aos riscos relacionados ao calor, visto que este índice é o utilizado pela agência americana para o monitoramento de ondas de calor nos EUA. Nobrega e Verçosa adaptaram as faixas para graus Celsius (quadro 10). Neste trabalho foi considerado como limite de conforto/desconforto o limiar entre a “cautela” e a “cautela extrema”, ou em outras traduções “extrema precaução”, 32° IC.

³³ National Oceanic and Atmospheric Administration. Órgão Estatal Nacional de Meteorologia Estadunidense.

³⁴ https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex_equation.shtml

³⁵ <https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex.shtml>

Quadro 10: Níveis de alerta do Índice de Calor (IC).




Níveis de Alerta	IC	Sintomas
Não há alerta	IC < 27 °C	Não há problemas
Cautela	27,1 °C – 32 °C	Possível fadiga em casos de exposição prolongadas e prática de atividades físicas.
Cautela Extrema	32,1 °C – 41 °C	Possibilidade de câimbras, de esgotamento físico e insolação para exposições prologadas e atividades físicas.
Perigo	41,1 °C – 54 °C	Câimbras, insolação, esgotamento físico. Possibilidade de danos cerebrais (AVC) para exposições prolongadas com atividades físicas.
Perigo Extremo	54 °C ou mais	Insolação; risco de acidente vascular cerebral (AVC) iminente.

Fonte: NOAA. Adaptado por Nóbrega e Verçosa.

Segundo Silva *et al.* (2023) o Índice de Calor também aparece na literatura denominado como Temperatura Aparente e calculado e interpretado através do quadro síntese abaixo (figura 25), embora se percebam algumas pequenas diferenças nas classes interpretativas, em especial no limite entre a classe de maior perigo e a imediatamente anterior.

Figura 25: Temperatura Aparente (Índice de Calor)

Umidade Relativa (%)	Temperatura do Ar (°C)										
	21	24	27	29	32	35	38	41	43	46	49
0	18	21	23	26	28	31	33	35	37	39	42
10	18	21	24	27	29	32	35	38	41	44	47
20	19	22	25	28	31	34	37	41	44	49	54
30	19	23	26	29	32	36	40	45	51	57	64
40	20	23	26	30	34	38	43	51	58	66	
50	21	24	27	31	36	42	49	57	66		
60	21	24	28	32	38	46	56	65			
70	21	25	29	34	41	51	62				
80	22	26	30	36	45	56					
90	22	26	31	39	50						
100	22	27	33	42							

 Risco grave para a saúde - insolação iminente
 Exposição e atividade prolongadas podem levar a insolação
 A exposição prolongada e a atividade podem levar à fadiga

Fonte: Silva et al. (2023)

Petalas (2015) em sua tese doutoral calibrou as faixas interpretativas de diversos índices de conforto para a cidade de Fortaleza-CE, entre eles o Índice de Calor. Considerando que esta é a calibração de faixas mais próxima à área de estudo, ainda que com condições climáticas diferentes por ser uma área litorânea, utilizamos estas faixas interpretativas junto com as originais em nossa análise. Segundo Petalas (2015) as condições de conforto no IC em graus Celsius em Fortaleza-CE vão de 29 a 32 graus; com condições menores de 29 não designadas, mas passíveis de serem interpretadas como desconforto para o frio, e maiores que 32 designadas como desconfortáveis para o calor.

4.4.5 Índice Climático Térmico Universal (UTCI)

O UTCI começou a ser desenvolvido na virada do milênio por uma comissão estabelecida pela Sociedade Internacional de Biometeorologia formada por uma grande

gama de pesquisadores. A ideia principal era desenvolver um índice termo-fisiologicamente significativo dentro de uma vasta série de trocas de calor no meio externo, sendo válido em diversos climas e estações, escalas espaciais e temporais e que pudesse ser aplicado nos estudos de biometeorologia humana (JENDRITZKY; MAAROUF; STAIGER, 2001; JENDRITZKY et al., 2002). Exatamente por sua intenção de ser um índice aplicado às mais diversas condições climáticas (inclusive um clima quente e seco como o semiárido) que este índice biometeorológico foi escolhido para essa investigação.

O UTCI foi elaborado com base no modelo termorregulatório multinodal desenvolvido por Fiala, Lomas e Stohrer. (1999, 2001, 2003, 2007) e Fiala et al. (2011), ou seja, é um índice racional (também chamado analítico), que leva em conta o balanço térmico do corpo humano em sua criação.

Comparado a outros índices, o UTCI apresenta uma boa correlação com todos os índices derivados do modelo de armazenamento de calor humano, como, por exemplo, o SET* e o PMV. Além disso, é considerado muito sensível à variabilidade temporal das condições térmicas, pois reflete pequenas alterações na intensidade dos elementos climáticos, especialmente, a velocidade do vento (BLAZEJCZYK et al., 2012).

Em seu processo de validação, a sensibilidade do UTCI é testada para a umidade e radiação no calor e vento no frio e tem dado respostas fisiologicamente válidas ao estresse térmico dentro de uma série que varia do extremo frio ao extremo calor e em condições de trabalho externo (BRÖDE et al., 2010; 2013). Tem limites de aplicabilidade muito amplos das variáveis climáticas: $-50\text{ °C} \leq T_a \leq 50\text{ °C}$, $-30\text{ °C} \leq T_{\text{rm}} - T_a \leq 70\text{ °C}$, velocidade de vento entre 0,5 e 30,3 m/s e umidade relativa de 5% a 100% (ROSSI, KRUGUER E BRODE, 2012).

Para o cálculo original do UTCI a atividade externa representativa corresponde à taxa metabólica de uma pessoa caminhando em uma superfície plana à 4km/h ($\cong 135\text{W/m}^2$) (BLAZEJCZYK et al., 2013). Por este motivo em nossa pesquisa foram entrevistados apenas indivíduos sob baixas taxas metabólicas. Outro fator que facilita a aplicabilidade do UTCI é que ele considera em seu cálculo que as pessoas estão adequadamente vestidas/agasalhadas para as condições climáticas às quais estão submetidas, ou seja, não exige que se insira a variável vestimenta.

Classes de conforto foram definidas para o UTCI pelos pesquisadores que o propuseram, como exposto no quadro 11. Como já esperado tais intervalos de conforto não são igualmente aplicáveis a qualquer lugar do mundo e alguns autores já vem trabalhando com a adequação das faixas de conforto do UTCI para climas diversos.

Quadro 11: Classes de Conforto do UTCI.

UTCI (°C)	Categoria de estresse
Superior a + 46	Extremo estresse devido ao calor
+ 38 a + 46	Muito forte estresse devido ao calor
+ 32 a + 38	Forte estresse devido ao calor
+ 26 a + 32	Moderado estresse térmico
+ 9 a + 26	Nenhum estresse térmico
+ 9 a 0	Leve estresse devido ao frio
0 a - 13	Moderado estresse devido ao frio
- 13 a - 27	Forte estresse devido ao frio
- 27 a - 40	Muito forte estresse devido ao frio
Inferior a - 40	Extremo estresse devido ao frio

Fonte: BLAZEJCZIC et al. (2012, 2013) apud PETALAS (2015).

O trabalho de adequação mais próximo de nossa área de estudo que a literatura nos oferece é o trabalho de PETALAS (2015), que definiu, para aclimatados de Fortaleza-Ceará, a faixa de conforto entre 27,4 e 31,2 UTCI, sendo valores abaixo de 27,4 não designados, mas passíveis de serem interpretados como desconfortáveis para o frio e superiores a 31,2 desconfortáveis para o calor. Utilizaremos para comparação da adequabilidade das faixas tanto as faixas originais do UTCI como as definidas por Petalas.

Para o cálculo do UTCI a partir das variáveis climáticas colhidas em campo foi utilizada a calculadora online³⁶ desenvolvida por Barbara Wojtach. Para o cálculo são

³⁶ Disponível em: <http://www.utci.org/utcineu/utcineu.php>. Desenvolvida por Barbara Wojtach, Institute of Meteorology and Hydrology, Warsaw, Poland, based on original F90 UTCI source code of Peter Broede, IfADo - Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors at Dortmund Technical University, Germany.

necessários valores de temperatura do ar, velocidade do vento a 10 metros, umidade relativa do ar e temperatura radiante média.

4.5 Parâmetros para definição de novas faixas de conforto para os índices

É consenso entre quem desenvolve trabalhos na área que não há um método único ideal para adequação de faixas de conforto de índices de conforto térmico. Vários trabalhos foram feitos no Brasil e no mundo usando diferentes métodos. A principal dificuldade parece ser a definição dos limites das faixas, considerando que em todo o espectro de valores do índice podem haver indivíduos que se sintam confortáveis ou desconfortáveis, visto que as variáveis climáticas são importantes parâmetros para o conforto, mas as variáveis pessoais também tem forte influência.

Alguns métodos estatísticos presentes na literatura são: regressão linear múltipla (Givoni et al, 2003) (Metje et al, 2008) (Kruguer e Rossi, 2011) (Gobo, 2018) (Sousa, 2018), regressão ordinal (Ribeiro, 2019), regressão logística ordinal (Hirashima et al, 2015) (Sousa, 2018), regressão probit (Petalas, 2015), modelo de regressão logístico e função discriminante linear (Rossi, et al, 2013), método de Griffiths (Souza, 2022), modelagem multivariada (Panet, 2018), regressão linear com variação discreta de 1º no índice (Alcantara, Kruger e Grala, 2021).

Outros trabalhos que apresentam novas faixas de conforto o fazem sem especificar detalhadamente o método que utilizaram, o que nos leva a crer que foi feita uma correlação simples. Em casos como o de Santos (2011) o fato do Índice de Desconforto de Thom ter em suas classes de análise mais utilizadas os parâmetros de “mais de cinquenta por cento de pessoas sentem desconforto” pode ter sido o parâmetro utilizado pelo autor para a definição de suas faixas.

Neste trabalho optamos por definir faixas de conforto para os índices de modo semelhante ao que Rossi, Kruguer e Brode (2012) fizeram para o UTCI em Curitiba: segregando votos de sensação térmica (neste trabalho optamos por usar os votos de conforto) por valores dos índices de conforto e definindo o intervalo nessa escala de valores onde a porcentagens de pessoas em conforto é consideravelmente alta.

De certo modo também semelhante ao método iterativo que Monteiro (2008) usou para definição de novas faixas, ele o fez “variando-se os limites das faixas interpretativas dos índices, maximizando-se a correlação entre os valores fornecidos por esses e os valores das respostas subjetivas de sensação térmica”. Ou seja, definiu as suas faixas tendo como parâmetro uma melhoria na correlação entre sensação térmica e as faixas de conforto/desconforto dos índices e provou seu argumento ao comparar a porcentagem de casos com associação direta da sensação térmica com a referida classe. Em outras palavras, ele usou um critério interpretativo, e o provou auxiliado pelo cálculo das correlações e melhoria nas porcentagens de associação entre a classe e a sensação dentro do índice.

Assim, optamos por uma metodologia semelhante: propor, pela simples interpretação dos dados segregados segundo o voto de conforto dos aclimatados, faixas de conforto e desconforto para cada um dos índices e, só depois, verificar/provar estatisticamente a vantagem da adequação de cada faixa proposta de cada índice em relação às faixas referenciais dos mesmos. O fizemos primeiramente por buscar o método mais simples estatisticamente para a realização das adequações de faixas e, assim, oferecer uma opção mais simples para outros pesquisadores que tenham menor domínio de métodos estatísticos e ainda assim precisem adequar faixas de índices para avaliar conforto térmico humano.

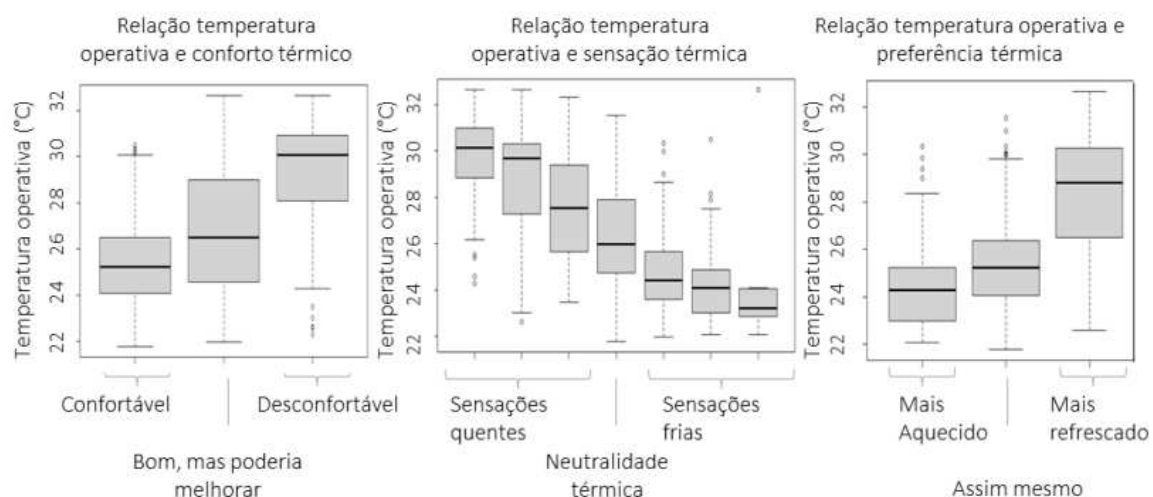
Essa opção também foi tomada tendo em vista que, ao adotar métodos estatísticos diversos e optar por uma correlação muito alta entre os valores dos índices e os votos de conforto/sensação térmica, algumas pesquisas chegaram a intervalos nas faixas de interpretação que se sobrepõe, o que não auxilia em nada na interpretação (e futura utilização) das faixas adaptadas.

Para auxiliar a interpretação dos dados e a visualização da distribuição dos votos de conforto em cada índice e, assim, auxiliar na escolha indutiva da definição das faixas, os 600 dados foram segregados nas cinco classes de votos de conforto (muito confortável, confortável, nem confortável e nem desconfortável, desconfortável e muito desconfortável) e foram gerados boxplots para cada índice no *software* Excel.

A escolha por esse tipo de representação deu-se pela observação feita no trabalho de Souza (2022) que adaptou faixas interpretativas para a Temperatura Operativa em Campina Grande-PB. A autora segregou os dados de percepção de conforto em boxplots (fig. 26) e

uma clara visualização de faixas de adequação foi perceptível; é interessante citar que ao fim de sua análise estatística pelo método de Griffiths a mesma temperatura operativa média de conforto (26°) passível de ser percebida nos boxplots foi alcançada³⁷.

Figura 26: Percepção de Conforto, sensação e preferência térmica de amostra populacional de Campina Grande segregada em boxplots pela temperatura operativa.



Fonte: Souza (2022).

Os gráficos do tipo boxplots apresentam um tratamento estatístico bastante simples dos dados, os apresentando em quatro quartis, com o centro da amostra (50% dos dados) destacado³⁸. É importante citar que esse tipo de gráfico elimina da disposição apresentada outliers extremos (embora os apresente como pontos no gráfico)³⁹.

Optamos por estabelecer duas faixas interpretativas fechadas para cada índice, a saber: confortável e desconfortável; e abaixo e acima destas faixas, duas faixas interpretativas abertas: parcialmente confortável (abaixo do limite inferior do conforto) e

³⁷ Na conclusão do trabalho de Souza (2022) a mesma expõe que 75% dos votos confortáveis foram de pessoas submetidas a temperaturas de 22°C até 26°C, enquanto 75% dos votos desconfortáveis ocorreram em temperaturas superiores a 28°C. Valores já visualizáveis na representação dos dados da temperatura operativa segregados por conforto no boxplot.

³⁸ É possível visualizar a mediana de cada intervalo de dados usado para gerar o boxplot como uma linha de destaque no mesmo, a média dos dados é apresentada como um pequeno “x” no gráfico.

³⁹ Qualquer valor que seja mais de 1,5 vezes o IQR acima ou abaixo da caixa é considerado um outlier. O IQR é a diferença entre os percentis 25% e 75% dos dados.

muito desconfortável (acima do limite superior do desconforto). Com os gráficos de boxplots prontos os limites das faixas de conforto foram definidos a partir dos seguintes parâmetros:

- a) O terceiro quartil do boxplot da percepção de conforto “confortável” é o limite superior para a faixa de conforto térmico. Daí em diante inicia-se o desconforto.
- b) O terceiro quartil do boxplot da percepção de conforto “muito desconfortável” é o limite superior para o desconforto. Daí em diante inicia-se a faixa muito desconfortável.

Para uma melhor avaliação estatística posterior da faixa denominada de “conforto térmico” um limite inferior para a mesma precisaria ser definido, contudo, em nossa pesquisa, não foram relatadas situações de desconforto térmico para o frio. Sendo assim optamos por segregar para análise os dados de “sensação térmica de frio”⁴⁰, que foram 87 dados na amostra - e organizá-los em boxplots a partir dos valores já calculados para cada índice de conforto. A partir destes dados estabelecemos:

- c) o limite inferior do conforto térmico no primeiro quartil do boxplot de sensação de frio.

Fundamental explicar que os valores, quando quebrados, foram arredondados para o grau cheio, ou meio grau, a fim de gerar faixas mais fáceis de serem utilizadas.

É importante deixar claro que um grande número de trabalhos, a exemplo de Monteiro (2008), Rossi, Kruguer e Brode (2012) e Gobo (2018), estabeleceram faixas de conforto de acordo com as sensações térmicas, e aqui fizemos a opção de usar como parâmetro a percepção de conforto térmico; o fizemos por compreender que para uma população aclimatada ao calor, como a do semiárido, a correlação entre sensação térmica de calor e desconforto por calor poderia ser mais difícil de ser visualizada.

Outro fator importante de ser esclarecido é que assim como Monteiro (2008) e Petalas (2015) não estabelecemos as faixas a partir das mesmas faixas/nomenclaturas dos índices originais, mas seguimos um parâmetro mais geral, idêntico para todos os índices elegidos para este trabalho e semelhante às opções de respostas de percepção de conforto.

⁴⁰ Respostas à pergunta nove do questionário com as opções: levemente fresco, fresco, frio ou muito frio.

A visualização dos limites das faixas ficará mais clara no tópico 5.3 deste trabalho quando as mesmas serão apresentadas, mas antes apresentaremos uma exploração dos dados categóricos das variáveis climáticas da amostra e a aplicação dos índices de conforto eleitos para esta análise com as faixas interpretativas originais (ou mais comuns na literatura).

5 RESULTADOS

A organização dos resultados desta pesquisa foi dividida da seguinte forma: em um primeiro momento serão expostos os dados das variáveis climáticas encontradas em campo, com o objetivo de oferecer um quadro ilustrativo das condições climáticas a que estavam submetidos os sujeitos cujas percepções de conforto térmico serviram como parâmetro para a adequação de faixas dos índices de conforto que se constitui no objetivo geral desse trabalho.

Em um segundo momento apresentaremos os resultados dos índices de conforto térmico eleitos para essa análise e calculados a partir das variáveis climáticas já expostas. Neste momento eles serão analisados de acordo com as faixas interpretativas apresentadas na metodologia deste trabalho (tópico 4.4).

Em seguida apresentaremos as faixas interpretativas adaptadas dos cinco índices de conforto eleitos para essa análise e definidas a partir da percepção de conforto térmico dos aclimatados ao semiárido. Neste tópico faremos a comparação da adequação dessas faixas em relação às referenciais de cada índice a fim validar as faixas sugeridas.

Por fim, a fim de oferecer um produto simples, ilustrativo e didático da relação das variáveis climáticas com a percepção de conforto de aclimatados ao semiárido, será apresentado o DICTHUS: Diagrama de Conforto Térmico Humano do Semiárido.

5.1 Exploração dos dados das variáveis climáticas

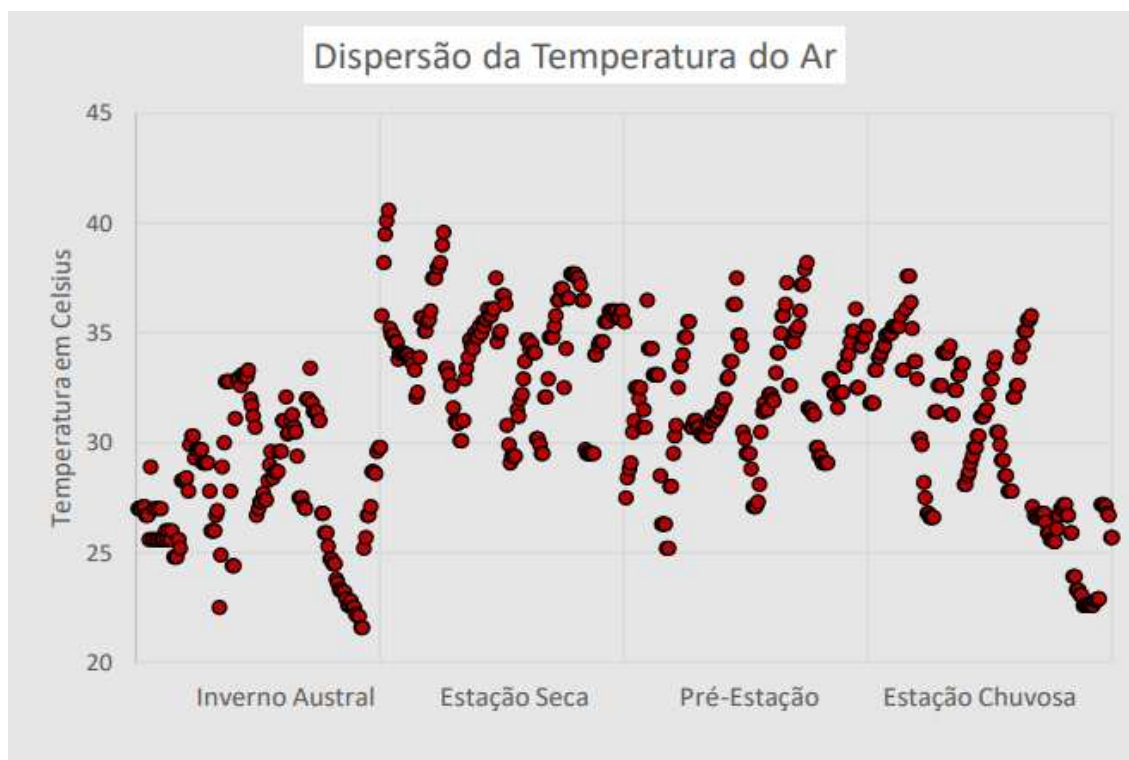
As variáveis climáticas aqui descritas e expostas, assim como os dados totais de percepção climática, estão inseridas em sua integralidade em tabelas que tem domínio público e acesso livre⁴¹. O que faremos neste tópico é ilustrá-las e explaná-las a fim de que se tenha uma visão geral das condições climáticas a que estavam submetidos os sujeitos dessa pesquisa, aclimatados ao semiárido, quando responderam a questões referentes à sua percepção de conforto térmico e sensação térmica.

⁴¹ Através do link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1Vp3f20UDPBpGngBjDt14cLnvFmWJ9XcS?usp=sharing>

A variável climática mais importante ao se analisar o conforto térmico é, certamente, a temperatura, e no semiárido não poderia ser diferente. Em nossa pesquisa de campo encontramos condições de temperatura do ar que variaram sazonalmente e diurnamente, conforme observamos no gráfico abaixo.

Gráfico 6: Dispersão sazonal da temperatura do ar na totalidade dos campos.



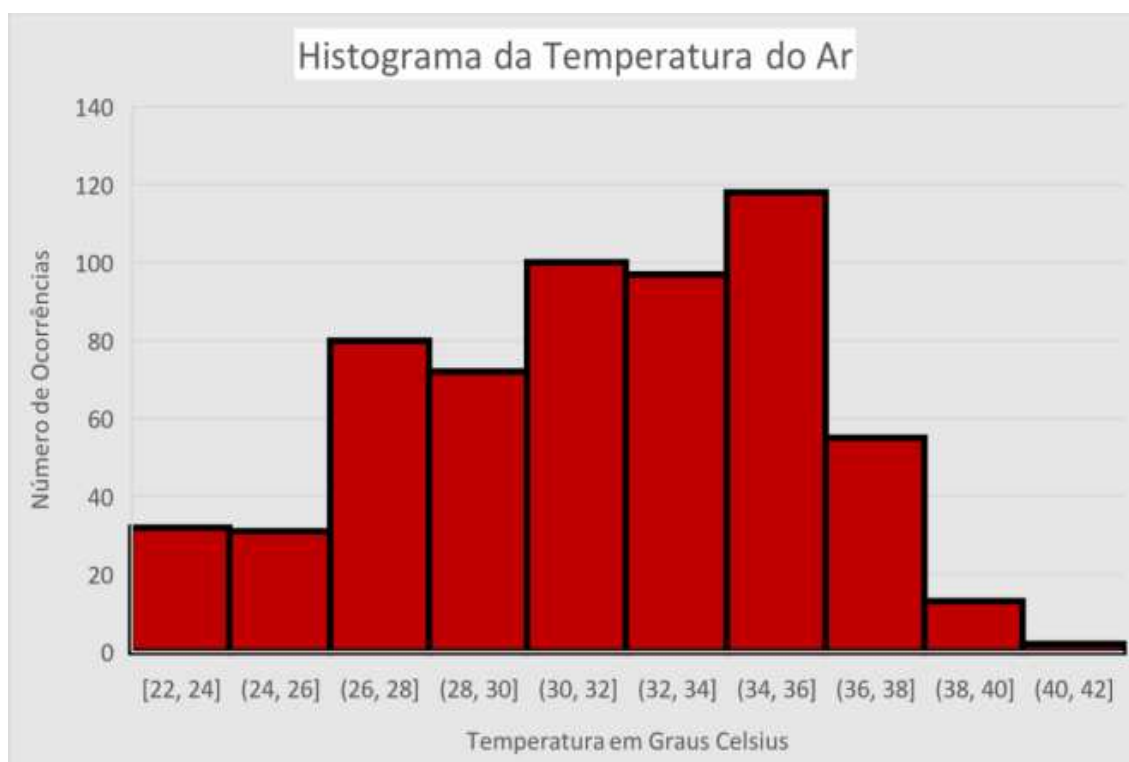
Fonte: Elaborado pela autora

Quanto aos valores de temperatura encontrados, especial destaque deve ser dado à estação seca, onde as condições de temperatura máxima diurna alcançaram os 40°C e o resfriamento noturno não ocorre com grande magnitude, tendo os menores dados noturnos valores próximos a 30°C. Tais valores não se mantêm durante toda a noite, mas ocorre um retardamento do resfriamento noturno, o que prejudica o conforto térmico.

Outra questão interessante a ser observada nos dados de temperatura são as diferenças sazonais bem visíveis, com os dados de temperatura noturnos bem mais frescos na estação chuvosa e no inverno austral e neste último mesmo os dados de temperatura diurna mais amenos que nos demais períodos do ano.

O semiárido é sabidamente um ambiente quente, mas é interessante observar que as temperaturas não chegam com grande frequência a valores acima dos 36°C. Na amostra desta pesquisa, por exemplo, a maior frequência de valores é o intervalo de 34 a 36°C (como pode ser visto no gráfico abaixo), mas os intervalos imediatamente inferiores (de 26 a 34°C) são todos superiores em número de ocorrências ao intervalo de 36 a 38°C. Esse retrato, tem pouca influência das mensurações não terem sido facilmente realizadas entre 12:30 e 14h, tendo em vista que os horários mais quentes do dia, na região, tendem a ser de 14h às 15h. O que ocorre, de fato, é que os valores de temperatura máxima no semiárido não são tão elásticos quanto em outras áreas do país chegando em boa parte dos municípios a 35°C em média no mês mais quente, e em áreas mais altas apresentando valores menores.

Gráfico 7: Valores de temperatura do ar segregados em intervalos.⁴²

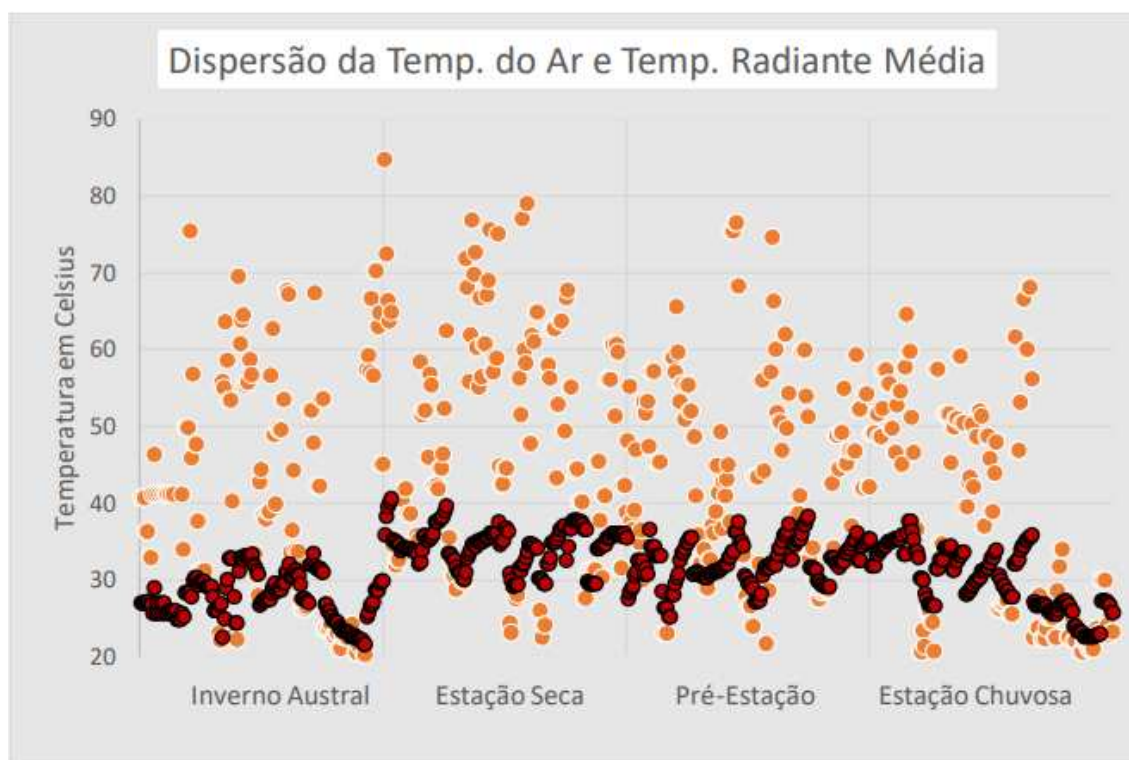


Fonte: elaborado pela autora.

⁴² No eixo horizontal – intervalo de temperatura em graus Celsius com valores máximo e mínimo do intervalo separados por vírgula.

Sabe-se que os valores semelhantes de temperatura do ar podem gerar condições de conforto bem distintas a depender da interação com outras variáveis climáticas. No semiárido uma variável de extrema importância e constantemente negligenciada nos estudos de conforto térmico é a radiação, mensurada neste trabalho em valores de temperatura radiante média e apresentada junto à temperatura do ar, para auxiliar a comparação de variabilidade (gráfico 8). Percebe-se um menor fator de sazonalidade na dispersão de valores da variável, se comparado à temperatura do ar, o que já era esperado tendo em vista a posição latitudinal da área em estudo.

Gráfico 8: Valores de temperatura do ar (em vermelho) e temperatura média radiante (em laranja) dispersos sazonalmente.



Fonte: elaborado pela autora.

Dos cinco índices escolhidos para a análise e adequação de faixas de conforto feita neste trabalho apenas o UTCI usa dados de radiação em seu cálculo e este não foi um dos índices eleitos por sua frequente utilização em trabalhos científicos na região.

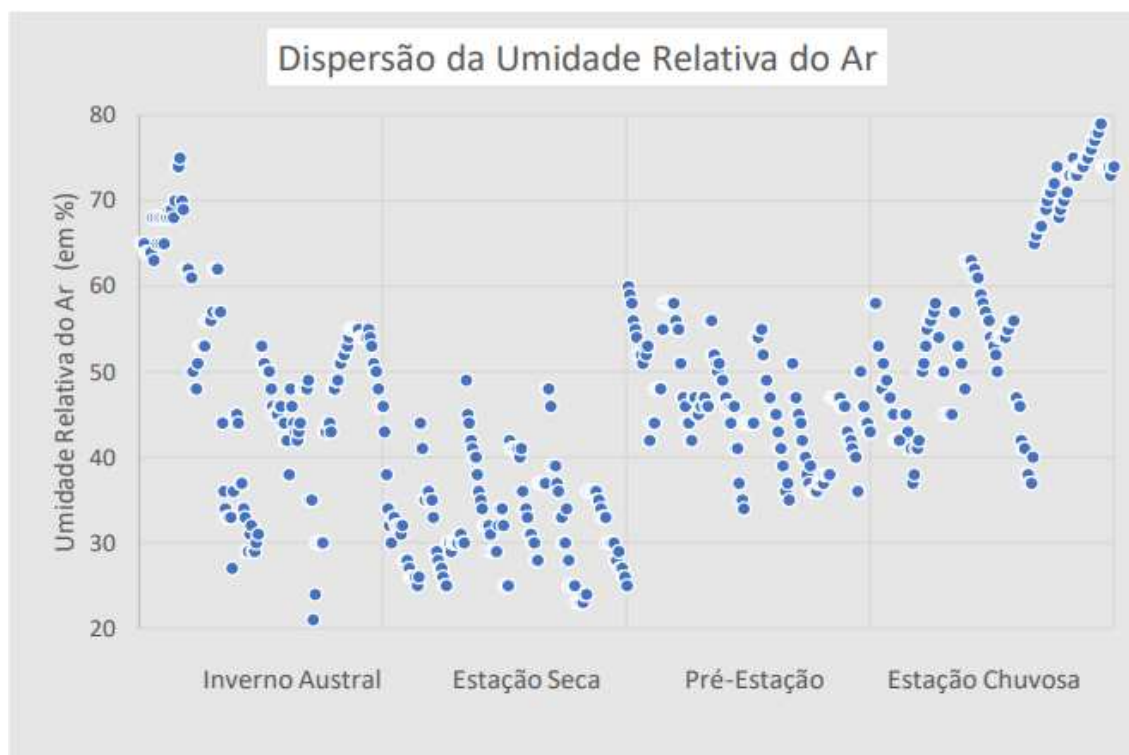
A observação de valores bastante altos de TRM (acima de 60°C em todos os períodos do ano e superando os 80°C na estação seca) deixa claro que este é um fator extremamente relevante pra as análises de conforto na região. Ainda que culturalmente a exposição direta ao sol seja evitada nos momentos de pico de radiação durante o dia, essa é uma adaptação que tem sido cada vez mais negligenciada nos meios urbanos, onde as imposições do capitalismo e do mundo do trabalho se fazem sem respeitar hábitos culturais que vem auxiliando as populações tradicionais em seu cotidiano a milênios.

Outro fator bastante relevante a se considerar é que as medições das variáveis climáticas ocorreram apenas de forma concomitante com a realização das entrevistas, ou seja, poucas medições foram feitas entre meio dia e quatorze horas, o que faz com os valores de TRM ainda maiores pudessem ter sido observados com facilidade.

A segunda variável climática em grau de importância na definição de conforto térmico na literatura é certamente a umidade relativa do ar. No semiárido esse fator é relevante em especial em duas situações bastante diferentes: na estação seca, quando os valores observados são tão baixos que induzem ao desconforto independente da temperatura e na pré-estação e estação chuvosa, quando os valores de umidade por vezes se elevam sem haver um rápido declínio da temperatura e condições de altas temperaturas e umidade relativa podem desencadear situações de forte desconforto em curtos períodos de tempo, mesmo em períodos do ano comumente considerados menos desconfortáveis.

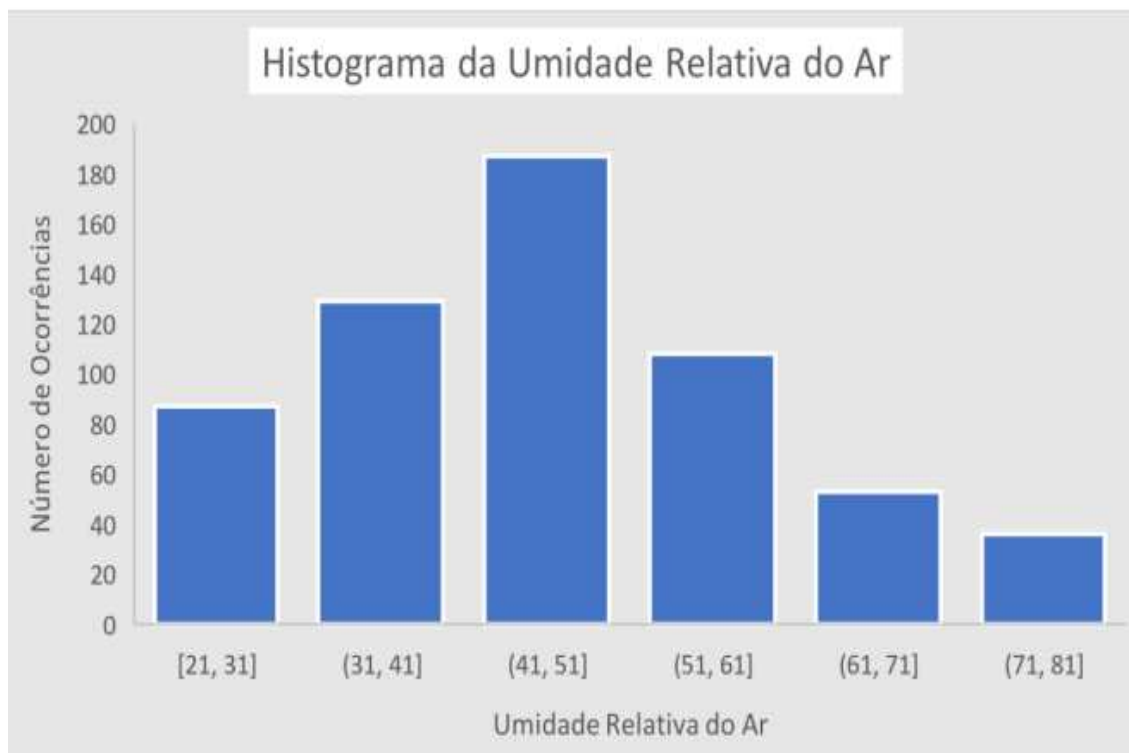
Nossas mensurações em campo obtiveram valores de umidade relativa (gráfico 10) marcadamente sazonais, com valores abaixo de 50% em todas as medições durante a estação seca e nunca chegando a níveis de atenção (abaixo de 30 por cento) na pré-estação e na estação chuvosa.

Gráfico 9: Dispersão sazonal da totalidade de valores de umidade relativa do ar



Fonte: elaborado pela autora.

Observa-se, no entanto, que a baixa umidade é frequente na região, com valores abaixo de 50% sendo bem mais comuns em nossa amostra que os superiores a esse valor (gráfico 10) o que já era esperado, considerando-se uma região interiorana, sem grandes reservas hídricas a perder por evapotranspiração durante boa parte do ano. Há que se observar que os valores de baixa umidade quase nunca alcançam os níveis de emergência (abaixo de 12%) como em outras regiões do país. Em nossa pesquisa não foram observados valores abaixo de 20%, ou seja, os valores ficaram no nível de atenção, cujas recomendações da OMS (fig. 27) são bastante semelhantes as já comumente observadas pelas populações tradicionais do semiárido em seu dia-a-dia.

Gráfico 10: Valores de umidade relativa do ar segregados em intervalos.⁴³

Fonte: elaborada pela autora.

Figura 27: Níveis de Risco de Umidade Relativa do ar.

Níveis de riscos da umidade relativa do ar.	
60% de UR – Considerável o mínimo saudável pela OMS Até 30% UR – Não recomendado à saúde humana	
30% a 21% UR – Recomenda-se evitar exercícios ao ar livre entre 11h e 15h, umidificar o ambiente, sempre que possível ficar em ambientes protegidos do sol, ingerir bastante água.	
20% a 12% UR – Além das recomendações anteriores, devem-se evitar exercícios ao ar livre das 10h às 16h e aglomerações em ambientes fechados.	
Menos de 12% UR – Devem-se tomar todas as medidas anteriores, com ênfase na interrupção de qualquer atividade ao ar livre entre às 10h e 16h e suspensão de aglomerações em locais fechados.	

Fonte: OMS, organizado por Oliveira e Saraiva, 2019.

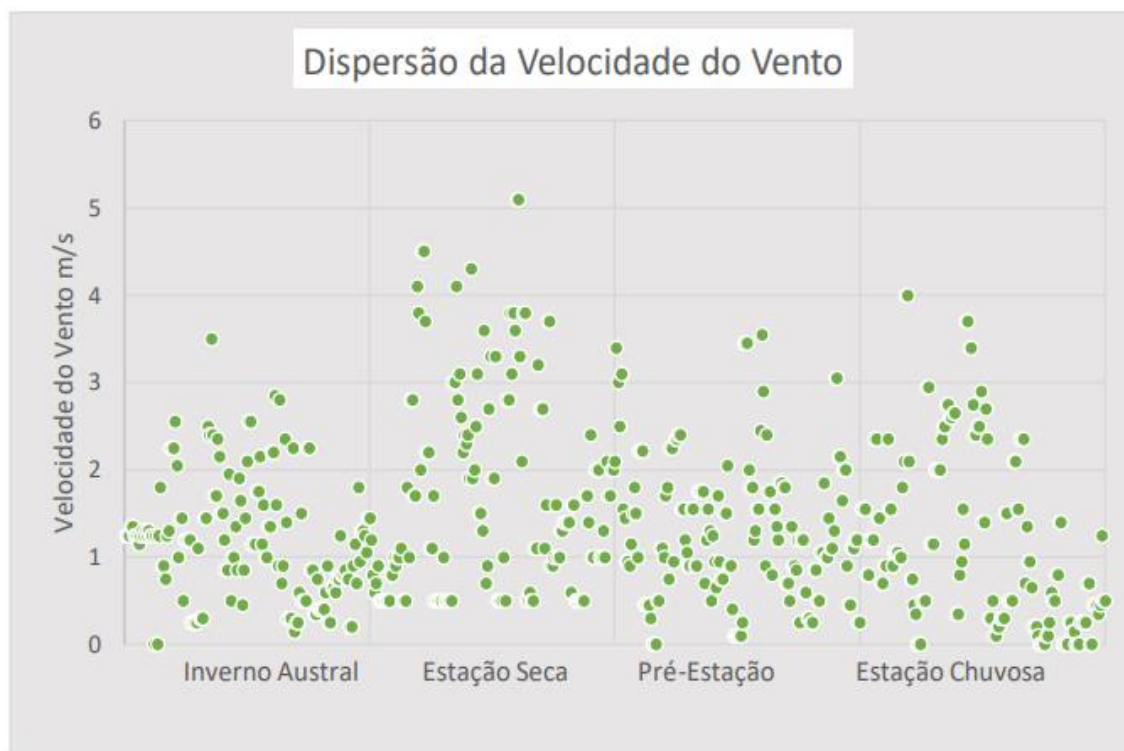
⁴³ No eixo horizontal – intervalo de UR em porcentagem, com valores máximo e mínimo do intervalo separado por vírgula.

Considerando de forma conjunta os valores de altas temperaturas durante todo o ano, a umidade relativa do ar comumente baixa é fator indutor de melhoria no conforto térmico, tendo em vista a baixa umidade (dentro de certos limites e com um indivíduo bem hidratado) auxiliar o arrefecimento do corpo pela transpiração. Tal conjuntura, contudo, é limitada a condições de salubridade associadas à própria baixa umidade, que, quando inferior a 30 por cento, condição encontrada em aproximadamente 15% de nossa amostra, demanda atenção e pode causar desconforto pela desidratação das mucosas e da pele.

A última variável climática a ser ainda apresentada é a velocidade do vento. A mesma foi dispersa sazonalmente no gráfico abaixo (gráfico 12). Nele pode-se observar uma amplitude maior nos valores na estação seca, o que já era esperado. Assim como uma concentração de valores abaixo de 2m/s em todas as estações, o que também já era esperado, visto a região interiorana do semiárido não apresentar importantes condições regionais indutoras de vento.⁴⁴

⁴⁴ Na escala local, contudo, algumas regiões do semiárido são reconhecidamente receptoras de ventos fortes e constantes durante boa parte do ano. Essas áreas estão comumente em fronts de relevo que são beneficiados por diferenças térmicas e barométricas que os fazem, inclusive, disputadas pelas usinas de geração de energia eólica. Próxima à área eleita para essa pesquisa, o front da Ibiapaba, é uma dessas regiões.

Gráfico 11: Dispersão sazonal da velocidade do vento.



Fonte: Elaborado pela autora.

Mesmo que de modo geral o fator vento seja considerado indutor de melhoria do conforto térmico em condições de altas temperaturas, é importante ter em mente que esse possível arrefecimento tem limites bem estabelecidos. O primeiro diz respeito à temperatura do ar, que quando superior a 35°C, faz do vento fator de aquecimento da temperatura de superfície da pele, ao invés de arrefecimento. E o segundo diz respeito à baixa umidade, que, quando associada a ventos fortes, auxilia na desidratação mais rápida da pele e das mucosas, o que ao invés de auxiliar no conforto, é fator indutor de desconforto.

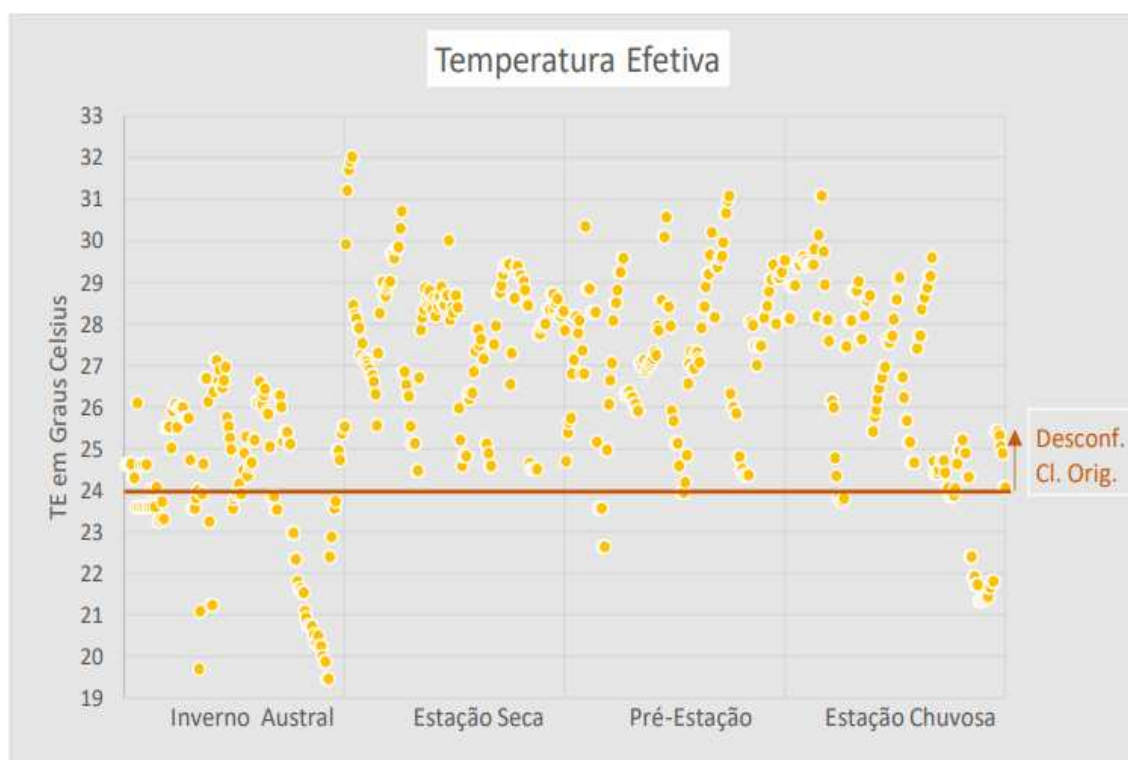
Como podemos observar as variáveis climáticas não são facilmente analisadas de forma isolada para verificação do conforto térmico, tendo em vista suas múltiplas relações intrínsecas. Para isto existem os índices de conforto térmico, idealizados exatamente para analisar essas variáveis de forma conjunta. Nos deteremos no próximo tópico na exposição dessas variáveis aplicadas aos índices eleitos para análise e adequação nesta pesquisa.

5.2 Aplicação e análise prévia dos índices de conforto térmico

Os índices de conforto térmico eleitos para análise nesta pesquisa foram calculados de acordo com a mensuração das variáveis climáticas feita no momento de cada entrevista de percepção de conforto. Os dados numéricos dos 600 casos de cada índice foram então dispersos em gráficos a fim de observarmos a distribuição sazonal dos mesmos. Para uma visualização rápida da(s) classe(s) de conforto do índice linhas foram inseridas nos gráficos para indicá-las.

Iniciemos a nossa análise com os índices que não possuem nenhuma adaptação de faixas de conforto a serem analisadas, apenas as originais/mais usuais já apresentadas no tópico 4.4 deste trabalho: temperatura efetiva (gráfico 12) e índice de temperatura e umidade.

Gráfico 12: Temperatura Efetiva calculada para toda a amostra e dispersa sazonalmente.



Fonte: elaborado pela autora.

Como vemos no gráfico anterior, segundo o índice TE, grande parte das entrevistas foram realizadas em momentos de desconforto térmico, visto estarem acima do limite de

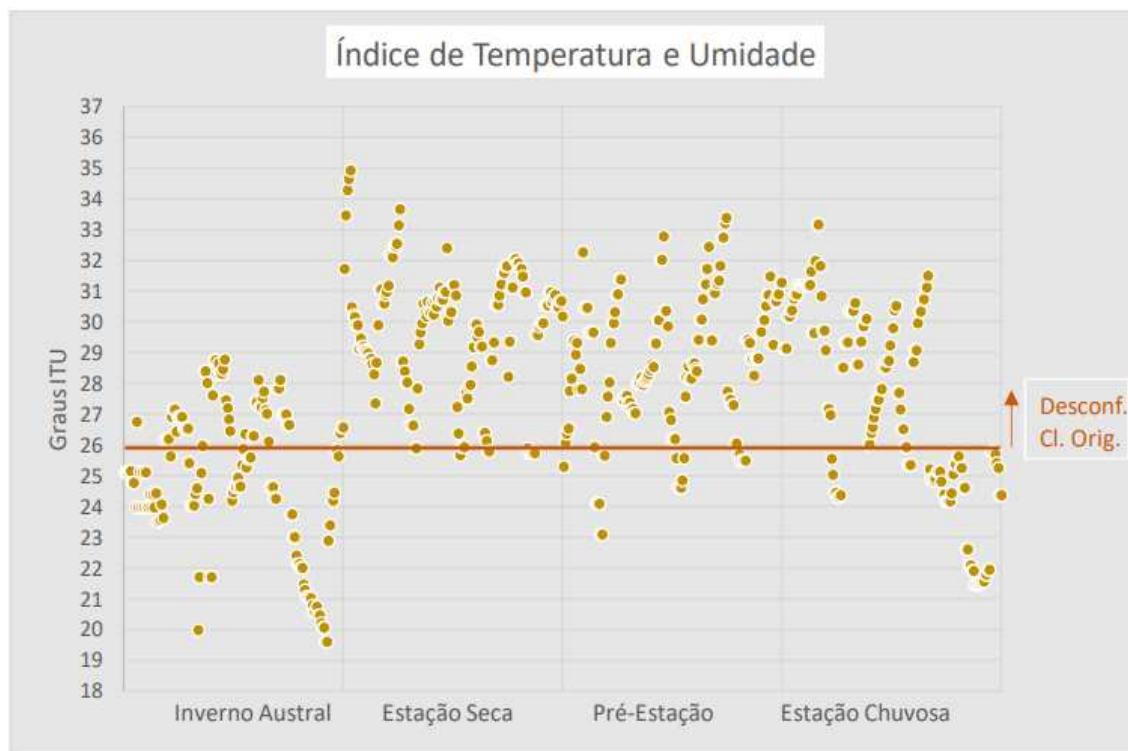
início do desconforto (na classificação original denominado moderadamente quente) para este índice, que é 24°. As exceções ficam para momentos mais frescos no inverno austral e aferições noturnas na pré-estação e estação chuvosa. Destaque especial deve ser dado a condição de total desconforto térmico na estação seca, nem um único caso enquadrado como confortável.

Segundo a faixa interpretativa original deste índice um sexto da amostra foi considerado confortável. Um quadro comparativo do número de casos em cada faixa e a porcentagem em relação ao todo será apresentado no tópico de adequação deste índice (a saber, 5.3.3), mas visualmente já se percebe uma inadequação no uso do mesmo para a amostra tendo em vista grande parte dos dados serem configurados em situações de desconforto.

Essa condição, longe de ser uma raridade, é comum em estudos de conforto térmico no semiárido e na região nordeste de forma geral. Isto (a inadequação de faixas de conforto em relação às amostras analisadas), inclusive, tem feito com que muitos trabalhos, conforme Gomes e Zanella (2023a), não utilizem índices de conforto e optem por analisar apenas as componentes climáticas, de modo segregado, em especial a temperatura. Tal opção é falha, tendo em vista a análise das componentes climáticas de forma segregada ser insuficiente para análises de conforto térmico ideais, tendo em vista as variáveis climáticas terem múltiplas influências entre si, que só podem ser melhor compreendidas através dos índices, que já congregam as variáveis em seus cálculos.

Condição bastante semelhante, de ampla designação da amostra como desconfortável, é encontrada ao se aplicar o índice ITU (gráfico 13). Apesar de apresentar condições de conforto noturnas em todas as estações, o que sugeriria uma melhor adequação do que a temperatura efetiva, a faixa de desconforto deste índice ainda é baixa, tendo uma designação de “leve desconforto” em 24°C e de “extremo desconforto” a partir de 26°C.

Gráfico 13: Índice de Temperatura e Umidade calculado para toda a amostra e disperso sazonalmente.



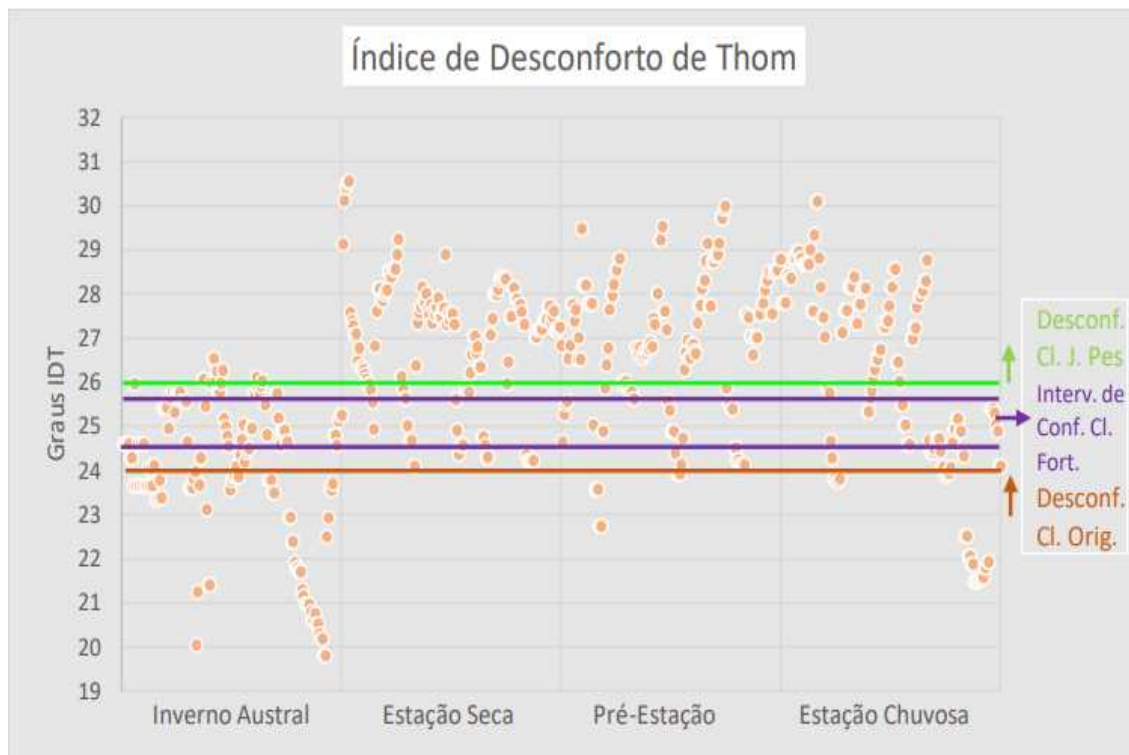
Fonte: elaborado pela autora.

Isso faz com que o “extremo desconforto” deste índice seja alcançado com valores relativamente baixos e leva a que mais de dois terços da amostra sejam assim enquadrados.⁴⁵ Só esse fato já denota que as classes interpretativas do ITU estão longe de espelhar o relato dos aclimatados que é amplamente mais inclinado ao conforto e que será melhor esmiuçado no próximo tópico deste trabalho.

Observemos agora como se comportam os índices que tem faixas interpretativas que foram adequadas a populações mais próximas ao semiárido. O Índice de Desconforto de Thom (gráfico 14), se consideradas suas faixas de classificação originais, comporta-se de forma bastante semelhante à TE e ao ITU, com condições de conforto amplamente observadas apenas no inverno austral.

⁴⁵ Ver tabela comparativa no tópico 5.3.2

Gráfico 14: Índice de Desconforto de Thom calculado para toda a amostra e disperso sazonalmente.



Fonte: Elaborado pela autora.

Quando analisamos as adequações de faixas de conforto disponíveis para Fortaleza e João Pessoa observamos que em ambas o limite superior do conforto é deslocado para cima em relação à delimitação original, ou seja, para situações de maior calor e, com isso, englobariam em condições confortáveis maior representatividade da amostra.

O intervalo de conforto sugerido por Petalas (2015) para Fortaleza, no entanto, é tão estreito, que o número de casos enquadrados como confortáveis (110 casos⁴⁶) é quase tão baixo quanto o número de confortáveis segundo a classificação original (100 casos). A partir disso inferimos que, ainda que seja comumente mais adequado usar faixas adaptadas a condições climáticas mais próximas à de uma área de estudo - quando faixas dentro da mesma condição climática não existem -, nem sempre estas faixas serão mais adequadas que as originais do índice.

⁴⁶ Ver tópico 5.3.1

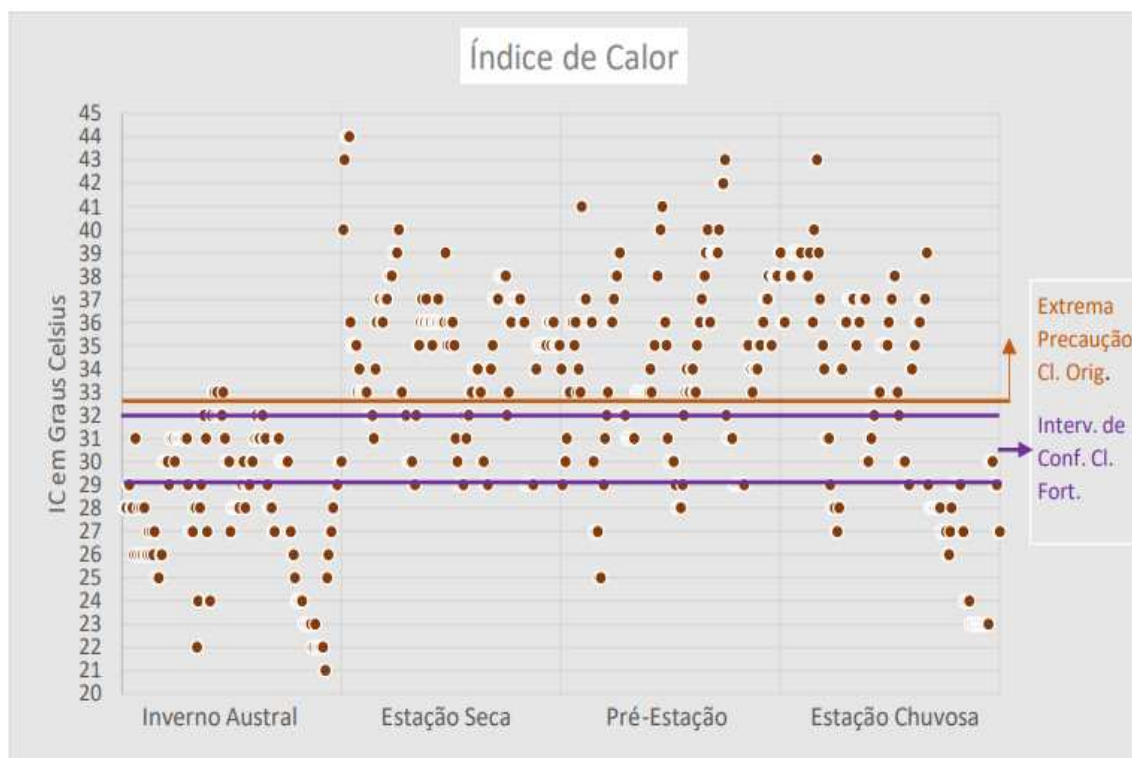
Quanto à adaptação de faixas feita por Santos (2011) para João Pessoa, quase metade da amostra foi considerada confortável, o que aproximaria a adequação da percepção de conforto dos aclimatados, contudo, a faixa de “muito desconforto” é alocada de modo que mais de um sexto da amostra é assim classificado, o que não condiz com o verificado junto aos aclimatados e demonstra que um maior ganho na adequação das faixas de conforto ainda pode ser alcançado.

Observando agora os dois índices racionais desta análise IC e UTCI observamos que a disposição dos dados nos gráficos é diferente se comparada aos três índices anteriores que tem fórmulas de cálculo muito parecidas e são dependentes apenas da temperatura do ar e umidade relativa.

Quanto ao Índice de Calor (gráfico 15) observamos que de todos os índices analisados é o que possui um limite de desconforto (aqui considerado na faixa “extrema precaução”) mais elástico em relação ao calor, e, portanto, mais adequado a percepção de conforto de aclimatados ao semiárido. Ainda assim, mais da metade da amostra (a saber 314 casos⁴⁷) ainda estão acima do limite do conforto, o que demonstra que algum ganho pode ser conseguido com uma adequação.

⁴⁷ Ver tópico 5.3.4

Gráfico 15: Índice de Calor calculado para toda a amostra e disperso sazonalmente.

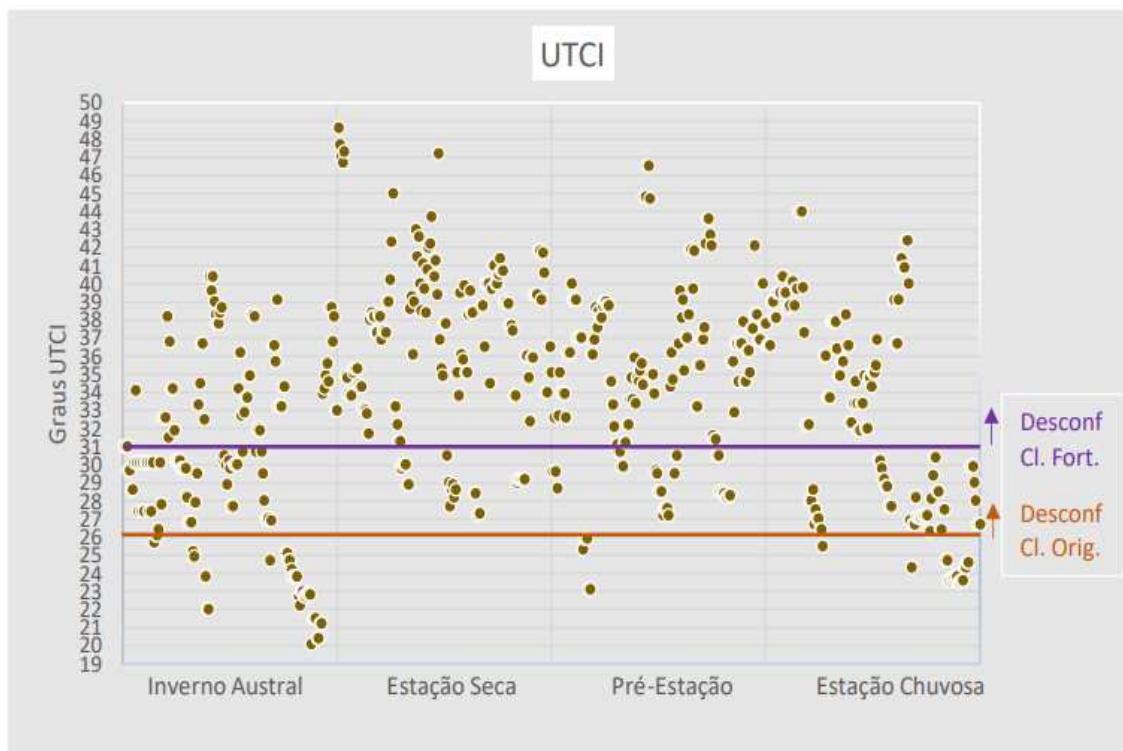


Fonte: Elaborado pela autora.

De modo semelhante ao observado no IDT a faixa de conforto definida por Petalas (2015) para esse índice é bastante estreita, englobando apenas 175 casos, ou seja, pouco mais de um quarto da amostra, o que já a desaconselharia enquanto parâmetro de análise de conforto para essa população, considerando a larga condição de conforto térmico relatada pelos aclimatados. Outro fator curioso é o fato de que 131 dados, ou seja, mais de um sexto da amostra, estão abaixo do limite inferior do conforto térmico, o que é um número bastante alto, em especial se considerarmos que apenas 87 casos de sensação térmica de frio foram relatados nesta análise.

Por fim observemos que na distribuição dos dados do UTCI (gráfico 16) a definição de limite superior de conforto de Petalas (2015) é mais adequada que a original, que se comporta de forma semelhante aos índices empíricos analisados neste trabalho (IDT, TE e ITU) com apenas o inverno austral apresentando condições um pouco maiores de conforto, associadas a situações pontuais noturnas na pré-estação e estação chuvosa, e toda a estação seca configurada como desconfortável.

Gráfico 16: Índice Climático Térmico Universal (UTCI) calculado para toda a amostra e disperso sazonalmente.



Fonte: elaborado pela autora.

Apesar de observarmos um ganho na adequação de Petalas (2015), ainda encontramos 96 dados abaixo de 27,4°, ou seja, abaixo do limite do conforto⁴⁸, o que corresponde a quase um sexto da amostra; e 378 dados acima do limite do conforto, o que corresponde a bem mais que a metade da amostra e demonstra mais uma vez que as faixas de conforto delimitadas por Petalas (2015) são estreitas para uma aplicação no ambiente semiárido.

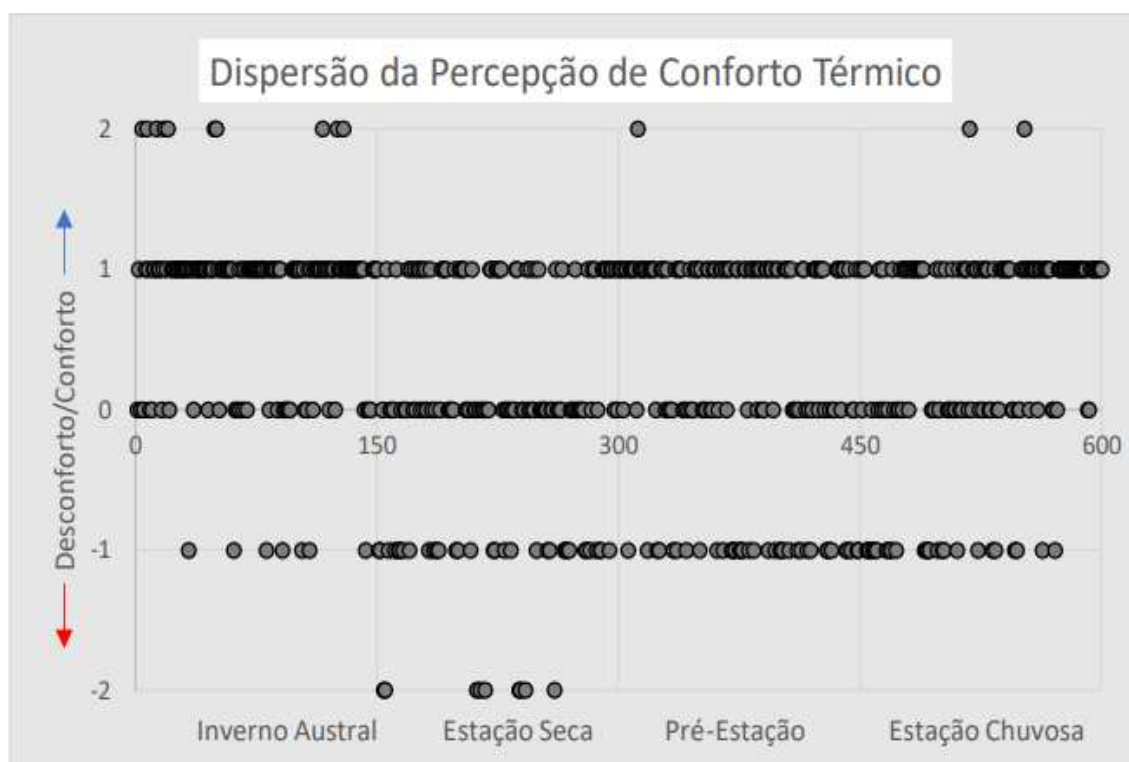
Tendo as faixas originais/usuais dos índices e as faixas adaptadas disponíveis se mostrado insuficientes ou inadequadas para a verificação de condições de conforto térmico de aclimatados ao semiárido, sugerimos novas faixas, definidas a partir da percepção de conforto dos mesmos e expostas no próximo tópico deste trabalho. Nele também exploraremos melhor a percepção de conforto térmico e sensação térmica relatados pelos aclimatados.

⁴⁸ Ver tópico 5.3.5

5.3 Estabelecimento de faixas de conforto dos índices segundo a percepção dos aclimatados

Sobre a percepção de conforto, sensação e preferência térmica dos aclimatados ao semiárido muito há a ser discutido. Fizemos a opção de não nos distanciarmos muito do objetivo geral do trabalho e, assim, realizar uma parte dessa discussão posteriormente. A visualização, contudo, da distribuição da percepção de conforto sazonal (Gráfico 17) é essencial para nossa análise.

Gráfico 17: Dispersão sazonal da percepção de conforto térmico.

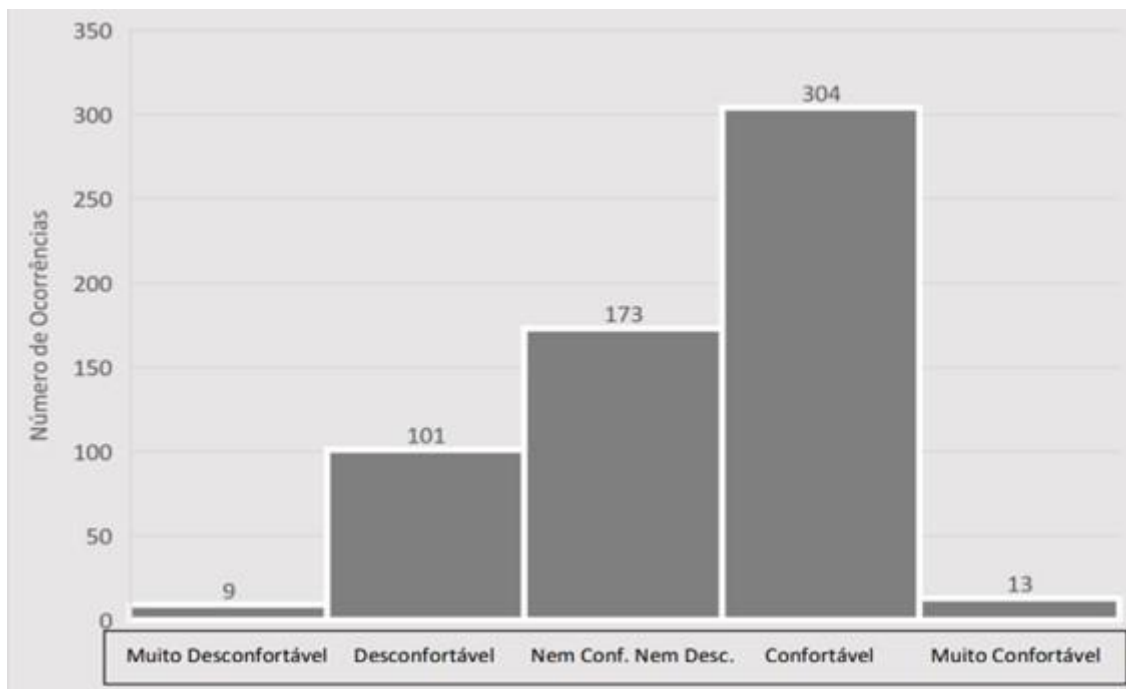


Fonte: elaborado pela autora. Na escala vertical a condição neutra é representada pelo 0, o desconforto térmico pelos valores negativos e o conforto térmico pelos valores positivos.

Como podemos observar a percepção de desconforto térmico (-1 e -2 no gráfico) é mais frequente na estação seca e pré-estação chuvosa e pouco frequente no inverno austral. Observa-se, contudo, uma ampla concentração proporcional de relatos de conforto térmico (+1 no gráfico) em todas as estações, o que é comum em estudos de percepção de conforto,

tento em vista a população ser aclimatada. Os dados categóricos de percepção de conforto podem ser visualizados abaixo.

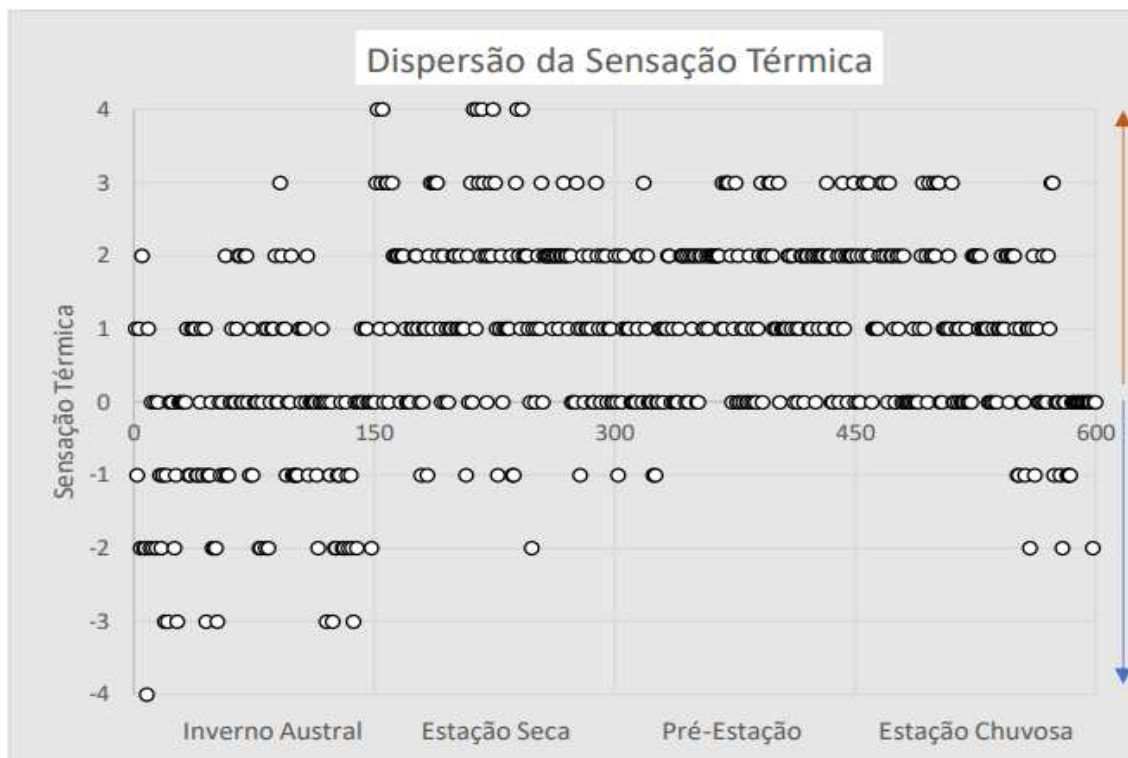
Gráfico 18: Total de dados segregados por percepção de conforto térmico.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os relatos de conforto térmico são maioria na percepção dos aclimatados, correspondendo a mais da metade dos relatos. O desconforto de maior ou menor intensidade corresponde a pouco mais de um sexto da totalidade dos casos. Especial atenção devemos dar à opção “nem confortável e nem desconfortável” que corresponde a mais de um quarto dos relatos e que se configura como uma opção neutra, comumente relatada por alguém que nem se sentia exatamente desconfortável e nem tampouco se sentia confortável o bastante pra relatar essa opção. Observemos agora como os relatos de sensação térmica se dispersam entre as estações.

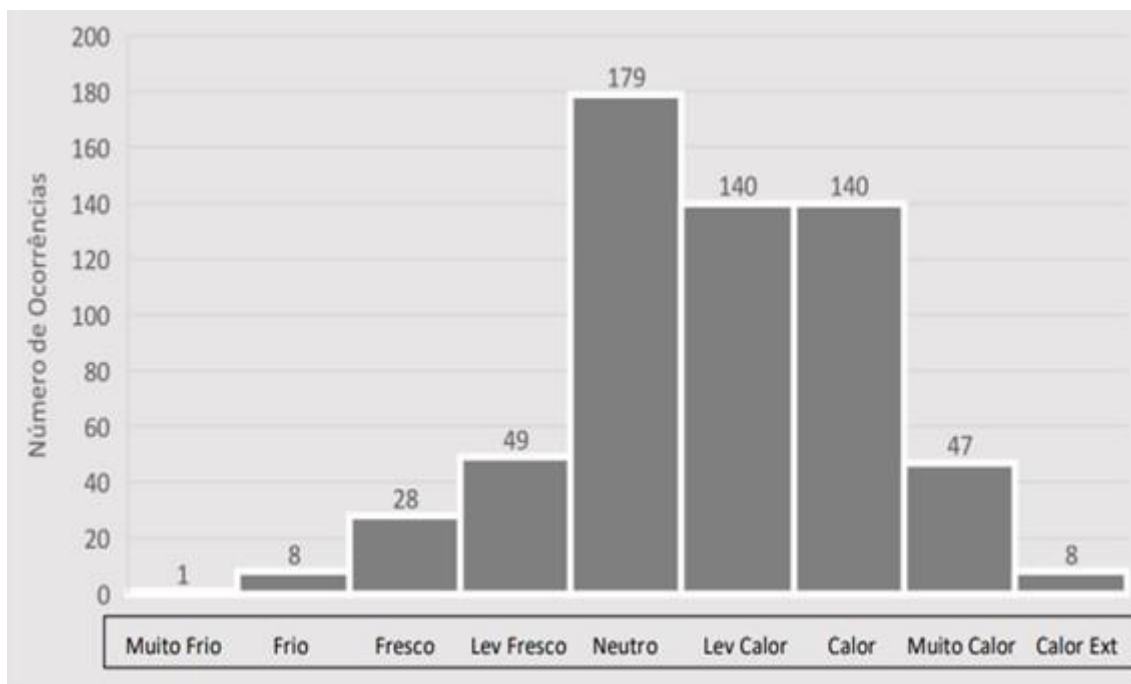
Gráfico 19: Dispersão sazonal da sensação térmica relatada pelos aclimatados.



Fonte: Elaborado pela autora. No eixo vertical a neutralidade térmica é expressa em 0. As sensações relatadas como calor são expressas em valores positivos e as de frio negativos.

Percebemos de modo imediato que os relatos de sensação térmica são mais dispersos que os de conforto, e não apenas por ter uma escala numérica maior. Observamos as sensações térmicas de frio (números negativos no gráfico acima) se concentrando no inverno austral e as sensações térmicas de calor mais intenso (+3 e +4) concentradas na estação seca. Vê-se uma prevalência de relatos neutros, embora a frequência de sensações quentes também seja bastante alta (gráfico 20). A pirâmide de sensação térmica é claramente deslocada para a direita (sensações de calor), o que já era esperado em um ambiente quente como o semiárido.

Gráfico 20: Total de dados segregados por sensação térmica.



Fonte: elaborado pela autora.

A prevalência de dados de sensação térmica quente e de conforto térmico na mesma amostra indica que os aclimatados ao semiárido sentem-se confortáveis termicamente mesmo que estejam com calor. Essa premissa, por mais óbvia que pareça é bastante importante se levarmos em consideração que na maioria dos trabalhos de adequação de índices de conforto não são os dados de conforto os utilizados para a adequação dos índices, mas os de sensação térmica.

Mesmo Petalas (2015) ao adequar índices em Fortaleza-CE, o fez tendo como base a sensação térmica, ainda que com certa flexibilidade na interpretação das sensações. As respostas de aclimatados ao semiárido encontradas nesta pesquisa mostram que em regiões quentes, com baixa amplitude térmica anual, a sensação térmica não é uma balizadora ideal da percepção de conforto, sendo necessárias outras análises.

Observemos que mesmo as situações de sensação térmica extrema não são bons balizadores do conforto: há 55 dados de forte calor (47 relatos de muito calor + 8 relatos de calor extremo) e apenas 8 relatos de forte desconforto; ou seja, mesmo sob condições de forte calor, nem sempre a percepção de desconforto é relatada na mesma medida. Existem

uma série de questões culturais que podem contribuir com uma análise mais profunda destes dados de conforto e sensação térmicos, sob as quais não nos deteremos no momento, mas que serão objetos de análises em futuros trabalhos; na presente pesquisa nos detemos na utilização destes dados para adequação de faixas em índices de conforto.

A definição da metodologia adotada para delimitação das faixas de interpretação sugeridas para os índices a partir da percepção de conforto dos aclimatados foi estabelecida no ponto 4.5 deste trabalho. A avaliação e validação dessas faixas sugeridas levará em conta alguns fatores abaixo relacionados.

Em ambientes internos é largamente aceita uma margem de 10% de insatisfeitos em condições de conforto (ISO 7730). Para ambientes externos, contudo, as condições são mais complexas pois somente as variáveis climáticas não são suficientes para explicar a percepção térmica, tendo em vista que elas respondem apenas por cerca de 50% da avaliação subjetiva de conforto (NIKOLOPOULOU E STEEMERS, 2003).

Rossi, Kruguer e Brode, em estudo de 2012 em Curitiba-PR, definiram faixas de conforto para o índice UTCI utilizando o parâmetro de até 20 por cento de insatisfeitos para definição de conforto. Segundo ASHRAE (2004) pelo menos 80% das pessoas *não devem expressar insatisfação* para que se possa caracterizar o conforto térmico e foi essa porcentagem que visamos alcançar a partir do método que utilizamos.

É importante esclarecer que *visamos obter 80 por cento de pessoas que não afirmassem desconforto*; o que não significa *80 por cento de pessoas que se dissessem confortáveis*. Isso ocorre porque pela escala de conforto que seguimos na nossa entrevista⁴⁹ uma situação “neutra” era passível de ser afirmada: a opção “nem confortável e nem desconfortável”.

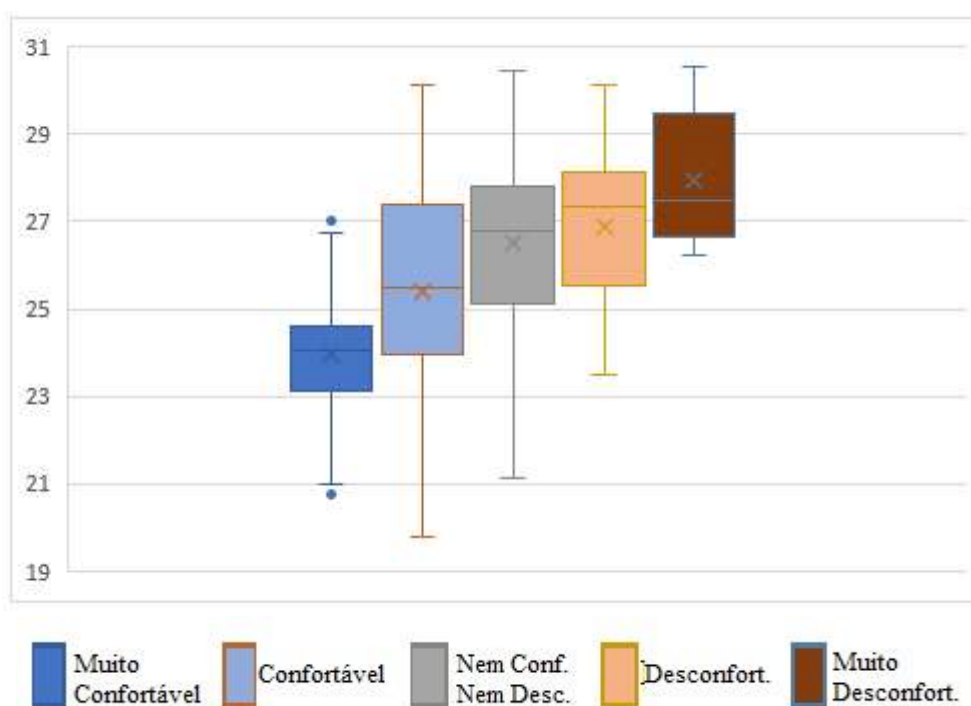
Apresentaremos, a seguir, para cada um dos índices de conforto térmico analisados nesta pesquisa as faixas de conforto adaptadas segundo a percepção de conforto dos aclimatados e uma comparação percentual dos ganhos interpretativos em utilizar estas faixas.

⁴⁹ A escala de conforto térmico que utilizamos na nossa entrevista (como já explorado no tópico 4.2 deste trabalho) tem cinco opções: muito desconfortável, desconfortável, nem confortável e nem desconfortável, confortável e muito confortável.

5.3.1 Índice de Desconforto de Thom (IDT)

Para a definição das faixas interpretativas, conforme metodologia adotada, a totalidade dos dados calculados do índice IDT foi segregada pela percepção de conforto dos aclimatados e ordenada no gráfico abaixo (gráfico 21).

Gráfico 21: Boxplot do IDT segregado por percepção de conforto.



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir disto foi estabelecido o limite superior do conforto em 27° e o limite superior do desconforto em 29°. Como já explanado na metodologia optamos por estabelecer duas faixas interpretativas fechadas para cada índice, a saber: confortável e desconfortável; e abaixo e acima destas faixas, duas faixas interpretativas abertas: parcialmente confortável (abaixo do limite inferior do conforto) e muito desconfortável (acima do limite superior do desconforto). Assim, para a definição do limite inferior do conforto os dados de sensação de frio foram ordenados em um boxplots.

Gráfico 22: Valores de IDT calculados para relato de sensação de frio.



Fonte: elaborado pela autora.

Com este ordenamento o limite inferior do conforto foi estabelecido em 21,5°. E as novas faixas interpretativas foram assim ordenadas.

Tabela 1: Faixas Interpretativas do Índice de Desconforto de Thom para o semiárido

Faixa Interpretativa	Intervalo de Valores de IDT
Parcialmente Confortável	Menor que 21,5°
Confortável	Entre 21,5° e 27°
Desconfortável	Maior que 27°, até 29°
Muito Desconfortável	Maior que 29°

Fonte: elaborada pela autora.

Com os novos limites já estabelecidos e para analisar comparativamente a adequação das faixas interpretativas do IDT que foram tomadas como referência, com as aqui sugeridas, assim como com os relatos de conforto dos aclimatados, foi ordenado o quadro abaixo com os percentuais de casos enquadrados em cada faixa interpretativa.

Quadro 12: Comparação entre faixas interpretativas do IDT e porcentagem de relatos de conforto de aclimatados ao semiárido.⁵⁰

Faixas Interpretativas ⁵¹	Faixas Originais/Usuais ⁵²	Fortaleza - Petalas ⁵³	J. Pessoa – Santos ⁵⁴	Adaptadas ao Semiárido
Abaixo do Conforto		162 casos 90% sem desconforto 74% conforto		24 casos 100% sem desconforto 100% conforto
Confortável	100 casos 93% sem desconforto 79% conforto	110 casos 89% sem desconforto 62% conforto	293 casos 89% sem desconforto 66% conforto	338 casos 87,5% <i>sem desconforto</i> 60,5% conforto
Desconfortável	480 casos 51% não relatam conforto. 21% desconforto	328 casos 61% não relatam conforto 25% desconforto	202 casos 58% não relatam conforto 21% desconforto	218 casos 61% <i>não relatam conforto.</i> 28% desconforto
Acima do Desconforto	20 casos 70% não relatam conforto 30% desconforto		105 casos 64% não relatam conforto 32% desconforto	20 casos 70% não relatam conforto 30% desconforto

Fonte: Elaborado pela autora.

Como pode ser observado as faixas sugeridas foram superiores em adequação ao relato dos aclimatados se comparado tanto com as faixas originais, como com as adaptações de faixas do índice geograficamente mais próximas da região, a saber: Fortaleza-CE e João Pessoa-PB.

⁵⁰ Nas porcentagens apresentadas os relatos de “confortável” e “muito confortável” foram somados para gerar o conforto. Os relatos de “desconfortável” e “muito desconfortável” foram somados para gerar o desconforto. Já os relatos de “nem confortável e nem desconfortável” foram somados ao conforto para gerar “sem desconforto” e somados ao desconforto para gerar “não relatam conforto”.

⁵¹ Neste gráfico, a fim de possibilitar comparações entre diferentes classificações, as faixas interpretativas foram segregadas apenas em conforto, desconforto e valores abaixo e acima destes.

⁵² Conforto abaixo de 24°. Desconforto de 24 a 29°.

⁵³ Conforto entre 24,6 e 25,8°.

⁵⁴ Conforto abaixo de 26°. Desconforto entre 26 e 28°.

O principal ganho em relação às faixas originais pode ser observado na faixa de desconforto mais acurada, com um número menor de casos e uma porcentagem maior de pessoas relatando desconforto, assim como não relatando conforto.

Ganho semelhante ao verificado quando comparado às faixas para João Pessoa, quando o limite do desconforto mais alto na faixa sugerida possibilitou um ganho percentual de casos não relatando conforto, assim como relatando desconforto. Gerou ainda um número de casos enquadrados como acima do desconforto mais discreto, que corresponde melhor ao baixo número de relatos de forte desconforto térmico verificados.

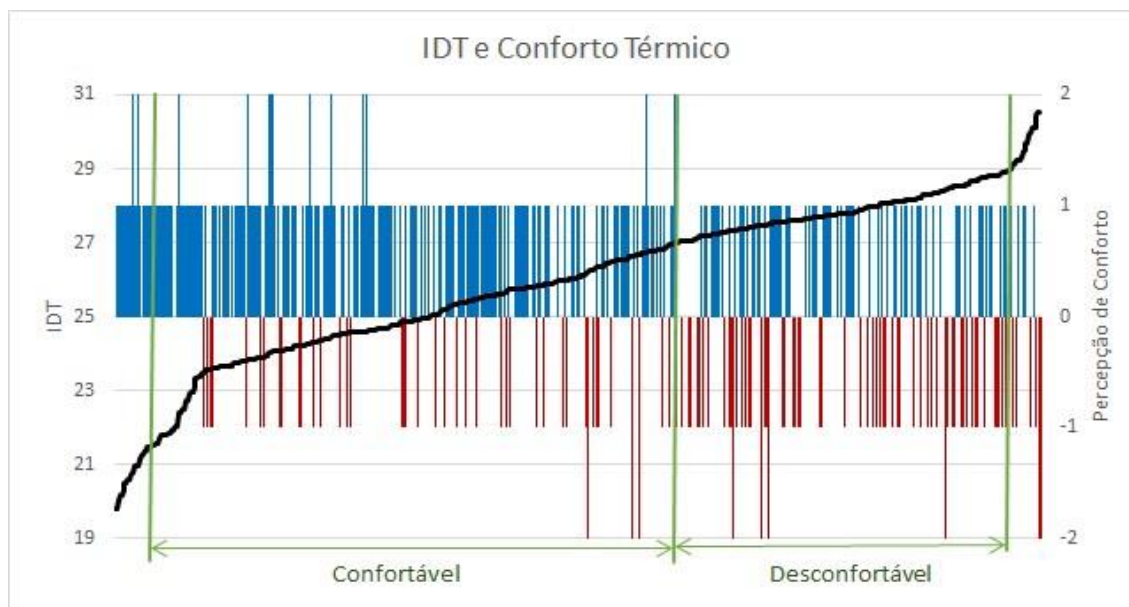
Com relação às faixas para Fortaleza os ganhos principais estão no número de casos bem mais discreto abaixo do limite do conforto, que corresponde melhor a uma amostra que não relatou nenhum caso de desconforto para o frio, embora sensações do mesmo tenham sido verificadas; além da maior porcentagem de casos relatando desconforto na faixa assim designada. Além disso, a maior parte da amostra ser enquadrada como confortável na classificação sugerida para o semiárido corresponde mais fielmente aos relatos da amostra, onde mais da metade da mesma identificou-se com essa classe de percepção de conforto térmico.

Para uma melhor visualização das faixas interpretativas aqui definidas e da correlação com os relatos de conforto térmico dos aclimatados foi gerado o gráfico abaixo. Apesar da visualização de relatos de conforto⁵⁵ ser observada em todo o intervalo de IDT calculado, o mesmo torna-se menos comum na faixa classificada como desconfortável, assim como é perceptível um aumento da frequência de relatos de desconforto⁵⁶ nesta mesma faixa.

⁵⁵ valores positivos e em azul no eixo vertical.

⁵⁶ valores negativos e em vermelho no eixo vertical.

Gráfico 23: IDT crescente, conforto térmico relatado e limites de faixas de conforto.

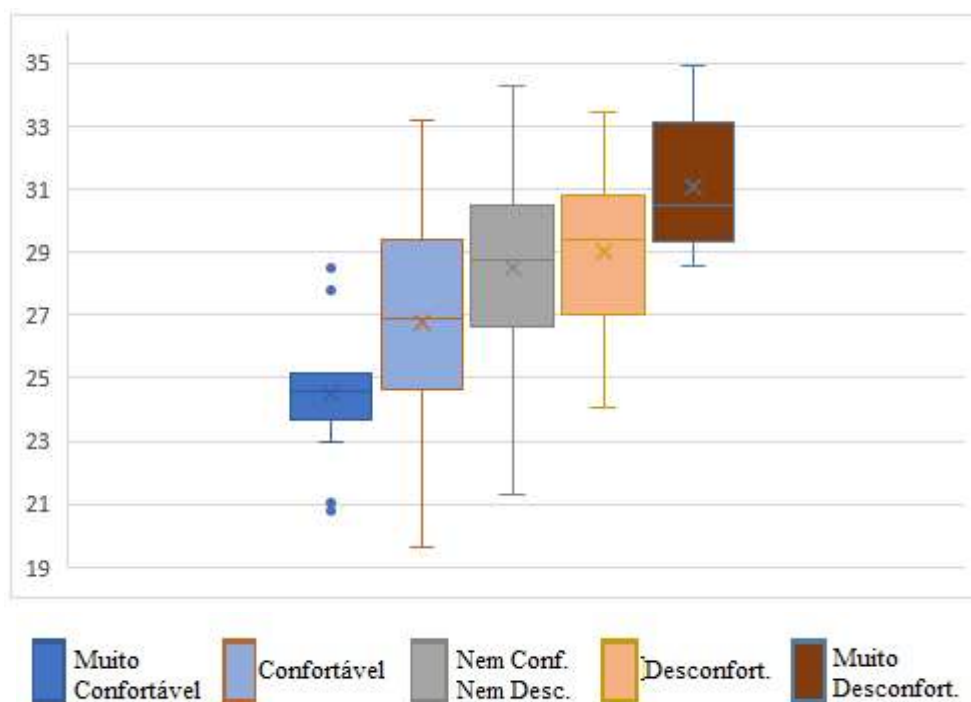


Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.2 Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Para a definição das faixas de interpretativas, conforme metodologia adotada a totalidade dos dados calculados do índice ITU foi segregada pela percepção de conforto dos aclimatados e ordenados no gráfico abaixo.

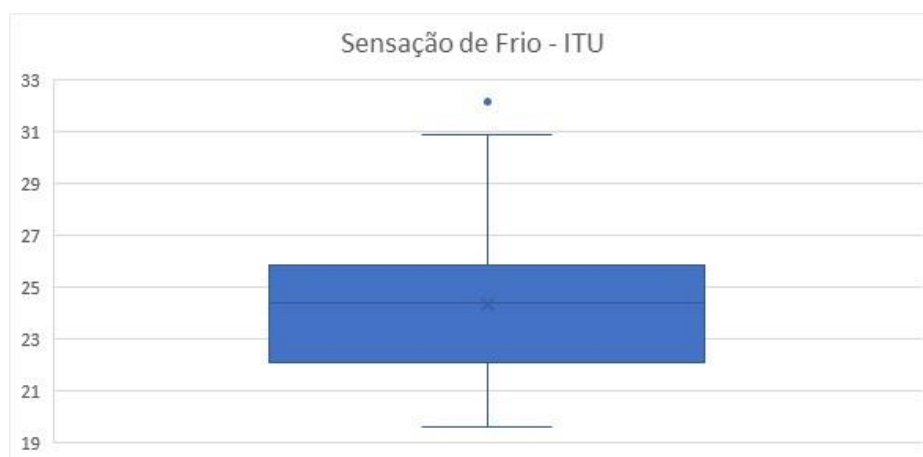
Gráfico 24: Boxplot do ITU segregado por percepção de conforto.



Fonte: elaborado pela autora.

A partir disto foi estabelecido o limite superior do conforto em 29° e o limite superior do desconforto em 33°. Como já explanado, para a definição do limite inferior do conforto os valores calculados deste índice para o relato de sensação de frio dos aclimatados também foram ordenados em um boxplot (gráfico 25).

Gráfico 25: Valores de ITU calculados para relato de sensação de frio.



Fonte: elaborado pela autora.

Com este ordenamento o limite inferior do conforto foi estabelecido em 22°. E as novas faixas interpretativas foram assim ordenadas.

Tabela 2: Faixas Interpretativas do Índice de Temperatura e Umidade para o semiárido

Faixa Interpretativa	Intervalo de Valores de ITU
Parcialmente Confortável	Menor que 22°
Confortável	Entre 22° e 29°
Desconfortável	Maior que 29°, até 33°
Muito Desconfortável	Maior que 33°

Fonte: elaborada pela autora.

Com os novos limites já estabelecidos e para analisar comparativamente as faixas interpretativas do ITU que foram tomadas como referência, com as aqui sugeridas, assim como com os relatos de conforto dos aclimatados, foi ordenado o quadro abaixo com os percentuais de casos enquadrados em cada faixa interpretativa.

Quadro 13: Comparação entre faixas interpretativas do ITU e porcentagem de relatos de conforto de aclimatados ao semiárido.

Faixas Interpretativas	Faixas Originais/Usuais ⁵⁷	Adaptadas ao Semiárido
Abaixo do Conforto	12 casos 100% sem desconforto 100% conforto	34 casos 100% sem desconforto 88% conforto
Confortável	51 casos 100% sem desconforto 85% conforto	333 casos 86% <i>sem desconforto</i> 59% conforto
Desconfortável	126 casos 34% não relatam conforto. 13% desconforto	223 casos 56% <i>não relatam conforto.</i> 27% desconforto
Acima do Desconforto	411 casos 56% não relatam conforto 22% desconforto	10 casos 90% não relatam conforto 50% desconforto

Fonte: Elaborado pela autora.

Como pode ser observado as faixas sugeridas foram superiores em adequação ao relato dos aclimatados se comparado tanto com as faixas originais. Um ganho importante e que merece atenção pode ser observado no alto número de casos enquadrados como “confortáveis”, o que corresponde melhor a amostra onde mais da metade dos relatos foi de conforto térmico. Se comparadas apenas as porcentagens avaliadas nesta classe “sem desconforto” e “conforto”, se poderia supor uma adequação maior na faixa original, contudo isto só ocorre porque, sendo a mesma mais estreita, o número de casos é menor e, com valores menores do índice associados, a porcentagem de indivíduos desconfortáveis na faixa diminui. O intervalo sugerido para o semiárido, contudo, possui uma porcentagem de conforto bastante adequada segundo a literatura, com quase 60 por cento de relatos

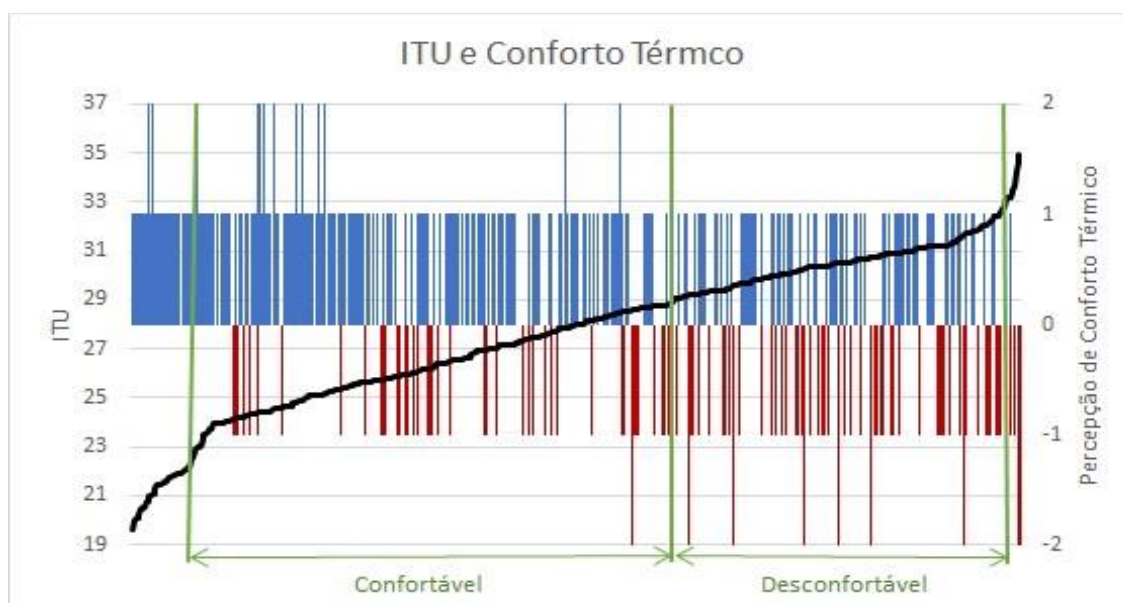
⁵⁷ Conforto entre 21 e 24°. Desconforto entre 24 e 26°. Como este índice possui duas faixas interpretativas fechadas e duas abertas optamos por considerar como “desconfortável” a faixa denominada “levemente desconfortável” e como “acima do desconforto” a faixa denominada como “extremamente desconfortável”.

confortáveis e mais de 80 por cento de relatos sem desconforto, mantendo uma faixa de conforto mais ampla, o que aumenta o número de casos enquadrados na faixa.

Quanto às faixas “desconforto” e “acima do desconforto” observamos ganhos percentuais em ambas as faixas, com especial destaque ao consideravelmente maior enquadramento de casos pelas faixas sugeridas nesta pesquisa em “desconfortável” que “acima do desconforto”, o que condiz bem melhor com a amostra, que teve baixo número de casos de relato de forte desconforto térmico.

Para uma melhor visualização das faixas definidas e da correlação com os relatos de conforto térmico dos aclimatados foi gerado o gráfico abaixo. Apesar da visualização de relatos de conforto ser observada em todo o intervalo de ITU calculado, o mesmo torna-se menos comum na faixa classificada como desconfortável, assim como é perceptível um aumento da frequência de relatos de desconforto nesta mesma faixa. Especial destaque deve ser dado ao extremo direito do gráfico onde observamos que acima do limite do desconforto, na faixa que denominamos como “muito desconfortável”, praticamente não se veem mais relatos de conforto e os relatos de muito desconforto são perceptíveis.

Gráfico 26: ITU crescente, conforto térmico relatado e limites de faixas de conforto

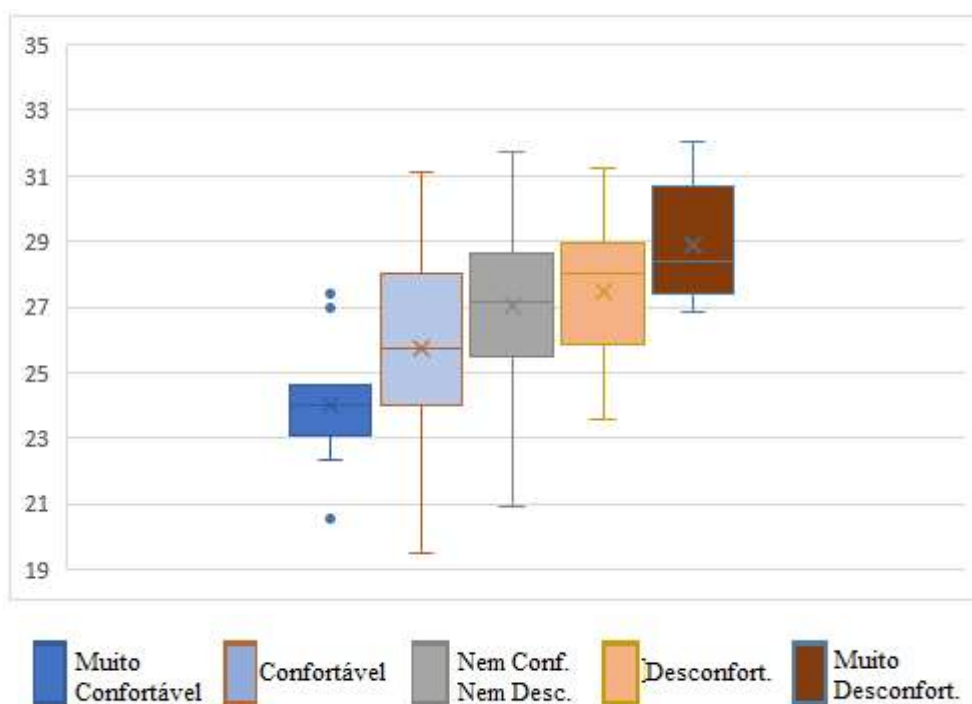


Fonte: elaborado pela autora.

5.3.3 Temperatura Efetiva (TE)

Da mesma forma que com os demais índices já apresentados para a definição das faixas de interpretativas, a totalidade dos dados calculados do índice TE foi segregada pela percepção de conforto dos aclimatados e ordenados no gráfico abaixo.

Gráfico 27: Boxplot da Temperatura Equivalente segregada por percepção de conforto.



Fonte: elaborado pela autora.

Seguindo a mesma metodologia já descrita o limite superior do conforto foi estabelecido em 28° e o limite superior do desconforto em 30,5°. Para a definição do limite inferior do conforto os valores calculados deste índice para o relato de sensação de frio dos aclimatados também foram ordenados em um boxplot.

Gráfico 28: Valores de TE calculados para relato de sensação de frio.



Fonte: elaborado pela autora.

A partir daí o limite inferior do conforto foi estabelecido em 21,5°. E as novas faixas interpretativas foram assim ordenadas.

Tabela 3: Faixas Interpretativas da Temperatura Equivalente para o semiárido

Faixa Interpretativa	Intervalo de Valores de TE
Parcialmente Confortável	Menor que 21,5°
Confortável	Entre 21,5° e 28°
Desconfortável	Maior que 28°, até 30,5°
Muito Desconfortável	Maior que 30,5°

Fonte: elaborada pela autora.

A partir dos limites estabelecidos e para analisar comparativamente as faixas interpretativas da TE que foram tomadas como referência, com as aqui sugeridas, assim como com os relatos de conforto dos aclimatados, foi ordenado o seguinte quadro:

Quadro 14: Comparação entre faixas interpretativas da TE e porcentagem de relatos de conforto de aclimatados ao semiárido.

Faixas Interpretativas	Faixas Originais/Usuais ⁵⁸	Adaptadas ao Semiárido
Abaixo do Conforto		28 casos 100% sem desconforto 93% conforto
Confortável	100 casos 94% sem desconforto 81% conforto	365 casos 86% <i>sem desconforto</i> 57% conforto
Desconfortável	481 casos 52% não relatam conforto. 20% desconforto	191 casos 59% <i>não relatam conforto.</i> 27% desconforto
Acima do Desconforto	19 casos 73% não relatam conforto 31% desconforto	12 casos 83% não relatam conforto 33% desconforto

Fonte: Elaborado pela autora.

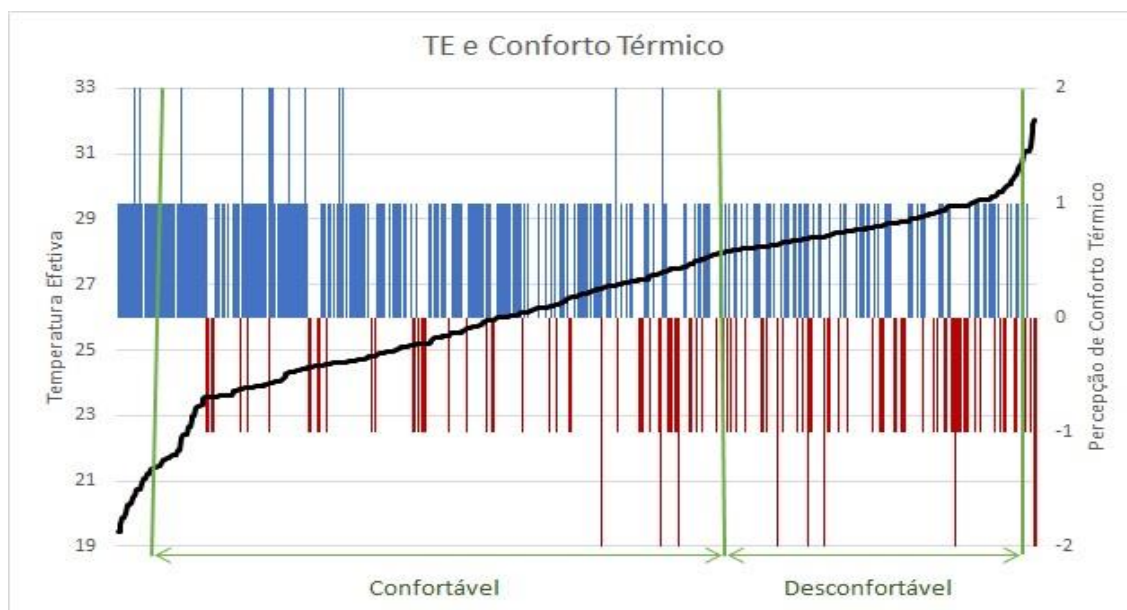
Observamos superioridade das faixas sugeridas em relação às originais nos seguintes pontos: classe de “conforto” com número bem mais expressivo de casos, que condiz melhor com o relatado pela amostra e faixas de “desconforto” e “acima do desconforto” com ganhos percentuais nos quesitos desconforto e não relato de conforto, além de menor número de casos.

De forma semelhante aos índices anteriores foi elaborado um gráfico (gráfico 29) das faixas definidas e da correlação com os relatos de conforto térmico dos aclimatados. Assim como nos gráficos semelhantes de índices anteriores vemos relatos de conforto em todo o intervalo de TE calculada, mas os relatos de desconforto ficam mais frequentes no setor classificado como desconfortável. Especial destaque deve ser dado ao extremo direito do gráfico onde observamos que acima do limite do desconforto, na faixa que denominamos

⁵⁸ Conforto entre 12 e 24°. Desconforto entre 24 e 30°. Optamos por considerar como “desconfortável” a faixa denominada “moderadamente quente” e como “acima do desconforto” a faixa denominada como “muito quente”.

como “muito desconfortável”, praticamente não se veem mais relatos de conforto e os relatos de muito desconforto são perceptíveis.

Gráfico 29: TE crescente, conforto térmico relatado e limites de faixas de conforto

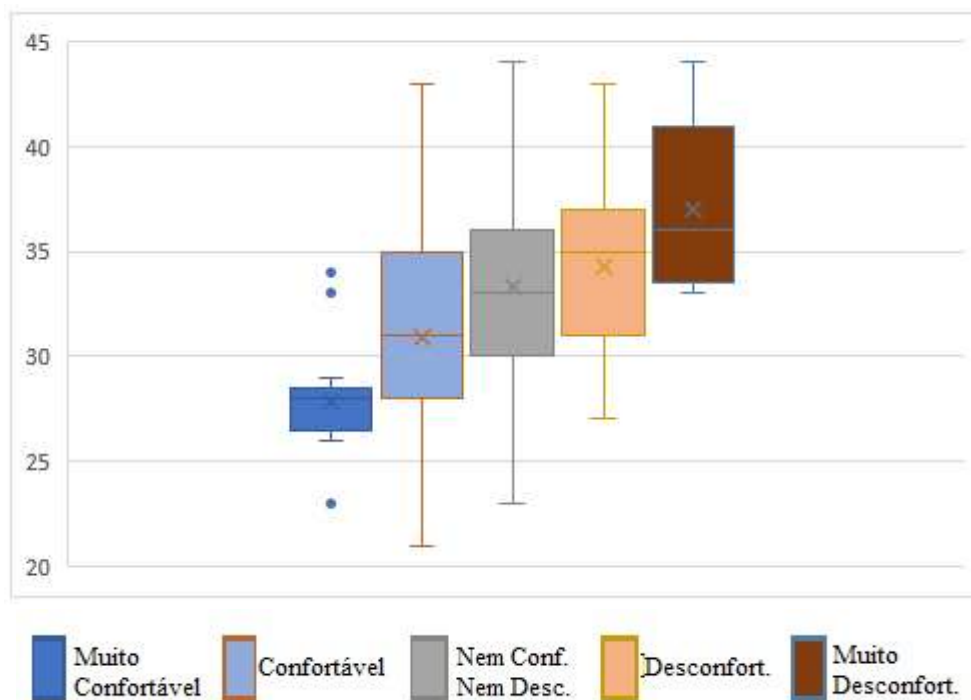


Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.4 Índice de Calor (IC)

De forma similar à adotada para os índices anteriores a totalidade dos dados calculados do índice de calor foi segregada pela percepção de conforto dos aclimatados e ordenada no gráfico abaixo (gráfico 30).

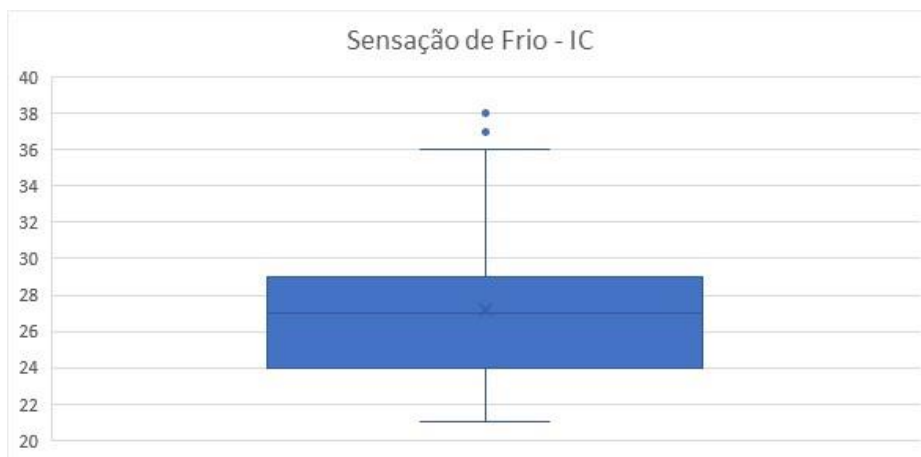
Gráfico 30: Boxplot do Índice de Calor segregado por percepção de conforto.



Fonte: Elaborado pela autora.

Assim o limite superior do conforto foi definido em 35° e o limite superior do desconforto em 41°. Para a definição do limite inferior do conforto os valores deste índice calculados em momentos em que aclimatados relataram sensação de frio foram ordenados abaixo.

Gráfico 31: Valores de IC calculados para relato de sensação de frio.



Fonte: elaborado pela autora.

Com este ordenamento o limite inferior do conforto foi estabelecido em 24°. E as novas faixas interpretativas foram assim ordenadas.

Tabela 4: Faixas Interpretativas do Índice de Calor para o semiárido

Faixa Interpretativa	Intervalo de Valores de IC
Parcialmente Confortável	Menor que 24°
Confortável	Entre 24° e 35°
Desconfortável	Maior que 35°, até 41°
Muito Desconfortável	Maior que 41°

Fonte: elaborada pela autora.

Com limites estabelecidos a partir da percepção de conforto dos aclimatados e para analisar comparativamente a adequação das faixas interpretativas do IC que foram tomadas

como referência, foi ordenado o quadro abaixo com os percentuais de casos enquadrados em cada faixa interpretativa.

Quadro 15: Comparação entre faixas interpretativas do IC e porcentagem de relatos de conforto de aclimatados ao semiárido.

Faixas Interpretativas	Faixas Originais/Usuais	Fortaleza - Petalas ⁵⁹	Adaptadas ao Semiárido
Abaixo do Conforto	64 casos 100% sem desconforto 87% conforto	131 casos 93% sem desconforto 82% conforto	30 casos 100% sem desconforto 90% conforto
Confortável	210 casos 86% sem desconforto 62% conforto	175 casos 85% sem desconforto 53% conforto	347 casos 87% <i>sem desconforto</i> 56% conforto
Desconfortável	314 casos 59% não relatam conforto. 24% desconforto	294 casos 60% não relatam conforto 26% desconforto	211 casos 59% <i>não relatam conforto.</i> 27% desconforto
Acima do Desconforto	12 casos 75% não relatam conforto 33% desconforto		12 casos 75% não relatam conforto 33% desconforto

Fonte: Elaborado pela autora.

Um adendo importante precisa ser feito à comparação feita na tabela anterior: no caso do Índice de Calor as faixas interpretativas originais são relacionadas à riscos e não ao conforto térmico. Assim, para adaptá-las para comparação, optamos por considerar a faixa denominada “perigo” - com valores superiores a 41°, como “acima do desconforto” e ir diminuindo classe a classe. Dessa forma, a faixa “não há alerta” – valores menores que 27°,

⁵⁹ Conforto entre 29 e 32°.

aqui está comparada à “abaixo do conforto”; a “cautela” – valores entre 27,1 e 32°, à “confortável”; e a “cautela extrema” – valores entre 32,1 e 41°, ao “desconforto”.

Comparando as faixas sugeridas com as faixas originais vemos que o IC é, dos índices analisados nesta pesquisa, o que, em suas faixas originais, mais se aproxima da percepção de conforto dos aclimatados ao semiárido, com um bom número de casos e percentuais de adequação nas faixas de conforto e desconforto.

Ainda assim, temos um ganho na adequação sugerida, com percentuais de adequação nas faixas de conforto e desconforto bastante semelhantes, mas, na aqui proposta, um número maior de casos enquadrados como “confortáveis”, o que corresponde melhor à amostra onde a maior parte dos relatos foi de conforto térmico.

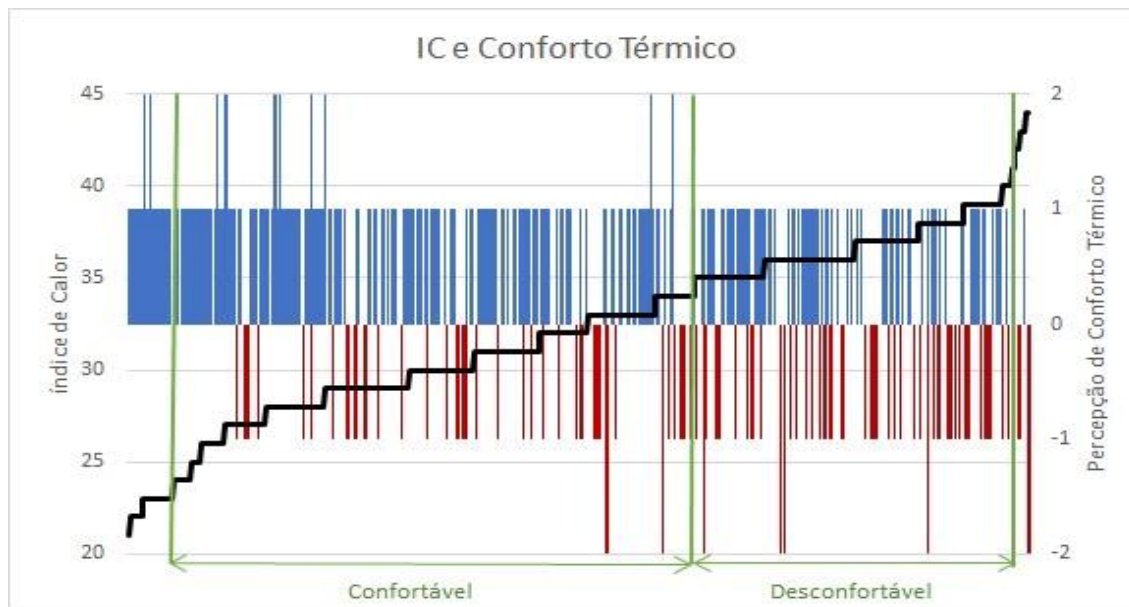
Com relação a adequação de Petalas, ao comparar as faixas vemos que, ao adotar um limite mais elástico para o conforto, temos um ganho percentual de adequação na amostra, mesmo com um número expressivamente maior (quase o dobro) de casos enquadrados nessa faixa, ou seja, há um ganho considerável na adequação sugerida.

Além disso, o grande número de casos (mais de um quinto da amostra) abaixo do conforto na classificação de Petalas não condiz com o relato dos aclimatados, que não expressaram desconforto térmico em relação ao frio, embora a sensação tenha sido relatada.

Assim como nos índices anteriormente analisados para uma melhor visualização das faixas interpretativas aqui definidas e da correlação com os relatos de conforto térmico dos aclimatados foi gerado o gráfico abaixo.

Observemos que, diferentemente dos outros índices há um escalonamento dos dados e não uma aparente continuidade dos mesmos. Isso ocorre porque a calculadora de IC utilizada nesta pesquisa fazia o arredondamento automático do valor do índice, que, assim, não apresentou valores quebrados na amostra. Tal fato deixa a visualização da amostra ainda mais curiosa. Observemos, por exemplo, o intenso escalonamento acima do limite do desconforto na amostra e que essa mudança se reflete na percepção de conforto dos aclimatados, que se expressa mais fortemente na parte inferior e em vermelho no gráfico. Observemos ainda, assim como nos demais índices, que os relatos de conforto estão por toda a escala de valores do índice, mas tornam-se menos frequentes na segmentação do desconforto, onde os relatos de desconforto, pelo contrário, aumentam.

Gráfico 32: IC crescente, conforto térmico relatado e limites de faixas de conforto.

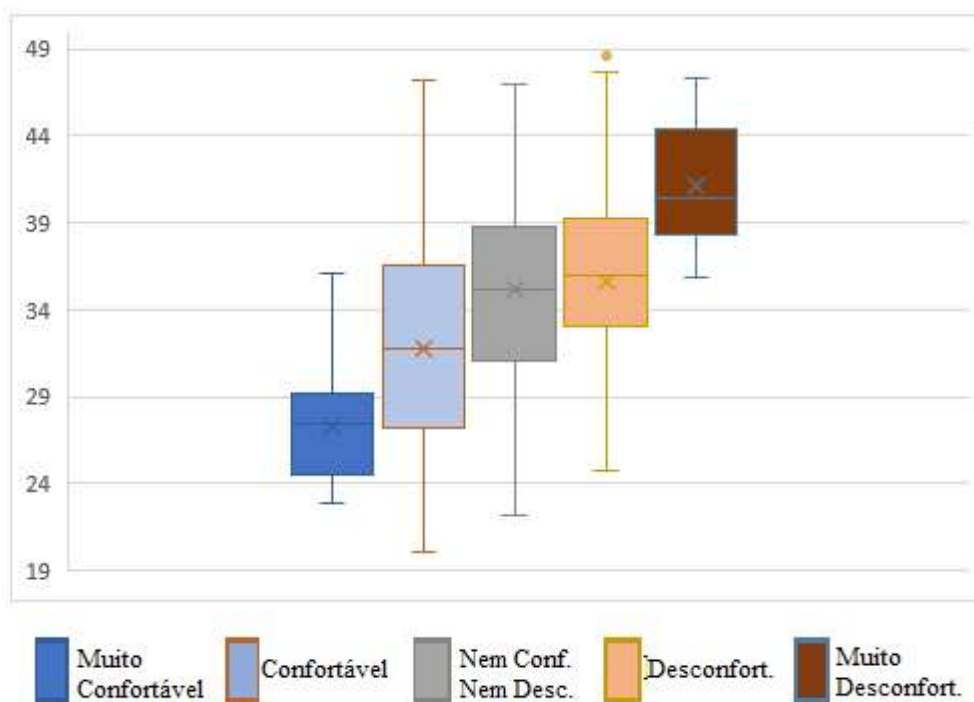


Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.5 Índice Climático Térmico Universal (UTCI)

Seguindo a mesma metodologia já explanada para os outros índices, para encontrar as faixas interpretativas de conforto térmico do UTCI para o semiárido os valores totais do mesmo foram segregados nas diferentes percepções de conforto dos aclimatados e ordenados no gráfico abaixo.

Gráfico 33: Boxplot do Índice Climático Térmico Universal segregado por percepção de conforto.



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir dele o limite superior do conforto foi definido em $36,5^{\circ}$ e o limite superior do desconforto em 44° . Para a definição do limite inferior do conforto os valores deste índice calculados em momentos em que aclimatados relataram sensação de frio foram ordenados abaixo.

Gráfico 34: Valores de UTCI calculados para relato de sensação de frio.



Fonte: elaborado pela autora.

Com este ordenamento o limite inferior do conforto foi estabelecido em 23,5°. E as novas faixas interpretativas foram assim ordenadas.

Tabela 5: Faixas Interpretativas do Índice Climático Térmico Universal para o semiárido

Faixa Interpretativa	Intervalo de Valores de UTCI
Parcialmente Confortável	Menor que 23,5°
Confortável	Entre 23,5° e 36,5°
Desconfortável	Maior que 36,5°, até 44°
Muito Desconfortável	Maior que 44°

Fonte: elaborada pela autora.

Após ordenar os limites das faixas e para analisar comparativamente a adequação das faixas interpretativas do UTCI que foram tomadas como referência, foi ordenado o quadro abaixo com os percentuais de casos enquadrados em cada faixa interpretativa.

Quadro 16: Comparação entre faixas interpretativas do UTCI e porcentagem de relatos de conforto de aclimatados ao semiárido.

Faixas Interpretativas	Faixas Originais/Usuais	Fortaleza - Petalas ⁶⁰	Adaptadas ao Semiárido
Abaixo do Conforto		96 casos 93% sem desconforto 83% conforto	21 casos 100% sem desconforto 95% conforto
Confortável	58 casos 93% sem desconforto 85% conforto	126 casos 87% sem desconforto 59% conforto	369 casos <i>85% sem desconforto</i> 59% conforto
Desconfortável	388 casos 44% não relatam conforto. 15% desconforto	378 casos 57% não relatam conforto 23% desconforto	196 casos <i>63% não relatam conforto.</i> 26% desconforto
Acima do Desconforto	154 casos 67% não relatam conforto 29% desconforto		14 casos 64% não relatam conforto 35% desconforto

Fonte: Elaborado pela autora.

Na comparação feita na tabela anterior os dados de desconforto na classificação original do UTCI foram aglutinados em duas faixas da seguinte forma: no desconforto ficaram: “moderado estresse térmico” e “forte estresse térmico” com limite de 26 a 38°; e no acima do desconforto ficaram “muito forte estresse térmico” e “extremo estresse devido ao calor”, com valores acima de 38°.

Observamos ganhos nas faixas interpretativas sugeridas em todos os intervalos, mas alguns destaques são importantes de serem feitos: nas faixas originais há um claro deslocamento da faixa de conforto para valores mais baixos, o que deixa menos de um sexto

⁶⁰ Conforto entre 27,4 e 31,2°.

da amostra enquadrados na faixa de conforto, que releva uma dissonância com o relatado pelos aclimatados, que foram percebiam a si mesmos majoritariamente como em conforto térmico.

Vemos uma melhoria na adequação de Petalas em relação à original e na que sugerimos ocorre um ganho ainda maior, com a porcentagem de indivíduos relatando “conforto” e “sem desconforto” bem semelhantes a de Petalas, mas com um número de indivíduos na faixa de conforto quase três vezes maior, perfazendo mais da metade dos 600 relatos, o que é bastante próximo do relatado.

Quanto a faixa abaixo do conforto, não foram observados casos na classificação original, em decorrência do intervalo baixo da faixa considerada confortável. Na adequação de Petalas há um número expressivo de enquadrados nesta faixa, com quase um sexto da amostra, o que é um valor alto em relação ao relato dos aclimatados. Na faixa que sugerimos um valor baixo de casos foi delimitado, apenas 21 casos, menor número para a classe em todos os índices que adaptamos e quase um quinto do número enquadrado na faixa de Petalas. Como não obtivemos relatos de desconforto para o frio em nossa amostra, buscou-se mensurar o quanto essa amostra de 21 casos experienciava sensação de frio. Dos 21 casos, 67% relataram algum grau de frio e 42% sensações térmicas de -2 e -3 (Frio e Muito Frio na escala de percepção). Essa explanação da amostra ajuda a justificar termos estabelecido um limite inferior para a faixa de conforto térmico, assim como a denominação que demos a esta faixa “parcialmente confortável/frio”.

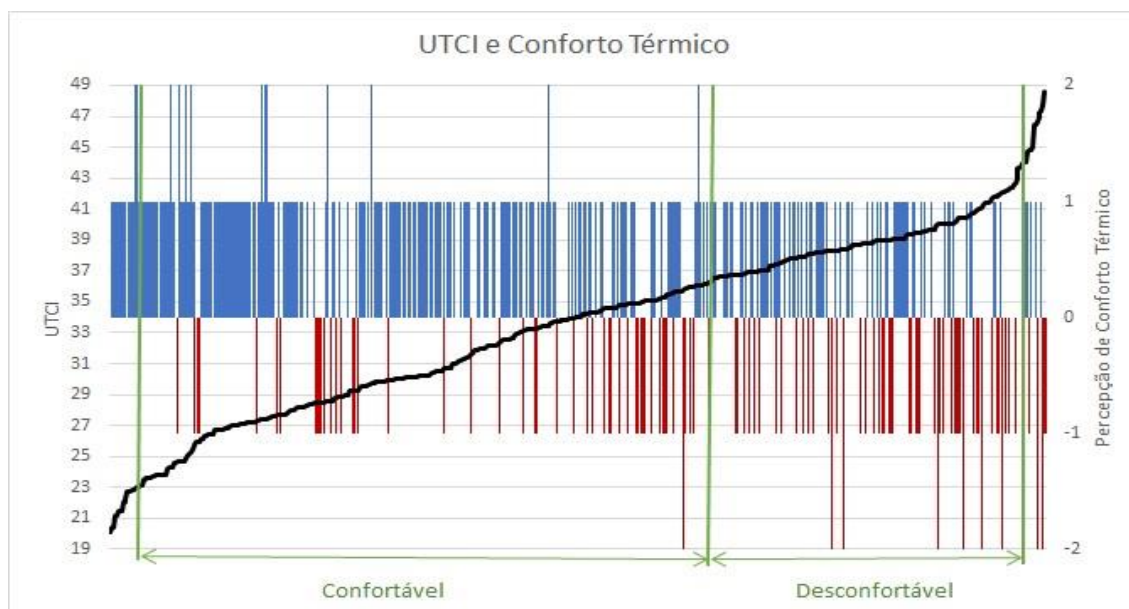
Com relação à faixa desconfortável, observamos na adequação de Petalas em relação ao intervalo original comparado um ganho percentual com um número semelhante de casos enquadrados, o que releva uma faixa mais próxima à percepção de conforto dos aclimatados, na que sugerimos, contudo, ocorre um ganho ainda maior, com ganhos percentuais tanto nos relatos de “desconforto” como nos de “não relatam conforto”, em um número menor de enquadrados na faixa, que corresponde melhor a percepção dos aclimatados onde apenas pouco mais de um sexto das pessoas relataram desconforto térmico.

Na faixa acima do desconforto observamos um número bastante alto (mais de um quarto da amostra) neste enquadramento segundo as faixas originais, o que faz com que, mesmo com valor superior na porcentagem de “não relatam conforto”, a faixa proposta seja superior, tanto pelo número pequeno de enquadrados (14 casos) bem mais próximo do

número que relatou muito desconforto (9 casos), como pela maior porcentagem de indivíduos que relatou desconforto térmico entre os enquadrados na faixa.

Assim como nos índices anteriormente analisados para uma melhor visualização das faixas interpretativas aqui definidas e da correlação com os relatos de conforto térmico dos aclimatados foi gerado o gráfico abaixo. Nele gostaríamos de destacar o perceptível aumento de frequência de desconforto na secção assim designada e na condição de exponencial aumento da linha do UTCI depois da delimitação superior do desconforto.

Gráfico 35: UTCI crescente, conforto térmico relatado e limites de faixas de conforto.



Fonte: Elaborado pela autora.

5.4 Diagrama de Conforto Térmico Humano para o Semiárido (DICTHUS)

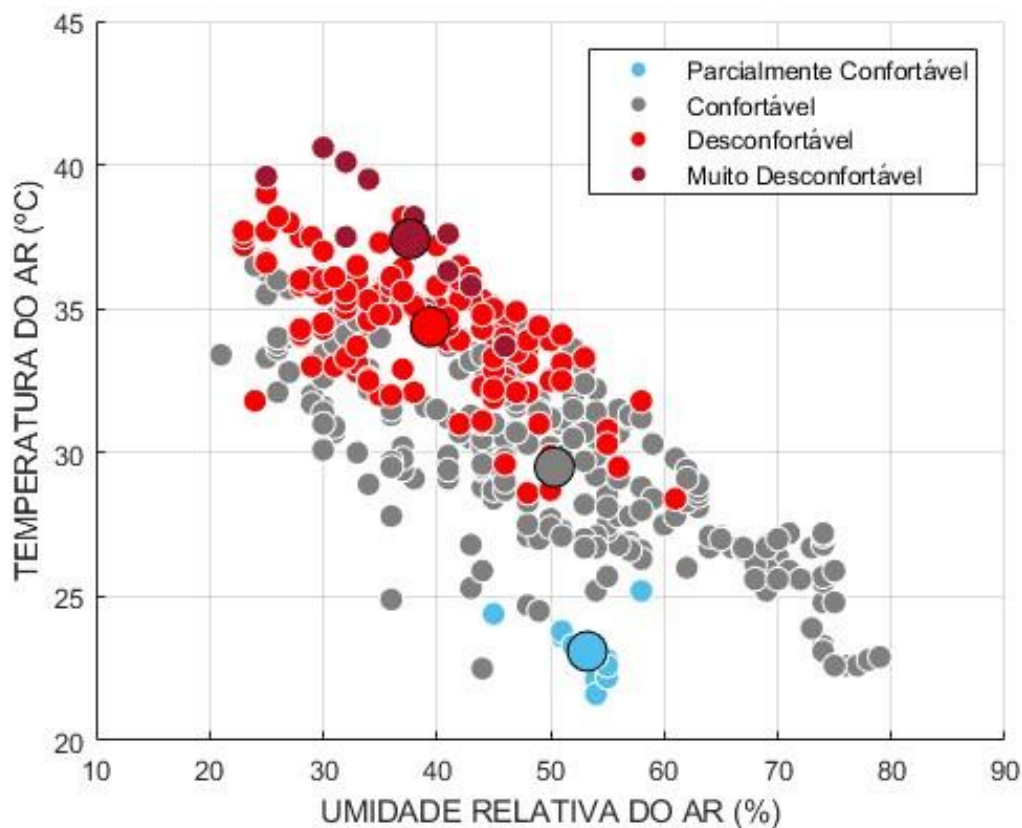
Na revisão bibliográfica que possibilitou a eleição dos índices de conforto que teriam suas faixas adaptadas neste trabalho observou-se um número relevante de trabalhos, em especial de iniciação científica, que utilizam um índice de conforto em formato de diagrama que já tinha o seu uso descontinuado pela própria organização que o popularizou, o INMET.

Mesmo compreendendo que as novas faixas sugeridas para os índices adaptados e expostas nos tópicos anteriores são suficientes para colaborar nas análises de conforto térmico no semiárido, nos propomos a organizar um diagrama de conforto, a fim de oferecer um produto simples, ilustrativo e didático da relação das variáveis climáticas mais básicas (temperatura e umidade relativa do ar) com a percepção de conforto de aclimatados ao semiárido e assim foi organizado o DICTHUS: **DI**agrama de **C**onforto **T**érmico **HU**mano do **S**emiárido.

Para criação do mesmo o ponto de partida foram os valores calculados do índice UTCI segregados em suas faixas calibradas nesta pesquisa pela percepção de conforto térmico dos aclimatados ao semiárido. Dos cinco índices adaptados nesta pesquisa este foi o índice eleito pois é um índice racional - baseado em balanço térmico e utiliza dados de outras variáveis climáticas (temperatura média radiante e velocidade do vento) para o seu cálculo, além das básicas: temperatura e umidade.

Os 600 dados coletados na pesquisa foram segregados nas novas faixas calibradas do referido índice e representados num gráfico de dispersão desenvolvido em linguagem Python, que tem como eixo vertical a temperatura do ar e como eixo horizontal a umidade relativa. Gerou-se ainda uma média dos dados segregados de cada faixa e essa média foi inserida na representação como um ponto de diâmetro maior que os casos individuais.

Gráfico 36: Dispersão dos dados de UTCI segregados por faixas interpretativas de conforto adaptadas ao semiárido, em relação à temperatura e umidade do ar.



Fonte: Gerado no *python* por Paulo R. B. Gomes, sob orientação da autora.

Com este gráfico em mãos, e compreendendo que uma segregação de áreas era possível, buscou-se definir parâmetros, ainda que arbitrários, para fazê-la. Assim, os seguintes direcionamentos de limites de salubridade para as variáveis climáticas presentes na literatura e enumerados abaixo, foram usados para organizar o diagrama que se segue (Gráfico 37).

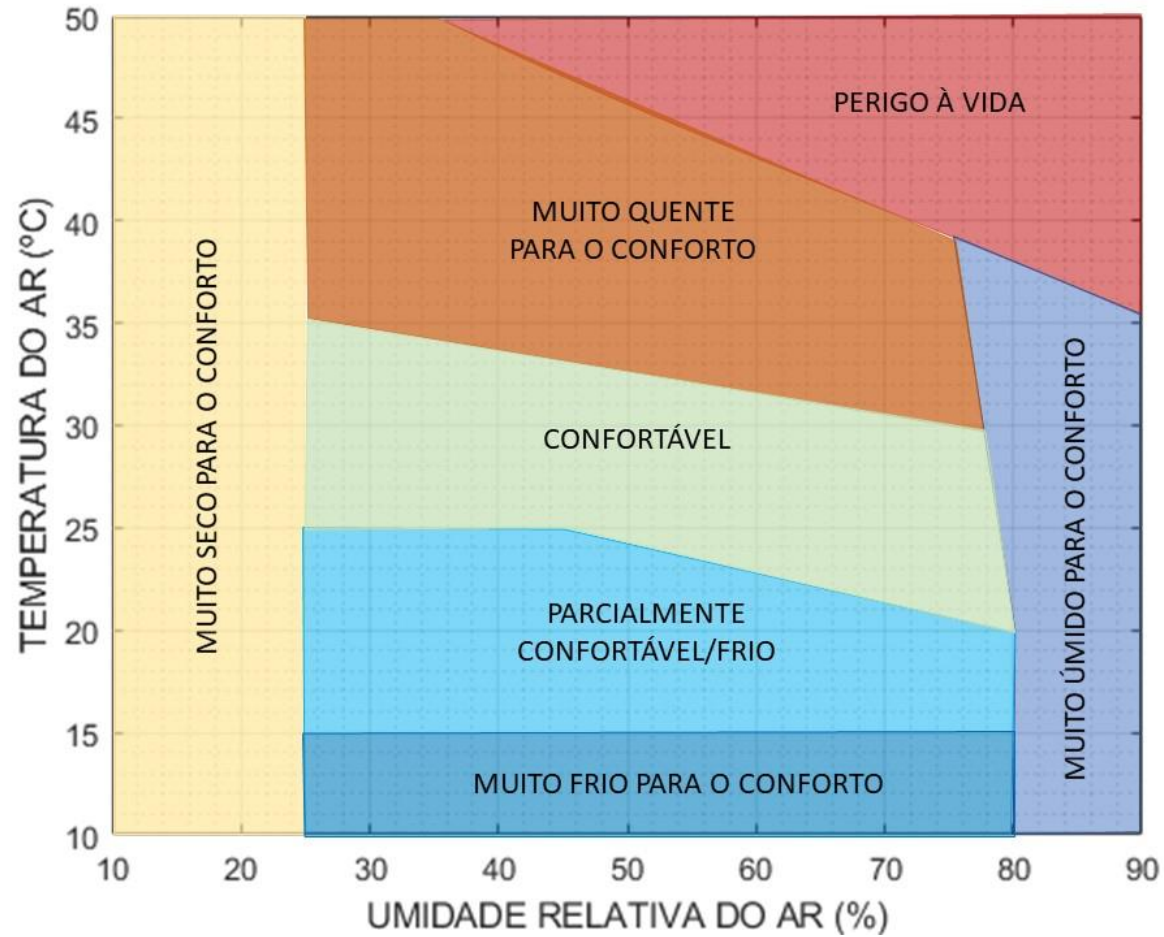
1 - Quando a umidade excede os 60%, a perspiração não evapora tão facilmente e a pessoa começa a ganhar calor com o aumento da temperatura (BARBIERO, 2004). Segundo a ISO 7730 (1994) o limite superior de umidade para o conforto pode alcançar o valor de 70%.

2 - A OMS orienta atenção e alerta a saúde humana com umidades relativas do ar abaixo de 40 % e 30% respectivamente, e condições de emergência quando os valores são inferiores a 12%.

3 - Valores máximos de 35°C de temperatura de bulbo úmido são estabelecidos na literatura para condições máximas suportáveis pelo ser humano, sendo valores acima de 30°C desta variável já considerados bastante desconfortáveis (RAYMOND *ET AL.*, 2020).

Uma sobreposição das classes delimitadas do DICTHUS e dos pontos do gráfico de dispersão das classes de UTCI por temperatura e umidade pode ser vista no Apêndice B deste trabalho.

Gráfico 37: DICTHUS – Diagrama de Conforto Térmico Humano para o Semiárido.



Fonte: elaborado pela autora.

6 CONCLUSÃO

De modo geral consideramos que alcançamos o objetivo que nos propusemos de, a partir da análise da percepção de conforto térmico de aclimatados ao clima semiárido, sugerir novos limites de faixas interpretativas para índices de conforto térmico já consagrados e comumente usados na região.

O fizemos primeiramente a partir da mensuração do conforto térmico através da aplicação de índices de conforto e de questionários de percepção climática aplicados a indivíduos aclimatados ao clima semiárido em diferentes condições sazonais. Esta parte de campo da pesquisa demandou 31 dias para ser realizada, no decorrer de quase um ano. Foi realizada em três diferentes municípios do sudoeste do estado do Ceará, em áreas urbanas e rurais, com a participação de 600 pessoas.

A partir dos dados obtidos em campo foi possível comparar a percepção de conforto térmico dos aclimatados com a mensuração do conforto térmico calculada e indicada nas faixas interpretativas de índices de conforto. Verificamos que a hipótese da pesquisa, de que as faixas interpretativas originais dos índices de conforto térmico comumente utilizados no semiárido *não condiz* com a percepção de conforto de indivíduos aclimatados a este clima, é verdadeira.

A partir desta contatação verificou-se a necessidade de propor novas faixas interpretativas para os índices de conforto térmico. O fizemos optando por delimitar estas novas faixas a partir da percepção de conforto dos aclimatados, com a utilização também do relato de sensação térmica de frio expresso pelos mesmos.

As novas faixas interpretativas de conforto foram geradas para os seguintes índices: Índice de Desconforto de Thom (IDT), Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Temperatura Efetiva (TE) Índice de Calor (IC) e Índice Climático Térmico Universal (UTCI).

Com o objetivo de dar maior alcance e otimizar a utilização desta pesquisa na sociedade em geral, ordenamos em um gráfico de eixos temperatura e umidade os dados de campo obtidos na pesquisa, classificados segundo as novas faixas propostas para o UTCI. A partir desta visualização foi possível propor um índice de conforto térmico empírico em formato de diagrama: o Diagrama de Conforto Térmico Humano do Semiárido – DICTHUS.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O clima semiárido do Nordeste do Brasil é a característica mais marcante da região e vem determinando, ou servindo como fator para determinar, várias de suas outras características. O primeiro fato percebido em nossa revisão bibliográfica sobre a semiaridez do Nordeste foi um tom particularmente determinista da questão, especialmente na relação clima e pobreza/subdesenvolvimento. Concordamos com Ribeiro (1999) que tal perspectiva contamina, mesmo que inconscientemente, boa parte da produção intelectual e cultural da e sobre a região. Tal autor chega mesmo a falar na existência de um determinismo geográfico nordestino que acompanha até hoje o imaginário da região, apesar de teorias deterministas já terem sido abandonadas por grande parte dos geógrafos (GOMES e ZANELLA, 2023).

É urgente que as condições climáticas naturais da região, com todas as suas características de variabilidade e susceptibilidade à seca, sejam conhecidas e encaradas pela coletividade, afinal o Nordeste é vulnerável a extremos climáticos e cenários globais e regionais de mudanças climáticas no futuro indicam que a região poderá ser afetada pelo déficit de chuvas e aumento da aridez no próximo século (GOMES e ZANELLA, 2021).

Sendo assim, consideramos essencial para qualquer estudo climático que tenha seres humanos como sujeitos de análise, no semiárido, compreender a conjuntura climática atual da região em toda a sua complexidade, antes de falar de impactos futuros relacionados às mudanças climáticas. Isso, envolve, obrigatoriamente, compreender a percepção de conforto térmico de aclimatados à região, em especial quando na imensa parte dos índices de conforto térmico (e faixas interpretativas utilizadas para estes índices), as condições habituais da região são enquadradas como desconfortáveis.

Ora, se tal premissa for assumida como verdade, como discutir impactos que venham propiciar condições de indução de desconforto térmico humano? É necessário antes de tudo compreender em que condições a população aclimatada ao semiárido está, de fato, confortável ou desconfortável termicamente. E é essencial fazê-lo hoje, quando os impactos das mudanças climáticas ainda não estão tão intensamente perceptíveis.

A isso nos propusemos e buscamos oferecer como subsídio a estudos futuros faixas adaptadas à percepção dos aclimatados dos principais índices de conforto utilizados na região, além de índices de relevância global para áreas quentes. O fizemos através de um

método simples e facilmente replicável, que consideramos, inclusive, uma das contribuições desta tese.

Outra contribuição que compreendemos como relevante foi o ordenamento do Diagrama de Conforto Térmico Humano para o Semiárido – DICTHUS, que, embora seja uma ferramenta de análise bastante simplória, é, por isso mesmo, facilmente compreensível e aplicável a amplos espaços de discussão, inclusive para além das pesquisas acadêmicas.

A metodologia adotada para o ordenamento do diagrama é outra contribuição que consideramos relevante para a comunidade científica, porque pode ser facilmente replicada a fim de se verificar sua aplicabilidade a outras regiões e tipos climáticos, com as devidas adaptações.

Ainda sobre direcionamentos relevantes do ponto de vista metodológico que tomamos nesta pesquisa, consideramos que foi extremamente importante, para o bom desenvolvimento de nossa análise, usar os dados de percepção de conforto térmico e não de percepção de sensação térmica para balizar as adequações das faixas dos índices de conforto. Consideramos que, em ambientes quentes, este deva ser o parâmetro balizador das análises, tendo em vista ser extremamente comum nas entrevistas indivíduos relatarem estarem com calor e ainda assim confortáveis.

Outra opção metodológica que gerou impactos nos resultados e que precisamos esclarecer é a opção que aqui fizemos de definir um limite inferior para a classe de conforto, que possibilitou a definição de uma faixa interpretativa “parcialmente confortável/frio”. Tal opção não resultou em ganhos percentuais nas análises de conforto na amostra, pelo contrário, porcentagens mais robustas de “confortável” e “sem desconforto” poderiam ter sido alcançadas se a classe de conforto fosse aberta, como em alguns índices para áreas quentes.

Optamos por delimitar a faixa “confortável”, contudo, utilizando os valores de sensação térmica de frio; tanto porque as porcentagens alcançadas dentro da faixa de conforto fechada foram suficientes para defini-la pelos parâmetros da literatura, como no intento de deixar as faixas interpretativas mais robustas para análises em outros bancos de dados. Com tal escolha foi possível dar um indicador de início de sensação de frio, ainda que fora de uma condição de desconforto. Consideramos tal contribuição relevante, tendo em vista as populações do semiárido, a quem se destinam as adequações aqui realizadas,

assim como as de outras áreas quentes, serem comumente mais sensíveis ao desconforto para o frio, que para o calor, por serem raramente submetidas ao primeiro.

Por fim, creio que deixamos enormes discussões ainda por serem feitas em relação à percepção de conforto, sensação e preferência térmica dos habitantes do semiárido; como suas variações em relação ao gênero, idade, aclimatação, IMC, dentre outras.

Muitas questões culturais percebidas na pesquisa de campo, como a dificuldade de relatar desconforto, pelo amplo reconhecimento social da premissa que Euclides da Cunha já expunha em *Os Sertões* “o sertanejo ser, antes de tudo, um forte”, também merecem aprofundamentos reflexivos.

Exatamente por considerar que esses fatores merecem um espaço próprio de discussão, optamos por não trazer essas questões à tona nesta tese. Aqui focamos nos objetivos previamente ordenados e levantaremos estas questões em futuras discussões e trabalhos, a fim de exaurir os dados colhidos em campo, como um compromisso ético e científico para com aqueles que se dispuseram a nos conceder as entrevistas.

Outros trabalhos que acreditamos serem fomentados pela análise aqui desenvolvida são, obviamente, as validações das faixas dos índices sugeridas em outros locais na região semiárida. Tal validação é fundamental para a verificação da adequabilidade das faixas e só poderá ser realizada com auxílio de outros pesquisadores da região que se disponham a fazer trabalhos de percepção climática, ainda que em menor escala, em seus lócus de interesse de pesquisa.

Outra análise interessante e que fica aberta à comunidade científica é a avaliação de como as faixas adaptadas destes índices de conforto se apresentam quando aplicadas aos dados de estações meteorológicas, em especial, dados de máximas e mínimas diárias e estudos sazonais. Trabalhos assim são comuns em outras regiões do país, mas no semiárido tinham, muitas vezes, suas análises restritas às componentes climáticas segregadas, por não haver faixas adaptadas de índices de conforto que auxiliassem a análise.

Por fim, mas não menos importante, consideramos que as faixas de adequação aqui propostas são fator gerador de reanálise de trabalhos já realizados e publicados no semiárido, quando os índices calculados nos mesmos forem os mesmos que algum dos aqui adaptados. Isso possibilitaria uma compreensão mais ampla dos resultados obtidos a priori e daria

subsídio a ampliar e aprofundar os estudos de conforto térmico humano já realizados na região.

Esperamos que as adequações de faixas de conforto dos índices aqui abordados sejam contribuições relevantes para as pesquisas futuras em conforto térmico humano na região e possam, assim, contribuir com uma compreensão tanto mais ampla, como mais profunda do clima do Nordeste do Brasil e da estreita relação que o sertanejo tem com a característica natural que o forjou enquanto povo: o clima semiárido.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 103-117, out./dez. 2010.
- AB'SABER, A. N. Dossiê Nordeste seco. **Estudos avançados**. [s.l.]. v. 13. n. 36, pág 5 – 59, 1999.
- AB'SABER, A. N. Caatingas: O domínio dos sertões secos. In: **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 1ª Ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AB'SABER, A. N. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. **Geomorfologia**. São Paulo. n. 43, p. 1 - 3, 1974.
- AB'SABER, A. N. Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 53, p. 1 - 20, 1977.
- ACSERALD, H.; MELLO, C. C. D. A.; BEZERRA, G. D. N. **O que é justiça ambiental?** Rio de Janeiro: Garamond, 2009.
- ALCANTARA, L; KRUGUER, E. GRALA, E. Zona de conforto térmico para áreas abertas em cidade com clima Cfa com índice térmico PET. **ANAIS IV EURO ELECS**. 2021.
- ALI-TOUDERT, F.; MAYER, H. Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. **Building and Environment**. [s.l.]. v. 41, n. 2, p. 94-108, Feb. 2006.
- ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., & SMITH, M. Guidelines for computing crop water requirements. **Irrigation and drainage paper**. [s.l.]. v. 56, 300. 1998.
- ALMEIDA, M. G.; SILVA, S. M. **Climatização e instalações das construções II: térmica de edifícios**. Braga: Universidade do Minho, 2010.
- ALMEIDA, J. A. de. **A Paraíba e seus problemas**. Brasília: Senado Federal/Fundação Casa de José Américo, 1994.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering ASHRAE. **Handbook of fundamentals: physiological principles, comfort, health**. New York, 1997.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering ASHRAE. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: ANSI/ASHRAE Standard, 2004.

AMORIM, B. de. **Caracterização de mudanças paleoclimáticas no Nordeste do Brasil utilizando modelagem hidrológica**. Tese. Programa de Pós-Graduação em Geoquímica Ambiental da Universidade Federal Fluminense. 208p. 2008.

ANDRADE, H. **Bioclima humano e temperatura do ar em Lisboa**. 2003. 435 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, 2003.

ARAÚJO, S. M. S. de. A região semiárida do nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica**- Revista Científica da FASETE. [s.l.]. Ano 5 n. 5. 2011.

ARAUJO, T. B. Economia do semiárido nordestino: a crise como oportunidade. **Revista Coletiva**. Fundação Joaquim Nabuco. Recife, 16/01, 2012.

ARZ, H.W. et al. Correlated millennial-scale changes in surface hydrography and terrigenous sediment yield inferred from Last-Glacial marine deposits off Northeastern Brazil. **Quaternary Research**, 50, 157-166. 1998.

AULICIEMS, A.; KALMA, J. D. Human thermal climates of Australia. **Australian Geographical Studies**. [s.l.]. v. 19, n. 1, p. 3-24, Apr. 1981.

AULICIEMS, A. Psycho-physiological criteria for global thermal zones of building design. **International Journal of Biometeorology**. [s.l.]. n. 8, Part 2, Supplement to v. 26, p. 69-86, 1982.

AULICIEMS, A. **Towards a psycho-physiological model of thermal perception**. *International Journal of Biometeorology*. [s.l.]. v. 25, n. 2, p. 109-122, June 1981.

BARBIERI, G. M. L. **Eventos de chuva extrema associados a sistemas atmosféricos de escala sinótica e escala local no estado do Ceará**. Tese. Programa de pós-graduação em Geografia- UFC. Fortaleza, 2014.

BATES, B. C.; KUNDZEWICZ, Z. W.; WU, S.; PALUTIKOF, J.P. (Eds.). **Climate Change and Water**. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2008

BEHLING, H.; ARZ, H. W.; PÄTZOLD, J. e WEFER, G.. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in northeastern Brazil, inferences from marine core. **Quaternary Science Reviews**. [s.l.]. v. 19, p. 981-994, 2000.

BLAZEJCZYK, K. Assessment of regional bioclimatic contrasts in Poland. **Miscellanea Geographica**. [s.l.]. v. 15, p. 79-91, 2011.

BLAZEJCZYK, K.; NILSSON, H.; HOLMÉR, I. Solar heat load on man: review of different methods of estimation. **International Journal of Biometeorology**. [s.l.]. v. 37, n. 3, p. 125-132, Sept. 1993.

BRAGER, G. S.; DE DEAR, R. Climate, comfort and natural ventilation: A new adaptive comfort standard for ASHRAE Standard 55. In: INTERNATIONAL CONFERENCE

MOVING THERMAL COMFORT STANDARDS INTO THE 21st CENTURY, 2001, Windsor. Proceedings... Windsor: Oxford Brookes University, 2001. p. 60-77.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. Brasília, DF, 2005. 32 p.

BRÖDE, P.; JENDRITZKY, G.; FIALA, D.; HAVENITH, G. The Universal Thermal Climate Index UTCI in operational use. In: CONFERENCE: ADAPTING TO CHANGE: NEW THINKING ON COMFORT CUMBERLAND LODGE, 2010, Windsor, UK. Proceedings... London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, 2010. Disponível em: http://utci.org/isb/documents/windsor_vers05.pdf . Acesso 29 set. 2022.

BRÖDE, P. et al. Deriving the Operational Procedure for the Universal Thermal Climate Index UTCI. **International Journal of Biometeorology**. [s.l.]. special issue UTCI, 2011.

BRÖDE, P.; KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; FIALA, D. Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI—a case study in Southern Brazil. **International Journal of Biometeorology**. [s.l.]. v. 56, n. 3, p. 471-480, May 2012.

BRÖDE, P.; BLAZEJCZYK, K.; FIALA, D.; HAVENITH, G.; HOLMÉR, I.; JENDRITZKY, G.; KUKLANE, K.; KAMPMANN, B. The Universal Thermal Climate Index UTCI compared to ergonomics standards for assessing the thermal environment. **Industrial Health**. [s.l.]. v. 51, v. 1, p. 16-24, 2013.

CAMARGO, M. G. de. **Análise da percepção térmica dos carteiros do CDD-Londrina em Relação ao uniforme utilizado em ambiente quente**. 2007. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2007.

CARVALHAIS, C. A. A. **Contribuição para o estudo da tolerância humana a ambientes térmicos extremos: ensaios de validação de câmara climática**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2011.

CASTRO, I. E. de. Da Seca como Tragédia à Seca como Recurso. Velhos e Novos Recursos, Velhos e Novos territórios (1994): In: **Anuário do Instituto de Geociências**. (17): 1-13.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7.; Congresso Latinoamericano e Ibérico de Meteorologia, 2., 1994, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994. p. 154-157.

CHARLES, K. E. Fanger's thermal comfort and draught models. IRC Research Report RR162. Ottawa, 2003.

CHRISTENSEN, J.H.; KANIKICHARLA, K.K.; ALDRIAN, E.; AN, S.-I.; CAVALCANTI, I.F.A.; DE CASTRO, M.; DONG, W.; GOSWAMI, P.; HALL, A.; KANYANGA, J.K.; KITO, A.; KOSSIN, J.; LAU, N.-C.; RENWICK, J.;

STEPHENSON, D.B.; XIE, S.-P.; ZHOU, T. Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

CLAUDINO-SALES, V. C. **Megageomorfologia do Estado do Ceará**. Novas Edições Acadêmicas, 2016.

COLARES, J. Q. dos S; FEITOSA, A. C. F. (Org.). Diagnóstico do município de Campos Sales. **Programa de Recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado do Ceará**. CPRM, 1998.

CORREIA, R. C; KIILL, L. H. P; MOURA, M. S. B. de; CUNHA, T. J. F; JESUS JUNIOR, L. A. de; ARAUJO, J. L. P. A região semiárida brasileira. In: VOLTOLINI, T. V. (Ed.). **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 21-48.

CRUZ, F.W. et al. Orbitaly driven east-west antiphasing of South American precipitation. **Nature Geoscience**, 2, 210-214. 2009.

CRUZ, F.W. et al. Orbital and millennial-scale precipitation changes in Brazil from speleothem records. In: **Past Climate Variability in South America and Surrounding Regions** [Vimeux, F. et al. (Eds.)]. Berlin, Springer, pp. 29-60. 2009.

DANTAS, E. W. C. [et al.]. Nordeste Brasileiro Fragmentado: de uma região com bases naturais a uma de fundamentação econômica. In: SILVA, José Borzacchiello da et al. (Org.) **Litoral e Sertão: natureza e sociedade no nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. p. 45-55.

DE DEAR, R.; BRAGER, G. S. The adaptive model of thermal comfort and energy conservation in the built environment. **International Journal of Biometeorology**. [s.l.]. v. 45, n. 2, p. 100-108, July 2001.

DE FREITAS, C. R. Assessment of human bioclimate based on thermal response. **International Journal of Biometeorology**. [s.l.]. v. 29, n. 2, p. 97-119, June 1985.

DOHERTY, T.; ARENS, E. Evaluation of the physiological bases of thermal comfort models. **ASHRAE Transactions**. [s.l.]. v. 94, n. 1, p. 1371-1385, 1988.

EPSTEIN, Y.; MORAN, D. S. Thermal comfort and the heat stress indices. **Industrial Health**. [s.l.]. v. 44, n. 3, p. 388-398, 2006.

FANGER, P. O. Calculation of thermal comfort: introduction of a basic comfort equation. **ASHRAE Transactions**. [s.l.]. v. 73, 1967.

- FEITOSA, A. C. F. (Org.). Diagnóstico do município de Tauá. **Programa de Recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado do Ceará**. CPRM, 1998.
- FERNANDES, M. E; MASIEIRO, E. Influência da morfologia urbana sobre o conforto térmico humano em um recorte urbano da cidade de São Carlos-SP. **Anais do 8 ° Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS)**. Coimbra, 2018.
- FERREIRA, A.G.; MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia, ACLIMA**. [s.l.]. ano 1, dez. 2005.
- FIALA, D.; LOMAS, K. J. The dynamic effect of adaptive human responses in the sensation of thermal comfort. In: INTERNATIONAL CONFERENCE MOVING THERMAL COMFORT STANDARDS INTO THE 21st CENTURY, 2001, Windsor. Proceedings... Windsor: Oxford Brookes University, 2001. p. 147-157.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.
- GIDDENS, Anthony. **The politics of climate change**. Cambridge, Polity Press, 2009.
- GILES, D.B.; BALAFOUTS, C.; MAHERAS, P. Too Hot for Comfort: The Heatwaves in Greece in 1987 and 1988. **International Journal of Biometeorology**. [s.l.]. v. 34, p. 98–104. 1990.
- GIORGI, F.; FRANCISCO, R. Evaluating uncertainties in the prediction of regional climate. **Geophysical Research Letters**. [s.l.]. v. 27, n. 9, p. 1295-1298, 2000.
- GIVONI, B. **Man, climate and architecture**. London: Applied Science Publishers, 1976.
- GIVONI, B.; NOGUCHI, M.; SAARONI, H. POTCHTER, O. YAACOV, Y. FELLER, N. BECKER, S. Outdoor comfort research issues. **Energ Build**. 35. P. 7-86. 2003.
- GIRALT, R. P. **Conforto térmico em espaços públicos abertos na cidade de Torres – RS**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano Regional) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- GOBO, J. P. A. **Bioclimatologia subtropical e modelização do conforto humano: da escala local à regional**. Tese. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. 2018. 395f.
- GONDIM, J. FIOREZE, A. P. ALVES, R. F. F. E SOUZA, W. G de. **A seca atual no Semiárido nordestino – Impactos sobre os recursos hídricos**. In: *Parc. Estrat.* Brasília-DF. v. 22. n. 44. p. 277-300. 2017.
- GOMES, F. I. B. P; ZANELLA, M. E. Reflexões acerca dos impactos naturais e sociais esperados em decorrência das mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Journal of**

Hyperspectral Remote Sensing. [s.l.]. v.11, n.6 (2021). Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/jhrs/issue/view/3299>.

GOMES, F. I. B. P; ZANELLA, M. E. Histórico, causas e características da semiaridez do Nordeste do Brasil. **Geografares.** [s.l.]. v. 3, n. 37, p. 209–233, 2023. DOI:10.47456/geo.v3i37.41515. Acesso em: 17 abr. 2024. Disponível em: <http://journals.openedition.org/geografares/10409>

GOMES, F. I. B. P; ZANELLA, M. E. Análise sobre os índices de conforto térmico humano mais utilizados no semiárido brasileiro. **Anais do SBCG.** 2023. Disponível em <https://drive.google.com/file/d/1ybfYaYZJ4QHPvn-HqM8-eNJSkvTB0Cl/view>

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Relatório: **CEARÁ 2050, juntos pensando o futuro.** Fortaleza, 2018.

GUIMARÃES, S. O; COSTA, A. A; VASCONCELOS JÚNIOR, F. das C; SILVA, E. M. da; SALES, D. C; ARAÚJO JÚNIOR, L. M. de; SOUZA, S. G. de. Projeções de Mudanças Climáticas sobre o Nordeste Brasileiro dos Modelos do CMIP5 e do CORDEX. **Revista Brasileira de Meteorologia.** [s.l.]. v. 31, n. 3, 337-365, 2016.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Textbook of medical physiology.** 11. ed. Pennsylvania: Elsevier, 2006.

HAMADA, E; MAIA, A de H. N; THOMAZ, M. C. Avaliação da precipitação projetada pelos modelos climáticos globais para o Nordeste Brasileiro. **Anais do XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia.** 2011.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climate hazards in Northeast Brazil. *Quart. J. Roy. Meteorological Society.* [s.l.]. v. 103, 77-92, 1977.

HAVENITH, G. Temperature regulation, heat balance and climate stress. In: KIRCH, W.; MENNE, B.; BERTOLLINI, R. (Org.). **Extreme weather events and public health responses.** Berlin: Springer-Verlag, 2005, p. 69-80.

HIRASHIMA, S. Q. da S. **Calibração do índice de conforto térmico Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte, MG.** Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte, 2010.

HIRASHIMA, S. Q. S.; ASSIS, E. S. Confecção e aferição de termômetro de globo e abrigo meteorológico para medição de variáveis climáticas em ambientes externos. **Anais. XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC,** Búzios, RJ, 10 f., 2011.

HODDER, S. G.; PARSONS, K. The effects of solar radiation on thermal comfort. **International Journal of Biometeorology.** [s.l.]. v. 51, n. 3, p. 233-250, Jan. 2007

HÖPPE, P. Aspects of human biometeorology in past, present and future. **International Journal of Biometeorology.** [s.l.]. v. 40, n. 1, p. 19–23, Feb. 1997

HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. **Energy and Buildings**. [s.l.]. v. 34, n. 6, p. 661-665, July 2002.

HUTYRA, L.R., J.W. MUNGER, C.A. NOBRE, S.R. SALESKA, S.A. VIEIRA. Climatic variability and vegetation vulnerability in Amazônia. **Geophysical Research Letters**. [s.l.]. v. 32, L24712, doi:10.1029/2005GL024981. 2005.

HUMPHREYS, M. A.; HANCOCK, M. Do people like to feel ‘neutral’? Exploring the variation of the desired thermal sensation on the ASHRAE scale. **Energy and Buildings**. [s.l.]. v. 39, n. 7, p. 867-874, July 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA AGRICULTURA. **Projeto Áridas**. Disponível em https://books.google.com.br/books?id=NO8qAAAAYAAJ&pg=PA5&hl=pt-BR&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false. 1993.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: ergonomics of the thermal environments: instruments for measuring physical quantities. Genève, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. 2005.

IPCC. **Alterações Climáticas 2014**: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade - Resumo para Decisores. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea e L.L. White (eds.)]. Organização Meteorológica Mundial (WMO), Genebra, Suíça, 34 págs. 2014.

IPCC. **Aquecimento Global de 1,5°C**. Sumário para formuladores de políticas. 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>.

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 [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. Disponível em <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

JENDRITZKY, G. Selected questions of topical interest in human bioclimatology. **International Journal of Biometeorology**. [s.l.]. v. 35, n. 3, p. 139-150, Sept. 1991.

JENDRITZKY, G.; MAAROUF, A.; FIALA, D.; STAIGER, H. An update on the development of a universal thermal climate index. In: CONFERENCE OF BIOMETEOROLOGICAL AEROBIOLOGY, 15., 2002, Kansas. Proceedings... Kansas: AMS, 2002. p. 129-133.

JOHANSSON, E. THORSSON, S. EMMANUEL, R & KRÜGER, E. 'Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies – the need for standardization', **Urban Climate**. [s.l.]. vol. 10, no. Part 2, pp. 346–366. 2014.

KANE R. P. Prediction of droughts in Northeast Brazil: Role of ENSO and use of periodicities. **Int J Climatol**. [s.l.]. v.17. p. 655–665. 1997.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. A importância relativa do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista brasileira de meteorologia**. [s.l.]. n. 22. v. 1. 2007

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da região Nordeste do Brasil. In: **Tempo e clima no Brasil**. Cavalcanti, I. F. de A. (Org). São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

KNEZ, I.; THORSSON, S. Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square. **International Journal of Biometeorology**. [s.l.]. v. 50, n. 5, p. 258-268, May 2006.

KRUGUER, E. L; ROSSI, F. A . Effect of personal and microclimatic variables on observed thermal sensation from a field study in Southern Brazil. **Build Environ**. [s.l.]. v. 46. p. 690-697. 2011.

KRUGUER, E. L; ROSSI, F. A; DRACH, P. Calibration of the PET index for three different climatic region. **International Journal of Biometeorology**. [s.l.]. v. 61 (7). 2017.

LACERDA, F, L.: VIEIRA DE MELO, A. V. P.; SOARES, D, B. Análise preliminar na detecção de tendências no padrão pluviométrico na Bacia do Pajeú – PE: Mudanças climáticas ou variabilidade?, In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 18, 2009, Campo Grande-MT. **Anais...**, CD Room, 2009

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A.; GOULART, S.; VECCHI, R. de. **Conforto e stress térmico. Santa Catarina**: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%202011.pdf_2.pdf . Acesso 06 out. 2021.

LAPIS. Laboratório de Análise e processamento de imagens de satélite da Universidade Federal de Alagoas. Disponível em: <https://lapismet.com.br/>. Acesso 10 mai. 2024.

LEITE, E. S. C. de M. **Stress térmico por calor: estudo comparativo dos métodos e normas de quantificação**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

LIMA, R. C. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ-MARIN, A. M. 2011. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA-PB. 209p.

LUCENA, R. L.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; STEINKE, E. T. Índices de (des)conforto humano em um município de clima semiárido. **Revista Brasileira de Geografia Física**. [s.l.]. v.13, n.07(2020) 3287-3303.

LUCENA, R. L.; SILVA, A. D. G da.; ESTECA, F. C. N.; GALVANI, E. Clima e balanço hídrico climatológico de áreas serranas e da depressão sertaneja do semiárido brasileiro. **Revista Agrogeoambiental**. [s.l.]. v.16, e20241833, 2024.

MAIA, J. A.; GONÇALVES, F. L. T. Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorológicas na cidade de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., Foz do Iguaçu, 2002. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: 2002.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: MMA, 2006. 202 p. il. (Biodiversidade, 26).

MARENGO, J.A.; VALVERDE, M.C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC AR4. **Revista Multiciência**. [s.l.]. v. 8, p. 5-28, 2007

MARENGO, J.A., ALVES, L.M., BESERRA, E.A., LACERDA, F.F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro, in: **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, 2011.

MARENGO, JOSE; CUNHA, ANA PAULA & ALVES, LINCOLN. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanalise**. [s.l.]. v. 04. p. 49-54. 2016.

MARTINS, Rodrigo Constante. O paradoxo de Giddens. Contemporânea – **Revista de Sociologia da UFSCar**. São Carlos, Departamento e Programa de Pós-Graduação em Sociologia da UFSCar, 2011, n. 1, p. 237-243

MASCARÓ, L. **Ambiência urbana**. Porto Alegre: Sagra; D. C. Luzzatto, 1996.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO, 2001.

MEDEIROS, S. de S. et al. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido Brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVIERA, I. **Climatologia: noções básicas e clima do Brasil.** Oficina de Textos, São Paulo, 2007, 206p.

METJE, N. STERLING, M; BAKER, C. J. Pedestrian comfort using clothing values and body temperature. **J. Wind. Eng. Ind. Aerodyn.** [s.l.]. v. 96. p. 412-435. 2008.

MILLY, P. C. D.; DUNNE, K. A.; VECCHIA, A. V. V. Global pattern of trends in streamflow e water availability in a changing climate. **Nature.** [s.l.]. v. 438, nov. 2005

MMA. Relatório nº 6: **Mudanças Climáticas e possíveis alterações nos Biomas da América do Sul.** 2007.

MOLLE, F. **Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes.** Série Brasil. SUDENE. Hidrologia. Recife, série.25, 1989. p. 11-70.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. de O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia.** [s.l.]. v.17, n.1, 1- 10, 2002.

MONTENEGRO, A.A.A; MONTENEGRO, S.M.G.L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. IN: **Recursos hídricos em regiões semiáridas /** editores, Hans Raj Gheyi, Vital Pedro da Silva Paz, Salomão de Sousa Medeiros, Carlos de Oliveira Galvão - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012, 258P.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano.** São Paulo: IGEOG/USP, 1976.181p.

MONTEIRO, J. B. A influência de teleconexões e sistemas meteorológicos produtores de precipitação no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Geografia Física.** [s.l.]. v.15, n.01 (2022) 312-332.

MONTEIRO, L. M. **Modelos preditivos de conforto térmico: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos.** Tese. USP. 2008. 378p.

MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in the Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Jornal of Atmospheric Sciences.** [s.l.]. v. 38, n.12, 2653-2675, 1981.

NAE - Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Mudança de Clima, Vol. I: Negociações internacionais sobre a mudança de clima; vulnerabilidade, impactos e adaptação á mudança de clima. **Cadernos NAE**, NAE-SECOM 2005. Brasília, 250 pp

NIEUWOLT, S. **Tropical Climatology: an introduction to the climates of the low latitudes.** London and New York: John Wiley, 1977. ix, 207 p.

NIKOLOPOULOU, M.; STEEMERS, K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. **Energy and Buildings.** [s.l.]. v. 35, n. 1, p. 95-101, Jan. 2003.

NIKOLOPOULOU, M.; STEEMERS, K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. **Energy and Buildings**. [s.l.]. v. 35, n. 1, p. 95-101, Jan. 2003.

NIKOLOPOULOU, M; BAKER, N. STEEMERS, K. Improvements to the globe thermometer for outdoor use, **Arch. Sci. Ver.** [s.l.]. v. 42 (1999) 27–34.

NIMER, E. Circulação atmosférica do Nordeste e suas consequências: o fenômeno das secas. In: **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NIMER, E. Climatologia da Região Nordeste. In: **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NG, E. CHENG, V. Urban Human Thermal comfort in hot and humid Hong Kong. **Energy Build.** [s.l.]. v. 55, p. 51-65. 2012

NOBRE, C.; OYAMA, M. D.; OLIVEIRA, G.S., MARENGO, J.A.; SALATI, E. Impacts of climate change scenarios for 2091-2100 on the biomes of South America. **First CLIVAR International Conference**, Baltimore, USA, 21-25 June. 2004.

NOBRE, C.; ASSAD, E.D.; OYAMA, M.D. Mudança ambiental no Brasil. In: **Terra na Estufa**, ed. especial Scientific American Brasil, n. 12, pp. 70-75. 2005.

OJIMA, R. Urbanização, dinâmica migratória e sustentabilidade no semiárido nordestino: o papel das cidades no processo de adaptação ambiental. **Cadernos Metrópole**. São Paulo, v. 15, n. 29, pp. 35-54. 2013.

OLGYAY, V. **Design with climate: a bioclimatic approach to architectural regionalism**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

OLIMPIO, J. L. S. **Análise multicritério do Risco de Desastres Naturais: um estudo sobre a seca na região Nordeste do Brasil**. Tese. Universidade Federal do Ceará. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Fortaleza, 2017.

OLIVEIRA, C. M. S.; VIANNA, P. J. R. **Desenvolvimento regional: 50 anos do BNB**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2005. 340 p.

OLIVEIRA, H. W. da S; SARAIVA, A. L. B. da C. Estudo microclimático nas escolas de ensino fundamental II na zona urbana de Janduis-RN. **Revista GeoInterações**, Assú, v.3, n.1, p.26-41, jan./jun. 2019.

OLIVEIRA, J. R. F. de. **O clima urbano em cidade de pequeno porte no semiárido cearense: o caso de Crateús**. Tese. Programa de pós-graduação em Geografia. UFC. 2020. 151 f.

OLIVEIRA, P. E.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K.. Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. [s.l.]. v. 152, p. 319-337, 1999.

OYAMA, M. **Conseqüências climáticas da mudança de vegetação do nordeste brasileiro: um estudo de modelagem**. Tese de doutorado. São José dos Campos. 2002. 222 p.

PBMC. Sumário Executivo do Volume 1 - Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 para o **1º Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Volume Especial para a Rio+20. Rio de Janeiro, Brasil, 34 p, 2012.

PANET, M. de F. **Um futuro confortável: modelagem preditiva de sensação térmica de pessoas idosas residentes em localidade do semiárido da Paraíba/Brasil**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2018. 151f.

PARSONS, K. C. **Human thermal environments**. 2. ed. New York: Taylor & Francis, 2006.

PEREIRA, D. S. P. ; FORMIGA-JOHNSON, R. M. . Descentralização da gestão de recursos hídricos em bacias nacionais no Brasil. **Revista de Gestão de Águas da América Latina**, Santiago, v. 2, n. 1, p. 53-72, 2005.

PETALAS, K. V. **Estudo da sensação térmica e definição de limites de conforto para espaços abertos na cidade de Fortaleza, CE**. Tese (doutorado). Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Fortaleza, 2015.

PETERSON, L. C. e HAUG, G. H.. Variability in the mean latitude of the Atlantic Intertropical Convergence Zone as recorded by riverine input of sediments to the Cariaco Basin (Venezuela). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. [s.l.]. v. 234, p. 97– 113, 2006.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD. **IDHM**. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/ranking>. Acesso 07 fev. 2022.

RAMALHO, M. F. de J. L. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território**, Natal, v. 25, n 2, edição especial, p. 104-115, jul./dez. 2013.

RAYMOND, C.; MATTHEUS, T.; HORTHON, H. M. The emergence of heat and humidity too severe for human tolerance. **SCIENCE ADVANCES**. [s.l.]. v. 8. 2020. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaw1838>

RIBEIRO, R. W. Seca e Determinismo: a Gênese do Discurso do Semi-árido Nordestino. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ** Volume 22 , 1999.

RIBEIRO, K. F. A; JUSTI, A. C. A; SANTOS, F. M de M; nogueira, M. C. J A; MUSIS, C. R de. Análise dos índices de conforto térmico PMV e PET em diferentes tipos de

coberturas em ambiente aberto na cidade de Cuiabá-MT. **Revista Brasileira de Climatologia**. [s.l.]. Ano 16 – Vol. 26 – JAN/JUN. 2020.

RIBEIRO, K. F. A . **Calibração do índice de conforto térmico PET (temperatura fisiológica equivalente) em espaços abertos para a cidade de Cuiabá-MT**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2019.106 f.

RIVERO, R. **Acondicionamento térmico natural**: arquitetura e clima. 2. ed. Porto Alegre: D. C. Luzzatto Editores, 1986.

ROOSEVELT, A. C. et al. The migrations and adaptations of the first americans: Clovis and Pré-Clovis viewed from South America. In: *The First Americans: The Pleistocene Colonization of the New World*. [N. G. Jablonski (Ed.)]. **Memoirs of the California Academy of Sciences**. [s.l.]. v. 27, 159-235, San Francisco. 2002.

ROSSI, F. A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba**. 190 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

ROSSI, F. A; KRUGER, E. L; BRODE, P. Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 41-59, jan./mar. 2013.

SALAZAR, L.F.; NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D.; Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America, **Geophysics Research Letter**. [s.l.]. v.34, L09708, 2007.

SALES, D.C.; COSTA, A.A.; SILVA, E.M.; VASCONCELOS JÚNIOR, F.C.; CAVALCANTE, A.M.B.; MEDEIROS, S.S.; MARIN, A.M.P.; GUIMARÃES, S.O.; ARAUJO JUNIOR, L.M.; PEREIRA, J.M.R. Projeções de mudanças na precipitação e temperatura no Nordeste Brasileiro utilizando a técnica de downscaling dinâmico. **Revista Brasileira de Meteorologia**. [s.l.]. v. 30, n. 4, p. 435-456, 2015.

SALES, E. S. G.; MATSUNAGA, W. K.; NUNES, M. M. A. M.; SOUZA, CAMPOS, J. H. B. C.; ARRAUT, J. M.; BRITO, J. I. B. Classificação de áreas semiáridas e subúmidas secas utilizando diferentes índices climáticos. **Revista Brasileira de Geografia Física**. [s.l.]. v.14, n.02. 479-491. 2021.

SANTANA, A.S. de, SANTOS, G.R. dos. **Impactos da seca de 2012-2017 na região semiárida do Nordeste**: notas sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas. IPEA. (Boletim regional, urbano e ambiental, 22). 2020.

SANTOS, Juvandi de Sousa. **Ocupação humana, caatinga, paleoambientes e mudanças ambientais nos setores nordestinos**. João Pessoa: JRC Gráfica, 2009.

SANTOS, J. S. dos. **Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Campina Grande, 2011. 108f.

SARAIVA, A. L. B. C. **O clima urbano de Mossoró (RN): o subsistema termodinâmico.** 2014. 234 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014. Disponível em: Acesso em: 28 setembro 2022.

SARAIVA, A. L B da C. A natureza cíclica do clima: uma leitura do ritmo climático no semiárido potiguar – Mossoró/RN. In: **Geografia do semiárido Potiguar: perspectivas geoambientais para o reconhecimento e planejamento do território.** SARAIVA, A. L B da C e PEREIRA NETO, M. C. (Orgs). Mossoró, RN: EDUERN, 2020.

SIFEDDINE, A.; ALBUQUERQUE, A. L. S.; LEDRU, M. P.; TURCQ, B.; KNOPPERS, B.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; CORDEIRO, R. C.; ABRÃO, J. J. e BITTENCOURT, A. C. S. P.. A 21000 cal years paleoclimatic record from Caçó Lake, nrthern Brazil: evidence from sedimentary and pollen analyses. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology.** [s.l.]. v. 168, p. 25-34, 2003.

SILVA, F. D. dos S; COSTA, R. L; MELO, M. L. D. de; CABRAL JÚNIOR, J. B; SILVA, H. J. F da; VANDERLEI, M. H. G. dos S. Biometeorologia - índices de conforto térmico. In: **Meteorologia em tópicos** (volume 8). Glauber Lopes Mariano (org). Maceió: Edufal, 2023. 188 p. ISBN 978-65-5624-201-9 (EDUFAL).

SILVA, F. T da; ALVAREZ, C. A de. A correlação entre variáveis climáticas em diferentes configurações urbanas. Connecting People and Ideas . **Proceedings of EURO ELECS 2015.** Guimarães, Portugal . ISBN 978T989T96543T8T9

SILVEIRA, Cleiton da Silva; SOUZA FILHO, Francisco de Assis de; MARTINS, Eduardo Sávio Passos Rodrigues; OLIVEIRA, Juliana Lima; COSTA, Alexandre Cunha; NOBREGA, Marcio Tavares; SOUZA, Saulo Aires de; SILVA, Robson Franklin Vieira. Mudanças climáticas na bacia do rio São Francisco: uma análise para precipitação e temperatura. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 416 - 428, 2016.

SILVEIRA,C. S.; FILHO,F. A. S.; JÚNIOR, F. D. C. V; JÚNIOR,L. M. de A.; CABRAL, S. L. Mudanças climáticas e o setor hidroelétrico brasileiro: uma análise com base em modelos do IPCC-AR5. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais.** [s.l.]. v. 47, p. 46-60, 2018.

SINGH, M. K.; MAHAPATRA, S.; ATREYA, S. K. Development of bio-climatic zones in north-east India. **Energy and Buildings.** [s.l.]. v. 39, n. 12, p. 1250-1257, Dec. 2007.

SOUSA, M. C. B. de. **Desejo por conforto térmico: estratégias adaptativas e modelos de conforto térmico no semiárido paraibano.** Dissertação. UFPB. João Pessoa. 2018. 134f.

SOUSA, M. C. B. **Estudos de conforto térmico em ambientes ventilados naturalmente em Campina Grande – PB.** Tese. UFPB. João Pessoa. 2022. 193f.

SOUZA, D. M. de; NERY, J. T. O conforto térmico na perspectiva da climatologia geográfica. **Geografia.** [s.l.]. v. 21, n. 2, p. 65-83, maio/ago. 2012.

SPAGNOLO, J.; DE DEAR, R. A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. **Building and Environment**. [s.l.]. v. 38, n. 5, p. 721-738, May 2003.

SUASSUNA, J. **A pequena e média açudagem no semi-árido nordestino: uso da água na produção de alimentos**. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/artigos-de-joao-suassuna/a-pequena-e-media-acudagem-no-semiarido-nordestino-uso-da-agua-para-producao-de-alimentos-artigo-de-joao-suassuna-maio-2017>. Acesso 10 ago. 2022 .

SUDENE. **Relatório Final do grupo de trabalho para delimitação do Semiárido**. Ministério da Integração Nacional. 2017. 429p. Disponível em: http://sudene.gov.br/images/2017/arquivos/Item_1.6.6_-_Relat%C3%B3rio_final_do_GT_Delimita%C3%A7%C3%A3o_do_Semi%C3%A1rido.pdf Acesso em: 10 ago. 2020.

SUDENE. **Relatório Final Preliminar para delimitação do Semiárido**. Ministério do Desenvolvimento Regional. 2021. 272p. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiaridorelatorionv.pdf>. Acesso 20 set. 2022.

SUPING, Z.; GUANGLIN, M.; YANWEN, W.; JI, L. Study of the relationships between weather conditions and the marathon race, and of meteorotropic effects on distance runners. **International Journal of Biometeorology**. [s.l.]. v. 36, p. 63–68, 1992.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**. [s.l.]. v. 38. 1948. Disponível em <https://www.jstor.org/stable/210739?seq>. Acesso: 28 set. 2022.

THORSSON, S.; LINDBERG, F.; ELIASSON, I.; HOLMER, B. Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. **Int. J. Climatol**. [s.l.]. 2007, 27, 1983–1993.

TURCQ, B.; ALBUQUERQUE, A. L. S.; CORDEIRO, R. C.; SIFEDDINE, A.; SIMÕES FILHO, F. F. L.; SOUZA, A. G.; ABRÃO, J. J.; OLIVEIRA, F. B. L.; SILVA, A. O.; CAPITÂNEO, J.. Accumulation of organic carbon in five Brazilian Lakes during the Holocene. **Sedimentary Geology**. [s.l.]. v. 148, p. 310-342, 2002.

UTILDA, G. **Variações paleoambientais e paleoclimáticas durante o Holoceno no Rio Grande do Norte a partir do estudo de registros geoquímicos de sedimentos de lagos e cavernas**. Tese. Programa de pós-graduação em Geoquímica e Geotectônica. Universidade de São Paulo. 2016.

UVO, C.R.B. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da região Norte do Nordeste Brasileiro**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. INPE, São José dos Campos, 1987.

VALDES, P. J. South American palaeoclimate model simulations: How reliable are the models? **Journal of Quaternary Science**. [s.l.]. v.15, n.4, p.357-368, 2000.

VERHEYE, W. H. **Land use, land cover and soil sciences**. EOLSS Publ., 2009.

VIEIRA, V. P. P. B. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no semiárido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. [s.l.]. v. 8, p.7-17, 2003.

VIEIRA R. M. S. P; TOMASELLA J, ALVALA R. C.S; SESTINI M.F; AFFONSO A.G; RODRIGUEZ D.A; BARBOSA A. A; CUNHA A. P. M. A; VALLES G. F; CREPANI E; DE OLIVEIRA S. B. P; DE SOUZA M. S. B; CALIL P.M; DE CARVALHO M. A; VALERIANO D. M; CAMPELLO F. C. B; SANTANA M. O. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**. [s.l.]. v. 6. p. 347–360. 2015.

WANG, X. et al., 2004: Wet periods in Northeastern Brazil over the past 210 kyr linked to distant climate anomalies. **Nature**, [s.l.]. v. 432, p. 740-743.

WHITTLESEY, Derwent. O Conceito Regional e o Método Regional. In: **Boletim Geográfico**. [s.l.]. n 154, ano 1960, p. 5-36.

YAHIA, M.W.; JOHANSSON, E. Evaluating the behaviour of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria. **Int. J. Biometeorol.** [s.l.]. 2013, 57, 615–630.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino De Geografia**. [s.l.]. v. 36. 2014. P. 126–142.

APÊNDICE A - MODELO PADRÃO DE QUESTIONÁRIO UTILIZADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC) - CENTRO DE CIÊNCIAS –
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Questionário referente à pesquisa: ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO NO CLIMA SEMIÁRIDO – Proposta de Diagrama de Conforto Térmico Humano (DICTHUS)

Autora: Flávia Ingrid Bezerra Paiva Gomes Prof^ª. Orientadora: Maria Elisa Zanella

Data: ____/____/____ Hora: ____ Questionário Número: _____

Local: _____

Zona Urbana () Zona Rural ()

1. É Natural da Região Nordeste? () Sim; () Não.

Se não, Qual Estado/País de nascimento? _____

2. Há quanto tempo mora nessa região? _____ anos.

3. Idade: _____ anos. 4. Sexo Biológico: () Feminino () Masculino

5. Peso: _____ 6. Altura: _____

7. Fisicamente, como você está se sentindo hoje?

() muito bem () bem () normal () levemente indisposto

() indisposto () muito indisposto

8. Aproximadamente, há quanto tempo você se encontra aqui, nesse local?

() A menos de 20 minutos () a mais de 20 minutos

9. Termicamente, como você **está se sentindo** nesse momento?

() com muito frio () frio () fresco () levemente fresco () neutro

() levemente com calor () com calor () com muito calor () com calor extremo

10. Como você gostaria de estar se sentindo agora?

() bem mais fresco () levemente mais fresco () como está

() com um pouco mais de calor () com calor

11. Você considera que a forma como está vestido contribui para o seu conforto térmico?

() sim () não. Por quê?

() por ser leve e fresca () por proteger do sol () pois me mantém aquecido(a)

() por ser de cor clara () por ser de cor escura

() outro _____

12. Você costuma se vestir sempre assim? () Sim () Não.

Se não: () costumo me vestir de forma mais fresca

() costumo me vestir de forma mais fechada/pesada

() costumo me proteger mais do sol () outro _____

13. Como você avalia o nível de umidade da sua pele nesse momento?

() A testa e o corpo estão secos

() A pele está pegajosa, mas sem umidade visível

() A umidade sobre a pele é visível

() A testa e o corpo estão suados

() As roupas estão parcialmente molhadas

() As roupas estão quase completamente molhadas

() As roupas estão encharcadas de suor

14. Considerando o “clima” nesse exato momento, como o(a) senhor(a) está se sentindo?

() muito desconfortável () desconfortável () nem desconfortável nem confortável

() confortável () muito confortável

15. Para melhorar seu nível de conforto térmico, o(a) senhor(a) costuma usar algum equipamento em casa?

() Não () Sim.

Qual? () ventilador () ar condicionado () climatizador () umidificador

E no trabalho? () Não () Sim.

Qual? () ventilador () ar condicionado () climatizador () umidificador

16. Com relação ao tempo/clima o que mais lhe incomoda?

(podem ser marcadas várias alternativas)

() sol forte/calor intenso () vento forte () céu nublado () claridade intensa

() tempo abafado () chuva forte () tempo seco () nada

() outro: _____.

17. Com relação ao clima, qual o período do ano que você se sente mais confortável?

_____.

Por quê? (podem ser marcadas várias alternativas)

() o clima está mais fresco () a temperatura mais baixa () está mais ventilado

não faz nem calor nem frio chove não chove muito

o sol está fraco o céu está nublado.

E qual o período que você se sente mais desconfortável? _____.
Por quê? (podem ser marcadas várias alternativas)

está muito quente o tempo está abafado o sol está forte não venta

venta muito chove muito não chove tempo fica instável

o ar está seco está nublado

18. De maneira geral, como você prefere se sentir?

mais fresco mais aquecido neutro

19. Qual o turno do dia que você considera termicamente mais agradável?

Manhã Tarde Noite Madrugada

Por quê? (podem ser marcadas várias alternativas)

o clima está mais fresco a temperatura mais baixa está mais ventilado

não faz nem calor nem frio corre uma brisa fresca não tem sol

o sol está fraco o ar está mais úmido não faz frio.

20. Você considera o clima da sua região desagradável?

sim não; Se sim, o que mudaria se pudesse:

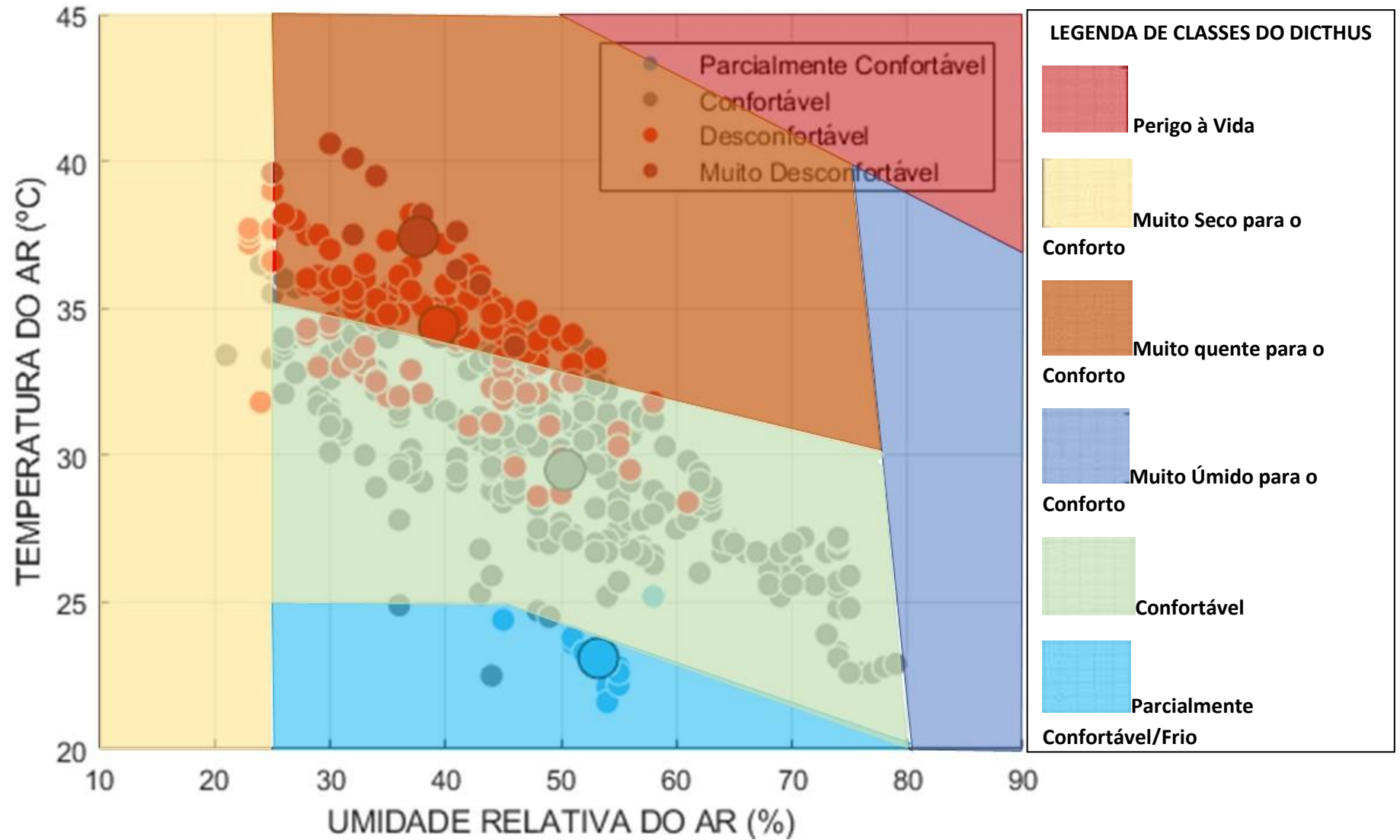
Se não, o que mais lhe agrada:

Valores momentâneos das componentes climáticas

Temp. do Ar: _____ Temp. de Bulbo Úmido: _____ Umidade relativa: _____

Temp. de Globo: _____ Temp. Med. Radiante: _____ Vel. do Vento: _____

APÊNDICE B – DICHTUS SOBREPOSTO AOS DADOS CALCULADOS DE UTCI E SEGREGADOS SEGUNDO AS FAIXAS CALIBRADAS PARA O SEMIÁRIDO



ANEXO A – IMAGENS DE ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADO DOS PERÍODOS DE COLETA DE DADOS.

FONTE: LAPIS. Na legenda compara-se a média da série histórica para o período com os valores de precipitação.

