UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

AMANDA SENA DE SÁ

ANÁLISE DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO (IDT) E SUA PROJEÇÃO PARA CENÁRIOS FUTUROS NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA

ANALYSIS OF THE THERMAL DISCOMFORT INDEX (TDI) AND ITS PROJECTION FOR FUTURE SCENARIOS IN THE MUNICIPALITY OF TUCURUÍ - PA

TUCURUÍ-PA
2023

AMANDA SENA DE SÁ

ANÁLISE DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO (IDT) E SUA PROJEÇÃO PARA CENÁRIOS FUTUROS NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA

ANALYSIS OF THE THERMAL DISCOMFORT INDEX (TDI) AND ITS PROJECTION FOR FUTURE SCENARIOS IN THE MUNICIPALITY OF TUCURUÍ - PA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campus Universitário de Tucuruí, Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa.

TUCURUÍ-PA
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S111a Sá, Amanda Sena de.
Análise do índice de desconforto térmico (IDT) e sua projeção para cenários futuros no município de Tucuruí-PA. / Amanda Sena de Sá. — 2023.
32 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2023.

1. Climatologia. 2. Mudanças climáticas. 3. Amazônia. 4. Temperatura. 5. Umidade. I. Título.

CDD 551.609811

AMANDA SENA DE SÁ

ANÁLISE DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO (IDT) E SUA PROJEÇÃO PARA CENÁRIOS FUTUROS NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA

ANALYSIS OF THE THERMAL DISCOMFORT INDEX (TDI) AND ITS PROJECTION FOR FUTURE SCENARIOS IN THE MUNICIPALITY OF TUCURUÍ - PA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campus Universitário de Tucuruí, Universidade Federal do Pará.

Data de Aprovação: **13/12/2023**
Conceito: **EXC**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa
Orientador – FAESA/CAMTUC/UFPA

Profa. Ma. Vanessa Conceição dos Santos
Examinadora Interna – FAESA/CAMTUC/UFPA

LAILA ROVER SANTANA:00373092261
Assinado de forma digital por LAILA ROVER SANTANA:00373092261
Dados: 2023.12.15 12:51:39 -03'00'

Profa. Ma. Laila Rover Santana
Examinadora Externa – IFPA/Campus Breves

Dedico este trabalho em forma de gratidão à minha mãe Cirlene, por durante toda a minha vida ser minha maior fonte de amor e consolo. Almejo um dia retribuir todo o esforço e companheirismo, você é meu maior exemplo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por todo cuidado desde o meu nascimento até aqui. Sei que nada disso seria concluído se não houvesse a Sua misericórdia e bênção sobre a minha vida. Jesus, eu confio em Vós!

À minha família, em especial à minha mãe Cirlene, que sempre me ensinou a persistência, humildade e bondade. Você, que nunca mediu esforços para me apoiar e incentivar, não chegaria aqui sem a sua ajuda, zelo e amor. Obrigada por segurar a barra quando eu pensava em desistir, essa realização não é minha, é nossa!

Aos meus entes queridos, meu irmão Júnior (*in memoriam*), minha avó Maria (*in memoriam*) que partiram e não puderam presenciar a minha aprovação em 2018, mas eu nunca duvidei da felicidade que sentiriam na conclusão desta etapa em minha vida. E também, a Jéssica (*in memoriam*) que esteve presente em 2018 quando meu nome apareceu no listão, você partiu faltando muito pouco para presenciar este dia, obrigada por todos os momentos vividos.

À minha dupla, Luana Pinheiro, sem a sua amizade, conforto e ajuda não chegaria até aqui. O seu companheirismo fez toda a diferença nesses anos, sua alegria me confortava e seus incentivos me fizeram chegar longe. Obrigada por tudo, minha amiga!

A todos os colaboradores do Campus Tucuruí e ao corpo docente da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, pelos ensinamentos nesta trajetória de 5 anos de graduação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Eduardo, por todas as orientações e paciência, saiba que a convivência durante esses quase dois anos me incentivou a ser uma profissional dedicada e apaixonada pela profissão. As suas disciplinas foram “viradas de chave” para mim, obrigada, de verdade, por tudo.

A Atlética Predadores, por ser meu refúgio, integração e felicidade. As memórias adquiridas ficaram para sempre em meu coração. Fazer parte e ter contribuído com o sucesso dessa atlética é motivo de muito orgulho.

À minha empresa júnior, Esquadro Projetos e Consultoria, por me apresentar o Movimento Empresa Júnior, onde pude adquirir competências, qualidades e experiências que serão essenciais na minha vida profissional. Eu torço para que o sucesso dentro da empresa se perdure por muitos anos.

Aos meus amigos de vida, pela amizade, força, parceria e principalmente por acreditarem em mim! Vocês estiveram presentes em cada etapa desse processo da graduação. Muito obrigada, amo vocês!

“Não espere o futuro mudar sua vida, porque o futuro é a consequência do presente.” Racionais MC’s

RESUMO

Com as mudanças climáticas acontecendo no planeta, como a elevação da temperatura média da terra, onde a Amazônia é notoriamente uma das regiões mais suscetível a sentir impactos. As condições meteorológicas, como temperatura e umidade do ar, desempenham um papel crucial no desconforto térmico. O índice de desconforto térmico (IDT) quantifica os níveis de estresse que uma pessoa experimenta em face dessas condições adversas. O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar, calcular os índices de desconforto térmico no município de Tucuruí (PA) e suas projeções para cenários futuros. A partir dos dados observados de temperatura e umidade (1980 a 2022), e dos cenários futuros RCP 4.5 e RCP 8.5 foram analisados a variabilidade das variáveis climatológicas. Na última etapa realizou-se o cálculo do IDT dos dados observados e dos cenários futuros. A partir dos resultados, foi possível observar que as variáveis meteorológicas se correlacionam agindo de maneira inversa, havendo quedas significativas nas taxas de umidade com o passar dos anos. Constatou-se que o município de Tucuruí se apresenta de maneira constante na zona de desconforto leve, e que as variáveis meteorológicas influenciam bastante o IDT, principalmente durante a estiagem do município. No RCP 8.5, apesar de começar na zona de conforto, a partir do meio do século apresentará índices de desconforto do leve desconforto ao desconforto por aquecimento.

Palavras-chave: Climatologia; Mudanças Climáticas; Temperatura; Umidade; Amazônia.

ABSTRACT

With climate change happening on the planet, such as the rise in the average temperature of the earth, where the Amazon is notoriously one of the regions most susceptible to feeling impacts. Meteorological conditions, such as air temperature and humidity, play a crucial role in thermal discomfort. The thermal discomfort index (TDI) quantifies the levels of stress that a person experiences in the face of these adverse conditions. The objective of this work was to analyze the variability of temperature and relative humidity, calculate thermal discomfort indices in the municipality of Tucuruí (PA) and its projections for future scenarios. Based on observed temperature and humidity data (1980 to 2022), and future scenarios RCP 4.5 and RCP 8.5, the variability of climatological variables was analyzed. In the last stage, the IDT of the observed data and future scenarios was calculated. From the results, it was possible to observe that meteorological variables correlate, acting inversely, with significant drops in humidity rates over the years. It was found that the municipality of Tucuruí is constantly in the mild discomfort zone, and that meteorological variables greatly influence the IDT, especially during drought in the municipality. In RCP 8.5, despite starting in the comfort zone, from the middle of the century it will present discomfort levels ranging from mild discomfort to heating discomfort.

Keywords: Climatology. Climate changes. Temperature. Humidity. Amazon.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 6

2 METODOLOGIA 8

2.1 ÁREA DE ESTUDO 8

2.2 DADOS CLIMATOLÓGICOS 9

2.2.1 Dados observados 9

2.2.2 Dados futuros - General Circulation Models (GCMs) 9

2.3 ESTIMATIVA E CLASSIFICAÇÃO DO DESCONFORTO TÉRMICO 10

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES 11

3.1 ANÁLISE ESTATÍTICA DOS DADOS CLIMATOLOGICOS 11

3.1.1 Dados Observados 11

3.1.2 Dados Futuros 15

3.1.2.1 Cenário RCP 4.5 15

3.1.2.2 Dados Futuros: Cenário RCP 8.5 17

3.2.1 IDT Observado 20

3.2.2 IDT para os Cenários Futuros 22

4 CONCLUSÃO 24

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO 25

ANEXO I - REVISTA QUE O MANUSCRITO SERÁ SUBMETIDO (QUALIS A3) 28

1 INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial no século XVIII, é perceptível que o planeta passou por diversas mudanças em sua temperatura média, e que hoje impactam diretamente em pautas socioeconômicas e climáticas, que possuem forte interligação entre si. Segundo Artaxo (2014), o aumento de temperatura vem sendo constatado desde o ano de 1850, com uma crescente de aproximadamente 1 grau Celsius, em média, na escala mundial, e de 1,5 graus no Brasil.

A Organização Mundial de Meteorologia (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) criou em 1988 o *Intergovernmental Painel on Climate Change* - IPCC. O IPCC é formado por diversas instituições científicas de diferentes países, onde tem o papel de analisar, mensurar as possíveis mudanças no clima e elaborar relatórios técnicos (ARs) que detalham os possíveis impactos, medidas de adaptação e vulnerabilidade do mundo às mudanças climáticas (Costa, Blanco e Oliveira-Júnior, 2020).

Até agora, têm-se cinco relatórios: AR1 (1990), AR2 (1995), AR3 (2001), AR4 (2007), AR5 (2014) e o AR6 (2023) que estão em fase de conclusão. Os resultados são encaminhados a formuladores de políticas públicas, a fim de obter um assentimento governamental. Assim, é coerente dizer que o IPCC é um órgão híbrido pois atua em cima dos deveres científicos e políticos.

O IPCC, em seu quinto relatório (AR5), destaca os cenários futuros provenientes das mudanças do clima que ocorre no nosso planeta, onde chama-se de RCPs – *Representative Concentration Pathaways*. Conforme Costa, Blanco e Oliveira-Júnior (2021), os RCPs são simulações do grau de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), como também emissão de poluente na atmosfera durante o século XXI. Existe o RCP 2.6, baseado em um contexto de mitigação extremamente severo; RCP 4.5 e RCP 6 com um cenário otimista em relação as emissões; e o RCP 8.5 que é intitulado como o pior cenário, em hipótese, com as maiores emissões e efeitos sobre o clima.

Ayoade (1986) diz que o clima consegue atingir a energia, saúde e conforto dos seres humanos, quando estabelecido no meio ambiente. O uso inconsequente dos recursos naturais, e as elevadas emissões do GEE interferem de maneira direta ou indireta no clima. Segundo Marengo (2008), o Brasil está mais suscetível a sofrer as consequências das mudanças climáticas, onde regiões como Amazônia e Nordeste brasileiro podem ser as mais afetadas. A Amazônia possui um destaque maior por possuir características climáticas como temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar superiores as outras regiões do país (Monteiro et al., 2016).

Em conformidade com Ribeiro e Navas (2018), as atividades antrópicas poluidoras são as grandes responsáveis pelo aquecimento global causado através do efeito estufa, provocando o aumento da temperatura no planeta. Já a umidade relativa do ar (UR) possui uma variação inversa com a temperatura do ar, em períodos mais quentes é frequente que a UR tenha uma diminuição, e em horários mais frios há uma crescente na sua variação.

Marin, Assad e Pilau (2008) citam que a umidade é um índice para indicar a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera. Este fenômeno está vinculado ao processo de evaporação e transpiração do ciclo hidrológico, ambos os processos contribuem significativamente para a umidade atmosférica, desempenhando um papel crucial no equilíbrio do ciclo hidrológico. Aride et al. (2014) destacam que, nos últimos anos houve uma elevação de temperatura e diminuição da umidade relativa do ar nos centros urbanos, havendo relações com a urbanização das cidades, através da substituição de áreas verdes por áreas de concreto e pavimentação.

Os índices de temperatura e UR estão diretamente ligados ao conforto térmico, e Djongyang (2010) afirmam que o conforto térmico está ligado a satisfação que uma pessoa sente em um ambiente resultante das trocas de calor do corpo e ambiente. De Souza e Nery (2012) citam que o desconforto térmico interfere na qualidade de vida em sociedade, visto que as reações diante ao desconforto envolvem saúde pública, rentabilidade do trabalho, consumo de energia e sociabilidade.

O desconforto térmico gerado através do calor pode estimular problemas de saúde como astenia, cansaço, irritação e ressecamento dos olhos (Lan et al., 2011). É extremamente importante compreender como as variáveis meteorológicas podem estar associadas ao desconforto térmico humano, e com o intuito de avaliar isso, existem diversos modelos matemáticos que contabilizam o nível de estresse do indivíduo por meio de índices que levam em consideração estas variáveis (Din et al., 2014)

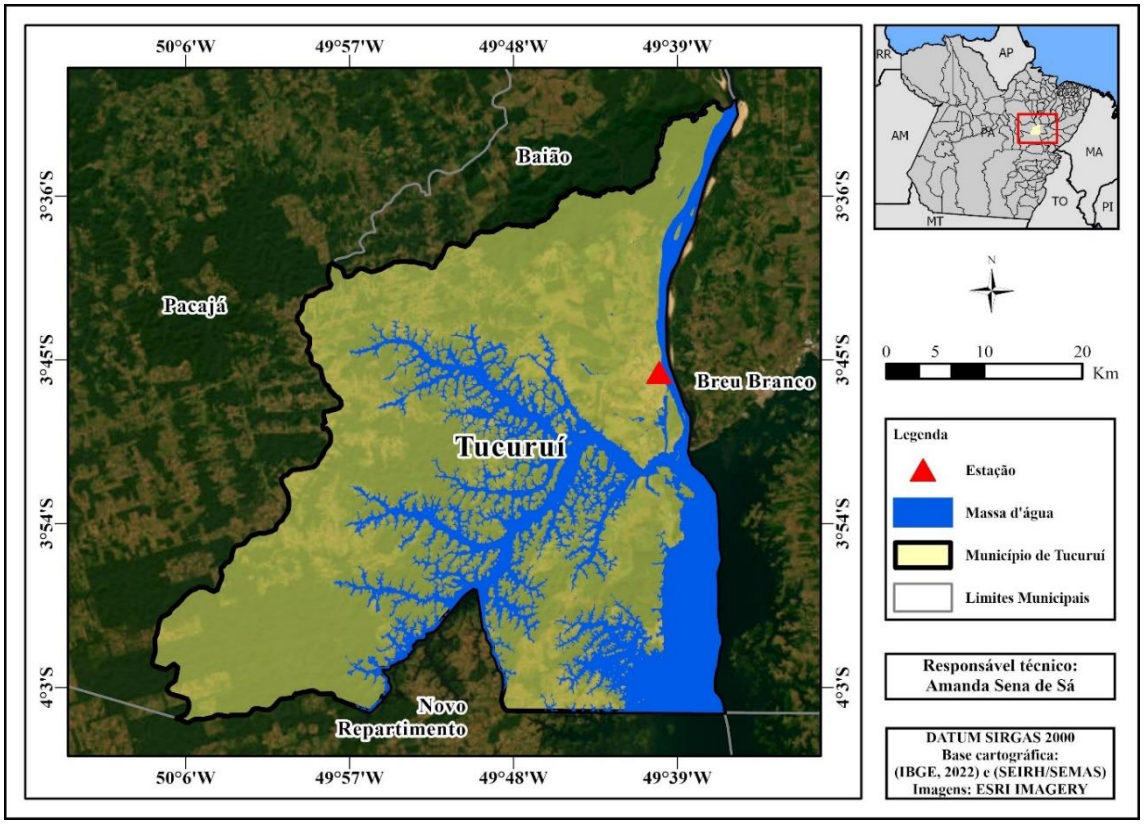
Bezerra (2019) destaca a importância da climatologia urbana, como uma área relevante para o entendimento dessas problemáticas socioambientais nos espaços urbanos. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi analisar a variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar, e realizar uma análise do índice de desconforto térmico (IDT) do município de Tucuruí (PA), durante uma série histórica e realizar suas projeções para cenários futuros. A cidade de Tucuruí e sua população passaram por diversas mudanças ambientais nas últimas quatro décadas, analisar o IDT e disponibilizar estes dados será uma contribuição, a fim de que os próximos passos do planejamento urbano levem em consideração estas variáveis.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Tucuruí é um município localizado ao sudeste do Estado do Pará, dentro do bioma amazônico (Figura 1), onde se destaca por estar na Zona Equatorial e apresentar clima quente e úmido (Ferreira et al., 2002). Segundo Fisch, Januário e Senna (1990), Tucuruí se caracteriza no regime Tropical, onde seus períodos de chuvas e secas são bem estabelecidos, dezembro a março consiste no período de chuva e julho a setembro de seca e a temperatura média é de 25 ºC no município e se mantem constante, não possuindo altas variações nos períodos de chuvas e secas.

Figura 1: Localização município de Tucuruí



Fonte: Autora, 2023.

O município pertence a bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, onde se encontra uma das maiores usinas hidroelétricas do Brasil, a Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHT). O PIB per capita do município é de R$ 39.674,02 (IBGE, 2020) com uma população de 91.306 habitantes, a densidade demográfica é de 43,81 hab/km² (IBGE, 2022). Com a construção da UHT ocorreu uma grande mudança no espaço físico do município, como a formação do lago artificial de Tucuruí com uma extensão de 3000 km², sendo o segundo maior reservatório do país (Pinto,

2012). O lago artificial abrange mais seis municípios: Novo Repartimento, Breu Branco, Goianésia do Pará, Jacundá e Nova Ipixuna. (De Farias et al., 2021).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é de 0,666 (IBGE, 2010). O município é avaliando com médio desenvolvimento humano (De Castro et al., 2010). A UHT foi um grande marco que mudou a economia local (De Farias e Do Carmo Magno, 2021). Segundo Santos (2014), atualmente as principais atividades econômicas de Tucuruí são agropecuárias, pesca, comercio e serviços, porém, o que eleva o PIB da cidade são as atividades ligadas a geração de energia através da UHT.

2.2 DADOS CLIMATOLÓGICOS

2.2.1 Dados observados

Os dados observados foram obtidos através da estação meteorológica (código 82361), localizada no município de Tucuruí (Figura 1), disponível na plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Os dados mensais são referentes aos anos 1980-2022, contendo dados mensais das variáveis de temperatura (média, mínima e máxima) e umidade relativa do ar.

2.2.2 Dados futuros - General Circulation Models (GCMs)

As simulações escolhidas foram do GCM (*General Circulation Model*) de origem japonesa MIROC5 (*Model for Interdisciplinary Research on Climate Version).* GCMs são modelos de projeção climáticas, com a finalidade de caracterizar os principais processos do Sistema Terrestre (INPE, 2023). O MIROC5 foi escolhido por conta da sua boa eficiência em simular variáveis climatológicas em regiões equatoriais (Costa, Blanco e Oliveira-Júnior, 2021). Watanabe et al. (2010) mostram que este GCM possui resultados dos cenários mais concretos para américa do Sul através da sua capacidade de simulação do fenômeno ENOS (El Niño Oscilação-Sul), contribuindo assim para os resultados satisfatórios na região amazônica.

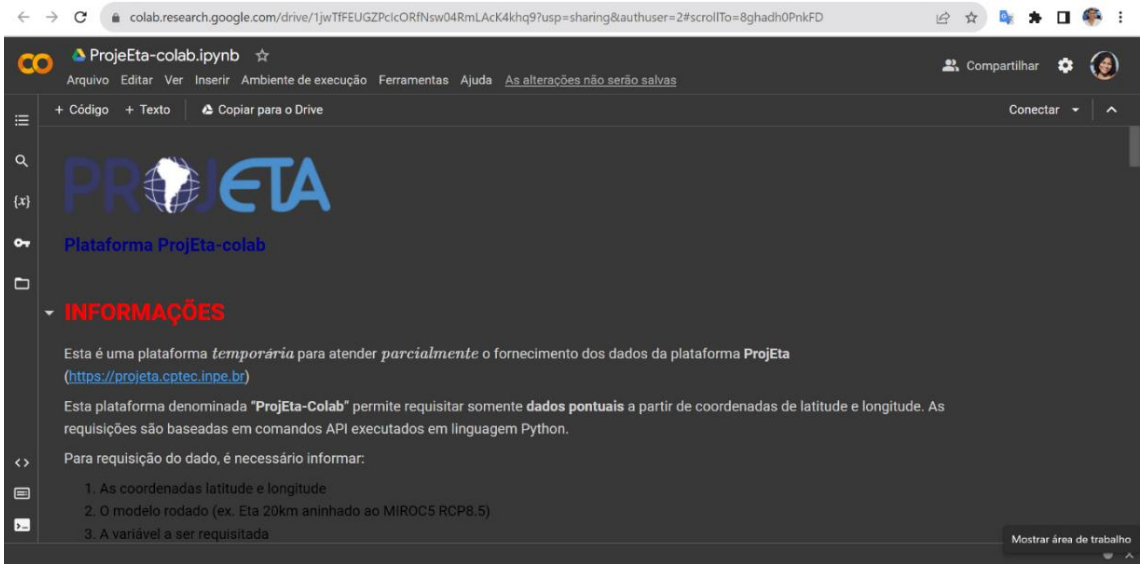
O MIROC5 possui uma resolução de 1,4º x 1, 4º (155,55 km x 155,55 km), e o *ProjEta* disponibiliza estes dados com uma resolução mais refinada, de 20 km x 20 km. A plataforma consiste no método de viabilização dos dados de simulações climáticas regionalizadas das projeções climáticas para o Brasil executados pelo modelo regional *Eta* (Lima, 2019).

Neste trabalho foram utilizados os dados referentes aos cenários do IPCC RCP 4.5 e RCP 8.5, desta forma, foram realizadas análises de um cenário “otimista” e outro “pessimista”. A escolha destes cenários do quinto relatório se deu pela acessibilidade à plataforma brasileira “*ProjEta-colab*” (Projeções de mudanças do clima para a América do Sul regionalizadas pelo

modelo *Eta*) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, valorizando assim as nossas pesquisas nacionais, e disponibilidade de dados para os objetivos do trabalho. Utilizou-se a mesma coordenada geográfica que se encontra a estação meteorológica do INMET.

A página *web* do *ProjEta* encontra-se instável, à vista disso, foi disponibilizado através do INPE o acesso (liberação do link de acesso) ao *ProjEta-colab.* Assim, tornando-se possível a aquisição dos dados mensais das variáveis de temperatura e umidade relativa do ar, referente as projeções futuras dos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 para os anos de 2023-2099. A partir da Figura 2 verifica-se a interface da plataforma.

Figura 2: Estrutura Plataforma *ProjEta-colab*



Fonte: Autora, 2023 adaptado *ProEta-colab*

2.3 ESTIMATIVA E CLASSIFICAÇÃO DO DESCONFORTO TÉRMICO

Os Índices de Desconforto Térmico (IDT) analisados foram obtidos através da equação IDT (Equação 1), método de Thom (1959), em conformidade com Pedreira Junior et al. (2018). Utilizando somente duas variáveis: temperatura e umidade relativa do ar.

$$ID = T - (0{,}55 - 0{,}0055 * UR) * (T - 14{,}5) \qquad (1)$$

Em que T se refere a temperatura média do ar (ºC) e UR retrata a umidade relativa do ar (%).

Após realizado as estimativas do IDT é necessário realizar a classificação do grau de desconforto. De Souza e Nery (2012) destacam que a classificação de Thom (1959) apesar de permitir a classificação do desconforto em diferentes cidades, é incoerente quanto à

classificação em ambientes tropicais, com elevadas temperaturas e umidade. Os autores citam ainda que os intervalos e a classificação do IDT de Terjung (1996) (Tabela 1) é mais condizente para regiões onde a faixa de conforto é de 20ºC a 24ºC. Esses fatores influenciaram para utilizar esta classificação do IDT, levando em conta as características climáticas de Tucuruí.

Tabela 1: Classificação do Índice de Desconforto utilizado no trabalho

Intervalo do ID (ºC)	Níveis de Conforto Térmico
> 30	Stress térmico
27ºC – 30ºC	Desconforto por aquecimento
24ºC – 27ºC	Leve desconforto
20ºC – 24ºC	Zona de conforto ou neutralidade térmica
18ºC – 20ºC	Leve desconforto
15ºC – 18ºC	Desconforto por resfriamento
12º - 15ºC	Resfriamento elevado

Fonte: Terjung, 1966

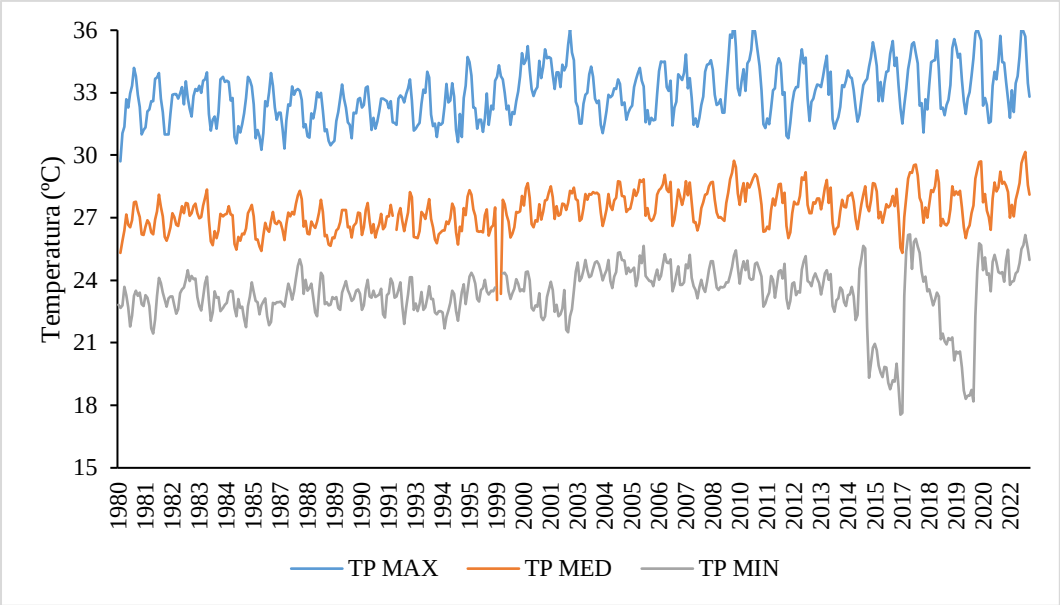
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ANÁLISE ESTATÍTICA DOS DADOS CLIMATOLOGICOS

3.1.1 Dados Observados

A partir dos dados observados foi possível gerar o gráfico para a temperatura. Na Figura 3 é possível observar a variabilidade da temperatura máxima (TP MAX), temperatura média (TP MED) e temperatura mínima (TP MIN) em Tucuruí nos últimos 42 anos (1980 a 2022).

Figura 3: Variabilidade da temperatura em Tucuruí no período de 1980 a 2022



Fonte: Autora, 2023

Analisando a Figura 3, o período de 2015-2020 se destaca por marcar temperaturas mínimas abaixo de 20 ºC, essas temperaturas podem estar associadas ao evento La Niña (fenômeno caracterizado pelo aumento da intensidade de chuvas na Amazônia). As temperaturas máximas durante alguns períodos (2001-2003, 2009-2010 e 2018-2022) apresentaram uma sequência de altas temperaturas acima de 35 ºC em vários momentos durante o período. A maior temperatura registrada aconteceu em outubro de 2009, neste mesmo período comparando com eventos climáticos, estava ocorrendo o fenômeno El Niño (fenômeno que se caracteriza pela estiagem de chuva na Amazônia).

A temperatura média atingiu valores mínimo e máximo de 23 ºC e 30 ºC, sendo a mínima registrada em janeiro de 1999 e a máxima em outubro de 2022.

Fisch, Januário e Senna (1990) destacam que a temperatura em toda a região amazônica se destaca por se manter em uma isotermia durante todo ano, com temperatura média de 25 ºC. Em Tucuruí a temperatura média registrada para os dados observados foi de 27 ºC havendo assim uma elevação de 2 ºC.

Os autores também analisaram parâmetros meteorológicos (médias mensais) de uma estação climática em Tucuruí durante o período dezembro de 1982 a dezembro de 1986, onde destacaram que apesar das características isotérmicas, há uma sazonalidade nas temperaturas entre os meses de inverno (período de chuva) e os meses de verão (estiagem de chuva).

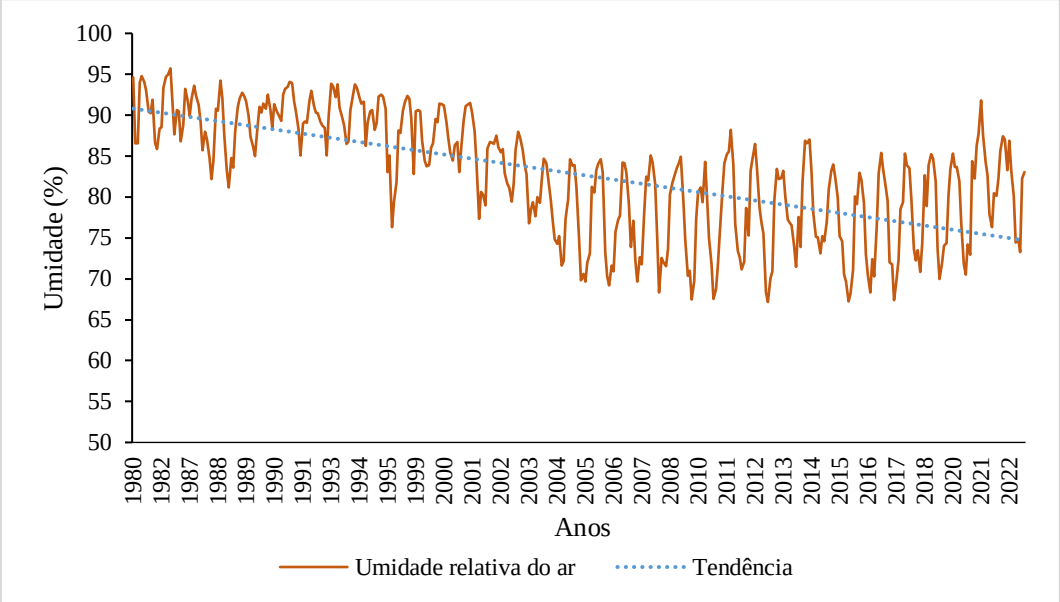
Fish, Marengo e Nobre (1996) citam que os altos valores de radiação solar na Amazônia, interfere na variabilidade de temperatura da região, causando pequenas variações durante o ano.

Os autores complementam que a média sazonal térmica é de 1-2 ºC, com variações medias de temperatura de 24 e 26 ºC, onde cidades como Belém apresenta suas temperaturas mínimas em março e Manaus possui suas temperaturas extremas em setembro.

Ribeiro et al. (2014) destacam que os meses mais quentes em Tucuruí são de setembro a novembro, onde chamam de primavera, sendo esses os meses de estiagem no município, e os meses mais chuvosos , que chamam de outono, ocorre de janeiro a abril, durante esses meses ocorre a diminuição de temperaturas no município.

A Figura 4 são apresentados os valores da variação histórica da UR durante o período de 1980 a 2022.

Figura 4: Variabilidade da Umidade Relativa do Ar 1980-2022

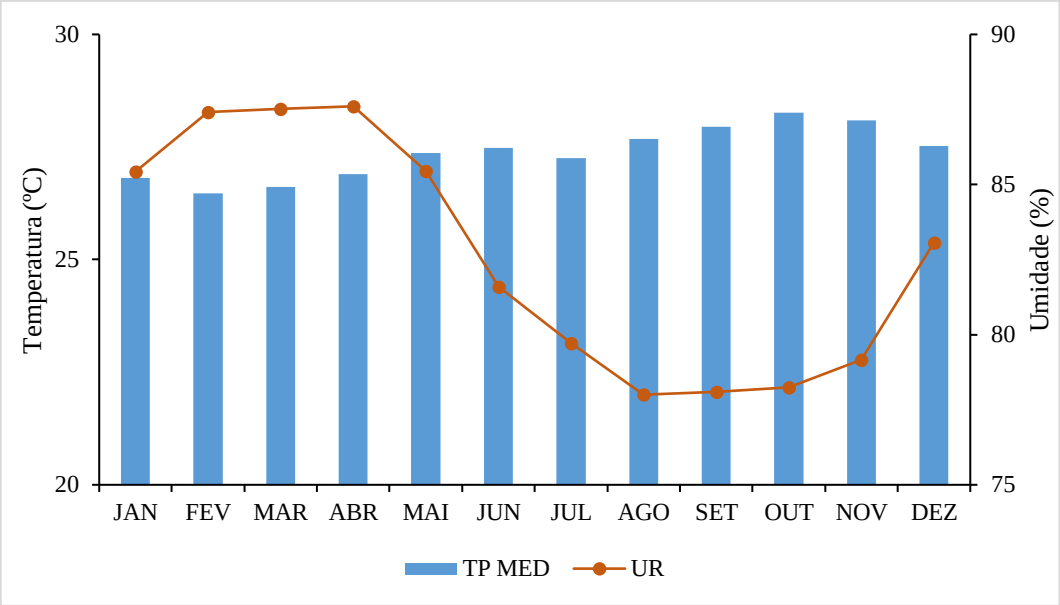


Fonte: Autora, 2023

Analisando a variabilidade da Umidade Relativa do Ar na Figura 4, nota-se que com os passar dos anos acontece um declínio nas taxas de UR. Em abril de 1986 foi registrado a maior taxa de UR sendo este valor de 95,72%, e em setembro de 2012 a menor com registro de 67,17%. A amplitude entre os registros de máxima e mínima foi de 28,55.

A Figura 5 exibe as médias mensais das variáveis climatológicas da série histórica.

Figura 5: Média mensal de temperatura e umidade relativa do ar 1988-2022



Fonte: Autora, 2023

Alves (2016) expõe sobre a dependência da umidade relativa do ar em relação à temperatura. Atentando-se a Figura 5 as variáveis de Temperatura e Umidade se comportam de maneira inversa, ou seja, quando um sobe o outro tende a decair. As alterações das taxas de umidade relativa do ar não estão necessariamente atreladas na variação de concentração de vapor d'água, mas pode estar atrelado em especifico as alterações de temperatura (Pedreira Junior et al., 2018).

Ao atentar-se na Figura 5 nota-se que nos meses de janeiro a abril registra-se os menores índices de temperatura, os respectivos meses marcam as maiores taxas de umidade relativa do ar. Os meses de dezembro a abril apresenta-se temperaturas baixas e maiores taxas de UR, essa variabilidade se destaca por ser os meses chuvosos da região. O mesmo acontece no período de estiagem, setembro a novembro, onde apresenta-se maiores temperaturas e taxas mínimas de UR. Conforme destacado por Fisch, Januário e Senna (1990), as características climáticas da região seguem um padrão bem definido. O período de chuvas abrange os meses de dezembro a março, enquanto a estação seca ocorre de julho a setembro.

Os índices de umidade agem de maneira inversa com a temperatura, quando a temperatura sobe a umidade tende a cair (Pedreira Junior et al., 2018). Observa-se então que nos meses de setembro a outubro registraram maiores temperaturas e baixas umidade relativa do ar. Analisando a variabilidade da umidade percebe-se então que os meses de maiores registros de umidades, são os meses com menores índices de temperatura.

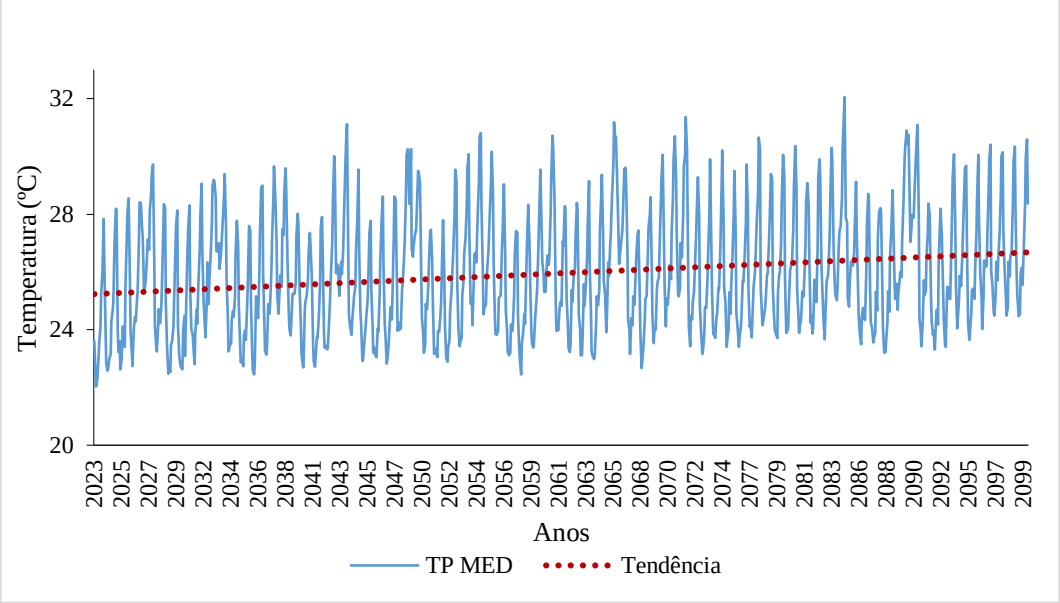
Observa-se na variabilidade mensal da UR que os meses mais úmidos são fevereiro a abril, e de julho a novembro há uma queda gradual nos índices de umidade. O valor da UR volta a subir a partir do mês de dezembro, no mês de junho detalha-se que seja uma forma de zona mista ou de transição entre os períodos mais úmidos e mais secos.

3.1.2 Dados Futuros

3.1.2.1 Cenário RCP 4.5

Examinando a Figura 6 constata-se mudanças nas variações de temperatura durante o cenário RCP 4.5. Neste cenário, a temperatura mínima seria de 22 ºC em março de 2023, em contrapartida analisando a série histórica do INMET, em março foi registrado uma temperatura mínima de 24 ºC. A temperatura máxima registrada será de 32 ºC em novembro de 2084.

Figura 6: Temperatura média RCP 4.5



Fonte: Autora, 2023.

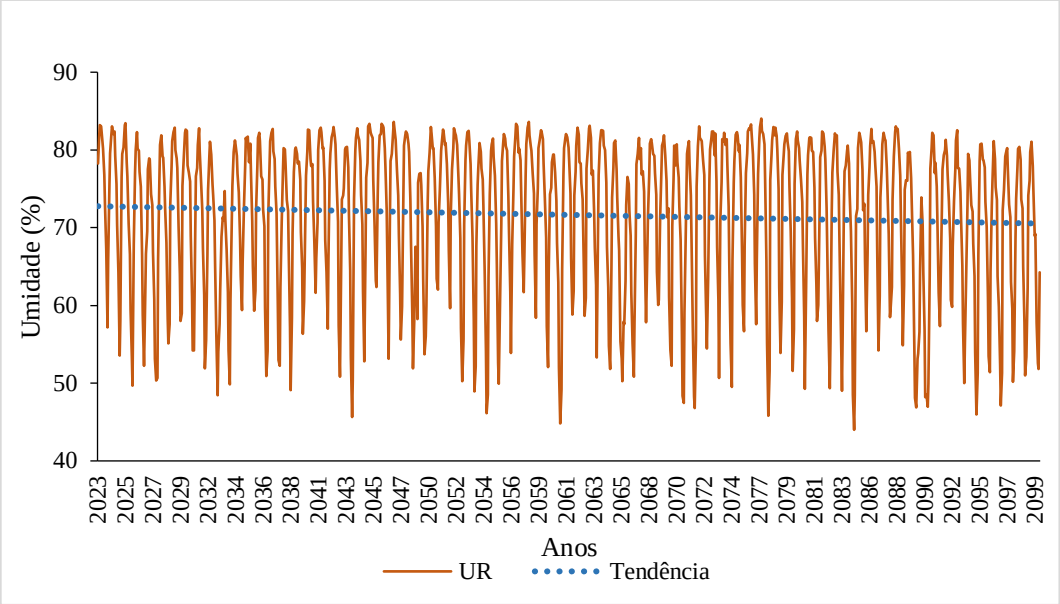
Com uma amplitude de 10 ºC, entende-se que os dados de temperaturas estarão menos dispersos e concentrados em torno da média de 26 ºC. Em comparação com os dados observados, a temperatura média máxima irá obter um aumento significativo de 2 ºC. Apesar da temperatura média ter apresentado uma queda de 1 ºC, haverá maiores concentrações de temperatura acima de 26 ºC no cenário RCP 4.5.

É notório que irá ocorrer aumento gradativo das temperaturas acima dos 30 ºC, com a inclinação da reta de tendência instiga-se que há uma disposição na crescente de temperatura.

De forma contrária, para a umidade relativa do ar no cenário RCP 4.5 constata-se uma variabilidade decrescente na reta de tendência da umidade relativa do ar.

Os dados simulados podem ser visualizados na Figura 7.

Figura 7: Umidade relativa do ar do cenário RCP 4.5



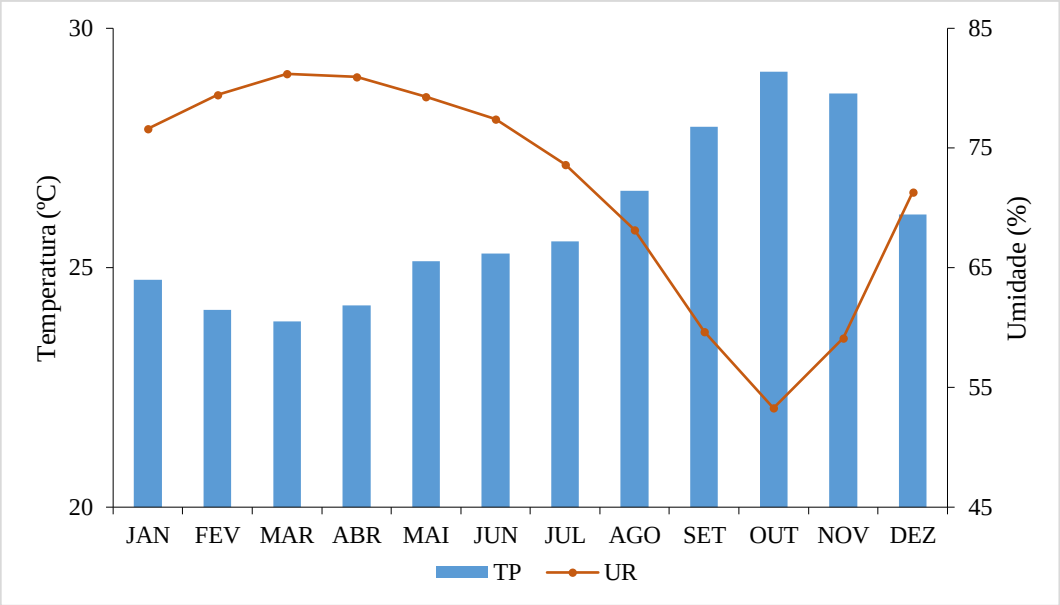
Fonte: Autora, 2023

Verificando a Figura 7 é explicito que as alterações nas suas oscilações, ou seja, as taxas de umidade relativa de ar apresentaram índices baixos gradualmente. O menor índice de 43% acontecerá em outubro de 2084 e o maior de 84% em março de 2077. Em comparação com à média da úmida relativa do ar dos dados observados, o cenário RCP 4.5 apresentará um aumento de 9%. Com isso é possível observar que a umidade relativa do ar mante uma variação nos seus valores de forma decrescente, diminuindo no decorrer do tempo.

No ano de 2090 as variações apresentarão valores de 46% a 73%, alcançando níveis bem abaixo da média, características de um tempo relativamente seco. O período seco se define quando há elevação de temperaturas e a umidade relativa do ar está em declínio (de Oliveira, et al., 2023).

O RCP 4.5 é um cenário que se aproxima dos dados observados. A Figura 8 apresenta a variabilidade mensal dessas variáveis, onde é perceptível as semelhanças da variabilidade desde cenário com os dados observados.

Figura 8: Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar RCP 4.5



Fonte: Autora, 2023

O menor índice de umidade ocorrerá no mês com maior pico de temperatura, outubro. Neste cenário, os meses de janeiro a abril irão apresentar índices de temperatura relativamente baixo em relação aos dados observados, e a umidade relativa do ar apresentará mudanças nos seus parâmetros. A umidade se manterá em uma instabilidade, destacando que as suas taxas estão se comportando de maneira decrescente com os passar dos anos, independente da temperatura (Ferreira, 2016).

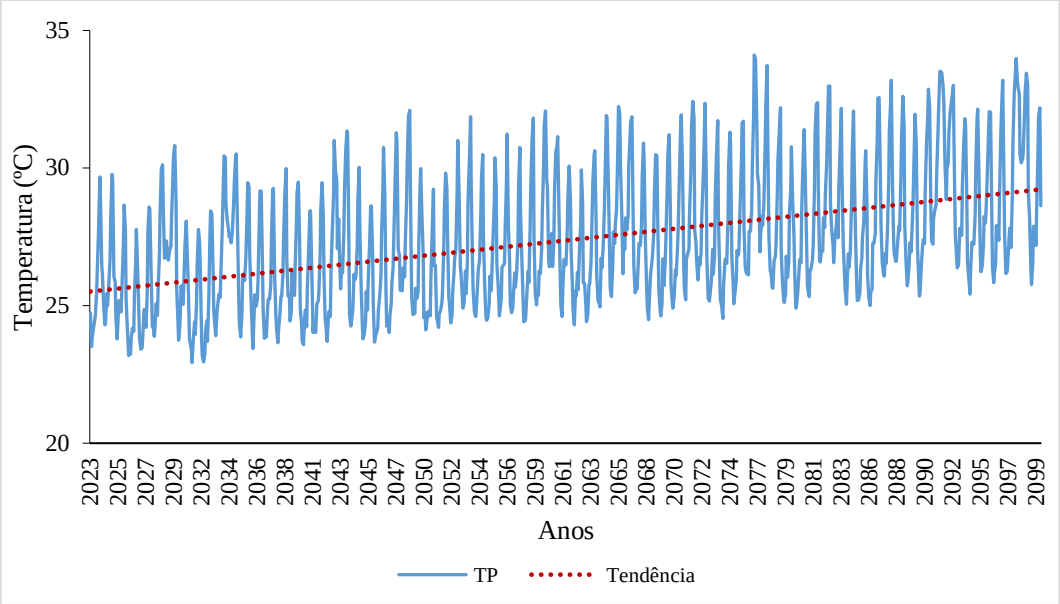
De setembro a outubro são os meses que apresentarão aumento significativo de temperatura, considerando-se que as maiores mudanças aconteceram na intensificação do grau de temperatura nos períodos que já são destacados como os mais quentes. No entanto, a umidade relativa do ar registrará valores decrescentes em todos os meses do ano, ou seja, havendo assim as características de um tempo mais seco. A máxima de temperatura nesse período será registrada em outubro de 2084 marcando 32 ºC, onde no mesmo período será registrado a menor taxa de umidade relativa do ar marcando 44%.

Durante os meses de setembro a novembro, habitualmente marcados por temperaturas mais elevadas, prevê-se um incremento térmico acompanhado por reduções nos níveis de umidade relativa. Isso resultará em uma intensificação do período quente nesse intervalo de tempo.

3.1.2.2 Dados Futuros: Cenário RCP 8.5

Em relação ao cenário pessimista é observado que a temperatura apresentará elevações significativas com os passar dos anos. A Figura 9 demonstra a variabilidade dessa variável para esse cenário.

Figura 9: Temperatura RCP 8.5



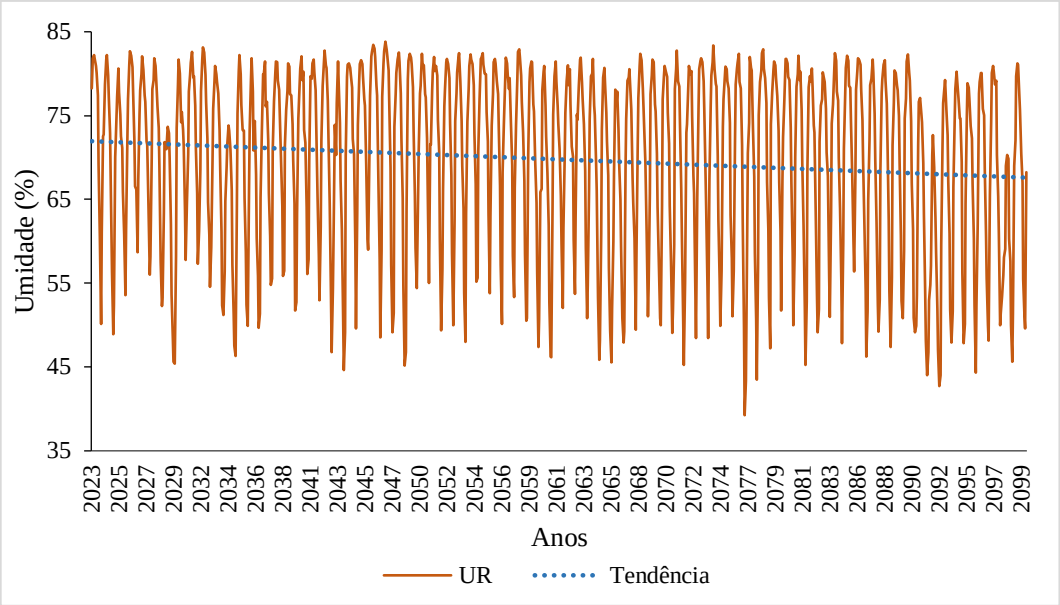
Fonte: Autora, 2023

Através da reta de tendência fica exposta que a variação da variável de temperatura continuará destacando valores relevantes. A temperatura mínima registrada no período será de 23 ºC em abril de 2031. Em relação aos dados observados e ao RCP 4.5 a temperatura mínima se manterá em um mesmo patamar de 22 a 23 ºC, constata-se que em ambas as situações tendem a acontecer durante os meses que se distinguem pelos menores índices de temperatura.

Entretanto, salienta-se que a temperatura máxima atingiu 34 ºC em outubro de 2076, um acréscimo gradativo em comparação com as situações anteriores. Se constata ainda, maiores variações de temperatura em relação as temperaturas máximas, ou seja, os períodos mais quentes sofrerão mais mudanças. Com o passar dos anos a temperatura apresentará elevações consideráveis, com maiores frequência de temperaturas acima dos 30 ºC. Ao marcar uma temperatura média de 27 ºC, identifica-se a semelhança dos índices durante a série de dados observados.

A Figura 10 a seguir exibe a variabilidade da umidade relativa do ar para o cenário RCP 8.5

Figura 10: Umidade relativa do ar RCP 8.5



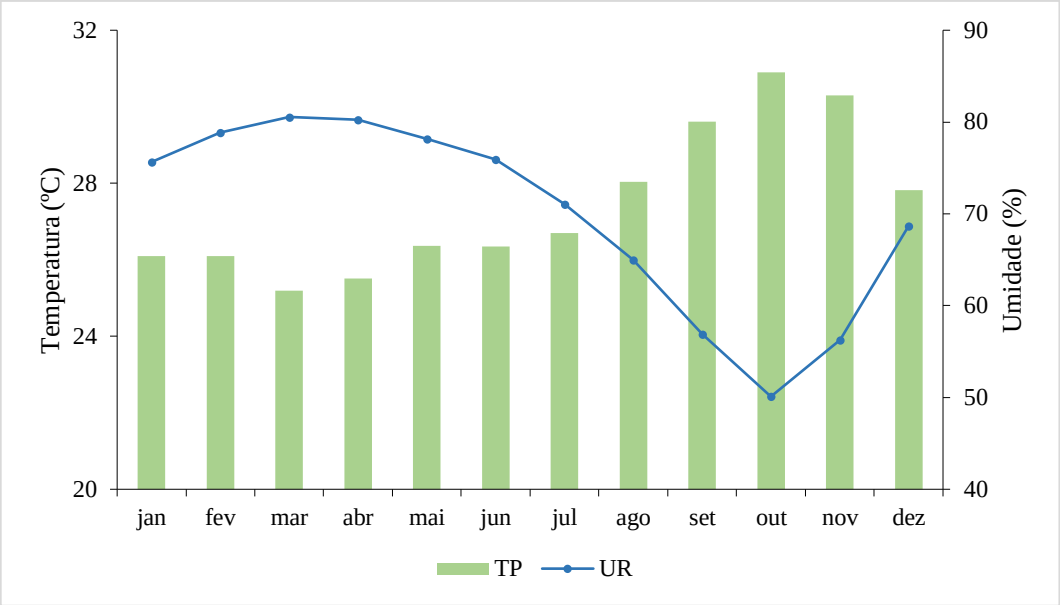
Fonte: Autora, 2023

A UR no cenário RCP 8.5 apresentará um comportamento de queda nos seus índices, comparados aos dados observados, marcando máxima 84% em março de 2047 e mínima de 39% em outubro de 2076. É notório o aumento gradual de UR com taxas de 40%, esses serão os menores índices registrados entre as três ocasiões analisadas.

A UR exibirá uma média de 70%, isso significa que a diferença da média dos dados observados com o RCP 8.5 é de 12%. A amplitude entre a umidade máxima e mínima irá ser de 45%.

A Figura 11 exibe a variabilidade mensal das variáveis durante o cenário RCP 8.5, onde é possível observar a variabilidade das variáveis climatológicas mensalmente.

Figura 11: Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar RCP 8.5



Fonte: Autora, 2023

Em comparação ao RCP 4.5 e aos dados observados de 1980 a 2022, o RCP 8.5 alcançará aumento de temperatura a partir do mês de agosto que se perdurará até novembro. Por outro lado, a umidade relativa do ar terá suas taxas sempre menores em comparação ao RCP 4.5 e aos dados observados, onde apresentará suas menores taxas de umidade nos meses de agosto a dezembro. É nítido mudanças reais nos índices de temperatura e umidade, sendo a umidade a variável que mais apresentará modificações.

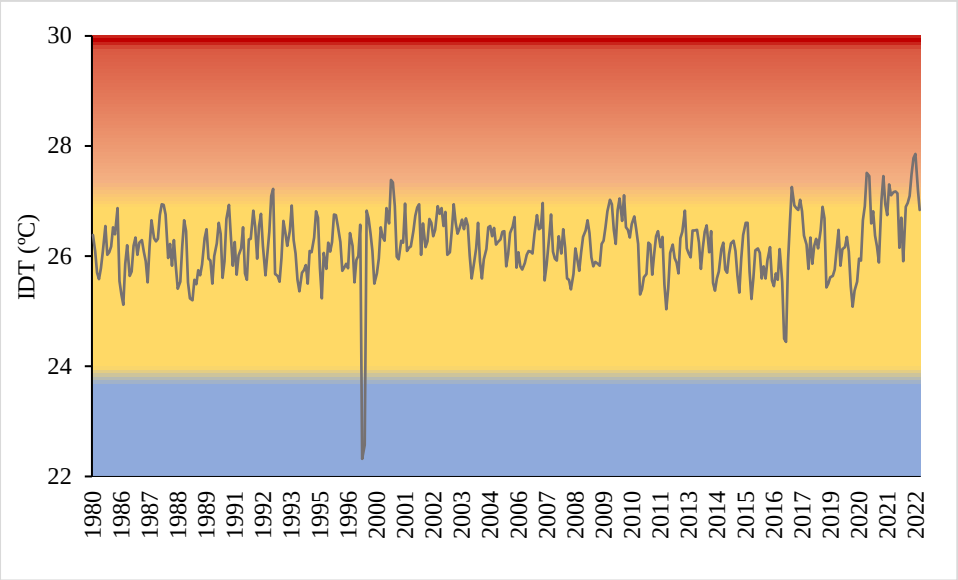
Neste cenário, prevê-se uma extensão do período de estiagem, caracterizado por temperaturas crescentes e níveis de umidade relativa em constante declínio. Este intervalo corresponde à estação de seca do município, indicando alterações significativas nas condições climáticas locais. Entender o alterabilidade dessas variáveis será essencial para avaliar o IDT.

3.2 ÍNDICE DE DESCONFORTO TERMICO (IDT)

3.2.1 IDT Observado

A Figura 12 destaca o IDT dos dados observados, onde obedece a classificação optada nesse trabalho, a classificação de Terjung (1966). As cores presentes na Figura 12 representam os níveis de desconforto térmico: Azul (Zona de conforto); Amarelo (Leve desconforto); Laranja (Desconforto por aquecimento).

Figura 12: IDT dados observados 1980-2022



Fonte: Autora, 2023

O IDT apresentado na Figura 12 detalha que o município esteve durante na maior parte do tempo na classificação de leve desconforto térmico. Registrando somente um único pico de 22 ºC na zona de conforto térmico em julho de 1999, mês que alcançou a temperatura média mínima de 23 ºC. Entre os anos de 2020 e 2022 surgem picos pontuais no nível de desconforto por aquecimento, marcando IDT de 27 ºC e 28 ºC.

As altas temperaturas e as elevadas taxas de umidade, são associados ao que difere qualidade térmica do ambiente e a sensação de desconforto térmico (Buonocore, et al., 2018). Observando a Figura 12 e analisando o pico de desconforto por aquecimento de outubro de 2022, nota-se que foi um mês cujo índice de temperatura de 30 ºC e a taxa de umidade de 73% estavam acima e abaixo respectivamente da média histórica. Por outro lado, o único registro de conforto térmico ocorreu em um mês, cuja temperatura de 23 ºC e a umidade de 84 % estavam abaixo e acima da média das variáveis.

O IDT máximo registrado aconteceu em outubro, este mês registrou 30 ºC, a maior temperatura média da série histórica, e uma taxa de UR de 72% (abaixo da média histórica). O desconforto está diretamente ligado as variáveis de temperatura e UR, exercendo influência sobre o IDT registrado. Em contrapartida, o IDT mínimo registrado ocorreu em 1999, um ano em que prevaleceu a ocorrência do fenômeno La Niña.

A média do IDT para os dados observados foi de 26 ºC, ressaltando assim que a maioria dos dados de IDT se aproximam da média não havendo tanta variabilidade, a diferença do maior índice de desconforto para o menor resultou em uma amplitude de 6 ºC. Desta forma, se

compreende a variabilidade da série histórica no nível de desconforto térmico pela tabela de Terjung (1966).

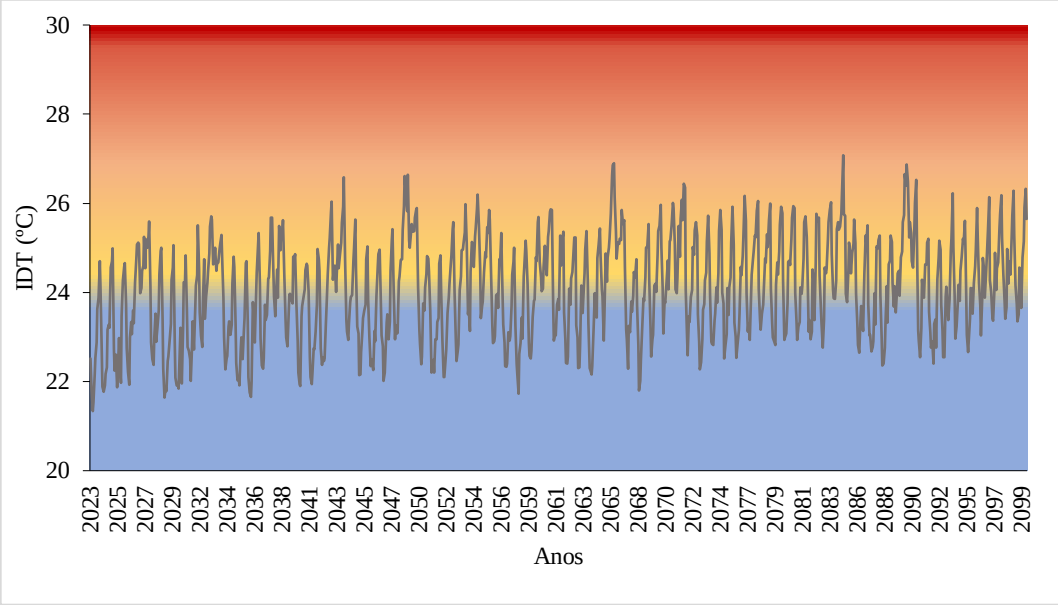
Nedel et al. (2009) relatam, que a sensação de conforto pode modalizar de pessoa para pessoa, cada ser humano reage de uma forma em exposição ao tempo e clima. Ou seja, a sensação de desconforto pode ser maior ou menor em relação ao IDT, visto que é uma sensação pessoal do ser humano. Por ser uma sensação de bem-estar, a combinação da temperatura, umidade relativa, velocidade do ar, assim como as vestimentas das pessoas, são pontos cruciais para essa determinar a sensação (GOBO, 2013).

3.2.2 IDT para os Cenários Futuros

O IDT futuro foi calculado através das medias de temperaturas dos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5. As cores presentes na Figura 13 e 14 representam os níveis de desconforto térmico: Azul (Zona de conforto); Amarelo (Leve desconforto); Laranja (Desconforto por aquecimento).

A Figura 13 apresenta os IDT para o cenário otimista RCP 4.5, neste cenário o IDT apresentará uma variabilidade contrária aos dados observados, como os picos constantes do IDT em zonas de conforto.

Figura 13: IDT para o cenário RCP 4.5



Fonte: Autora, 2023

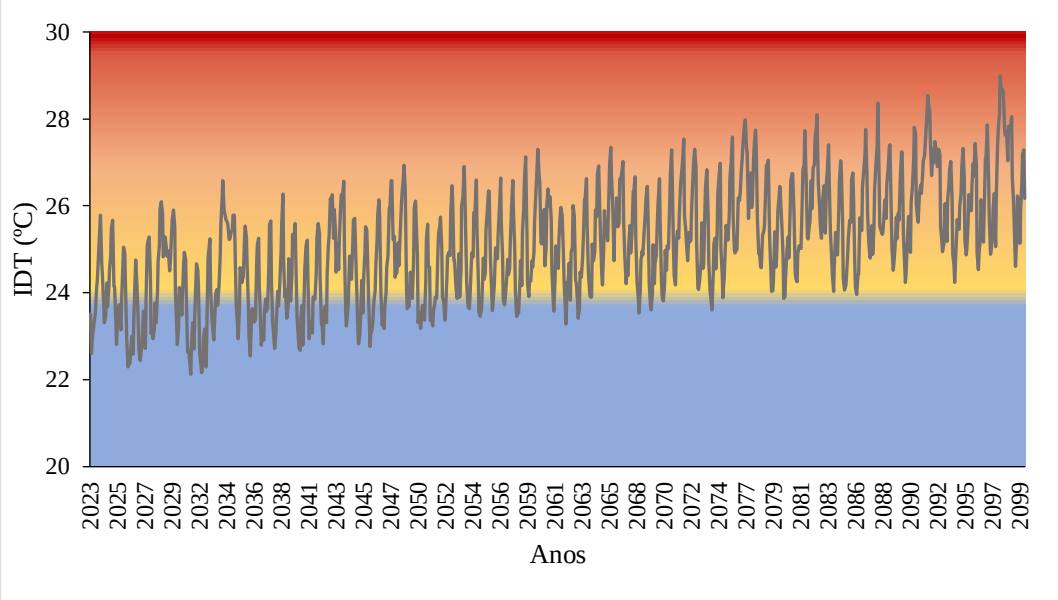
Ao observar a Figura 13 percebe-se de imediato a diferença em relação aos dados observados. Diferentemente dos dados observados observa-se que durante o cenário RCP 4.5

haverá mais IDT no nível de conforto térmico, os índices se comportam variando entre zona de conforto e leve desconforto. Esse comportamento poderá estar associado a variabilidade das variáveis de temperatura e umidade relativa do ar neste período, por ser um cenário otimista foi observado que as mudanças ocorrerão em mais evidência nas taxas de umidade, a temperatura se comportará de maneira simultânea com as dos dados observados.

Em um estudo realizado sobre a sensação térmica em climas quentes e úmidos sobre os efeitos da umidade, Givone et al. (2006) notaram que as mudanças da umidade não surtiram grande efeitos nas pessoas diante das incessibilidades climáticas, porém, os autores citaram que isso pode estar relacionado ao fato de as pessoas estarem aclimatado com quanto as altas taxas de umidade na região. Contudo, ainda destacam a importância de pesquisas para afirmar tal possibilidade.

A média de temperatura e umidade nesse cenário serão de 26 ºC e 71%, segundo Ayoade (1986) a umidade é responsável pela transmissão de calor entre o indivíduo e o meio por meio da evapotranspiração. Agindo de maneira inversa com a temperatura essa variável é capaz de acentuar as situações de desconforto. A média do IDT neste cenário irá marcar 24 ºC, e atingirá seu índice máximo de 27 ºC em novembro de 2084 e seu IDT mínimo registrará 21 ºC em março de 2023. Os índices de desconforto durante esse cenário apresentarão baixa variabilidade dos dados em relação à média. A Figura 14 demonstra o IDT para o cenário RCP 8.5, neste cenário nota-se uma alterabilidade distinta em relação aos dados observados e ao RCP 4.5.

Figura 14: IDT para o cenário RCP 8.5



Fonte: Autora, 2023

O cenário RCP 8.5 é o cenário que mais apresentará variâncias nas temperaturas e nas taxas de umidade. A média de IDT atingirá 25 ºC, com mínimas e máximas de 22 ºC em abril de 2031 e 28 ºC em dezembro de 2097. Apesar de atingir um índice médio de desconforto menor comparado aos dados observados, a inconstância do IDT durante os anos deste cenário chamará atenção.

Com temperaturas elevadas e taxas de umidades baixas, o IDT tende a ser maior, causando maior desconforto com um clima relativamente quente e seco. Situação que será destacada é a crescente no IDT, se observa que a mesma nos primeiros anos tende a está em uma zona de conforto e de leve desconforto, no entanto ao final deste período adentrará na taxa de desconforto térmico por aquecimento, diferindo do cenário RCP 4.5. Costa, Blanco e Oliveira-Júnior (2021) comentam em seu trabalho que o cenário RCP 8.5 já está ocorrendo, o que é preocupante, pois a partir de 2075 o município de Tucuruí entrará em uma situação crítica.

Barbosa et al. (2015) ao estudarem os modos da umidade relativa do ar em Belém (PA), Manaus (AM) e a região da Flora de Cauxianã (PA), sendo as duas primeiras meio urbano e a terceira ambiente de floresta, notaram que os meios que possuem maiores cobertura vegetal apresentam altos índices de umidade mesmo em período mais secos, reforçando ainda mais a sensação de conforto.

Vale salientar que Tucuruí passou por grandes mudanças territoriais e no meio geológico nas décadas de 80 a 90 com a construção da UHE, é provável que com os passar dos anos e com as mudanças climáticas recorrentes, haverá mais influência nas sensações térmicas futuras, visto que as variáveis de temperatura e umidade se mantem em mudanças constante.

Os IDT de desconforto por aquecimento serão registrados com maiores frequência no período de estiagem (verão) de Tucuruí, agosto a novembro, período esse em que há presença de altas temperaturas e baixas umidades. Pedreira Junior et al. (2018) ao realizarem uma pesquisa de índice de desconforto térmico em um município do Amazonas, destacaram-se que os maiores índices de desconforto acontecem quando o Hemisfério Sul recebe mais energia solar, neste caso período de verão.

4 CONCLUSÃO

O cenário apresentará variabilidade semelhante aos dados observados. No entanto, se destaca que nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 haverá uma extensão do período quente, setembro a novembro, onde as taxas de temperatura apresentará elevações e a UR queda constante se caracterizando em um clima quente e seco.

A variabilidade de temperatura e umidade influenciam bastante o IDT. A média do IDT de 26 ºC destaca que Tucuruí se mante em zonas de leve desconforto, onde a partir de 2020 apresentou-se IDT na zona de desconforto por aquecimento.

O IDT do cenário RCP 4.5 apresentará uma média de 24 ºC. Neste cenário constatou-se no nível de conforto térmico, sendo que este fator pode estar relacionado com a circunstância desse cenário ser um lado otimista das projeções do GEE.

A projeção do IDT no cenário RCP 8.5 indica uma média de 25 ºC, caracterizando uma zona de leve desconforto. Nos primeiros 35 anos, a série oscila entre conforto e leve desconforto. Contudo, a partir de 2059, espera-se o surgimento de picos de desconforto por aquecimento. A partir de 2070, prevê-se a ocorrência de picos mais intensos na zona de desconforto por aquecimento, aproximando-se da zona de estresse térmico até o final do século.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALVES, Elis Dener Lima et al. A temperatura do ar e umidade absoluta em cidade de pequeno porte: características espaciais e temporais. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 38, n. 2, p. 219-231, 2016.

ARIDE, Paulo Henrique Rocha et al. Descrição da temperatura e umidade relativa do ar em diferentes localidades no bairro do Parque Dez-Manaus/AM. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 4, n. 2, p. 20-27, 2014.

ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas e o Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 8-12, 2014.

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. São Paulo: **Difel**, 1986

BARBOSA, P.H.; COSTA, A.C.L; CUNHA, A.C.; SILVA JUNIOR, J.A. Variabilidade de elementos meteorológicos e de Conforto Térmico em diferentes ambientes na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 11, v. 17, p. 98-118, 2015.

BEZERRA, Clystefen Lopes. **Variação temporal do Índice de Desconforto Térmico (ID) no município de João Pessoa/PB, 2002 A 2018**. 2019.

COSTA, Carlos Eduardo Aguiar de Souza; BLANCO, Claudio José Cavalcante; DE OLIVEIRA-JÚNIOR, José Francisco. IDF curves for future climate scenarios in a locality of the Tapajós Basin, Amazon, Brazil. **Journal of Water and Climate Change**, v. 11, n. 3, p. 760-770, 2020.

COSTA, Carlos Eduardo Aguiar de Souza; BLANCO, Claudio José Cavalcante; DE OLIVEIRA-JÚNIOR, José Francisco. Impact of climate change in the flow regimes of the Upper and Middle Amazon River. **Climatic Change**, v. 166, n. 3-4, p. 45, 2021.

DA SILVA, Valquiria Brilhador; DE QUEIROZ CRISPIM, Jefferson. Um breve relato sobre a questão ambiental. **Revista GEOMAE**, v. 2, n. 1, p. 163-175, 2011.

DE CASTRO, Edna Maria Ramos et al. Estudo socioeconômico dos municípios da região de Tucuruí, Pará (Paper 258). **Papers do NAEA**, v. 1, n. 1, 2010.

DE FARIAS, André Luis Assunção; DO CARMO MAGNO, Thaissa Souza; FREITAS, Marcus Robert Ferreira. Gestão ambiental e impactos socioambientais na Amazônia: o (des) envolvimento a partir da UHE Tucuruí, PA. **P2P E INOVAÇÃO**, v. 7, p. 34-55, 2021.

DE SOUZA, Débora Moreira; NERY, Jonas Teixeira. O conforto térmico na perspectiva da climatologia geográfica. **Geografia (Londrina),** v. 21, n. 2, p. 65-83, 2012.

DIN, M.F. Md., LEE, Y.Y., PONRAJ, M., OSSEN, D. R., IWAO, K., CHELLIAPAN, S. Thermal comfort of various building layouts with a proposed discomfort index range for tropical climate. **Journal of Thermal Biology**. 41, 6–15, 2014.

DJONGYANG, N.; TCHINDA, R.; NJOMO, D. **Thermal comfort: A review paper. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 14, 2626–2640, 2010

FERREIRA, D. et al. Variação espacial da temperatura e precipitação e sua associação aos eventos El Niño e La Niña em Tucuruí-PA. In: **XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Soc. Bras. de Meteorologia/SBMET, 2002.

FERREIRA, Rute Costa et al. Tendência dos índices de instabilidade na américa do sul. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 1, p. 164-169, 2016.

FISCH, G. F.; JANUÁRIO, M.; SENNA, R. C.. Impacto ecológico em Tucuruí (PA): Climatologia. **Acta Amazonica**, v. 20, p. 49–60, 1990.

FISCH, Gilberto; MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos A. Clima da amazônia. **Climanálise-Boletim de Monitoramento e Análise Climática-Edição Comemorativa de**, v. 10, 1996.

GIVONI, B. et al. Thermal sensation responses in hot, humid climates: effects of humidity. **Building research and information**, v. 34, n. 5, p. 496-506, 2006.

GOBO, J. P. A. **Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano**. 2013, 184 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas**. Cidades, Panorama Tucuruí**. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tucurui/panorama>. Acesso em 20 de outubro de 2023.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeções Climáticas**. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br/projetos/projecoes-climaticas-aplicacoes/>. Acesso em: 01 de novembro de 2023.

JUNIOR, Altemar Lopes Pedreira et al. Temperatura, umidade relativa do ar e índice de desconforto térmico (IDT) no município de Boca do Acre-Amazonas. **EDUCAmazônia**, v. 20, n. 1, p. 75-86, 2018.

LAN, Li et al. Efeitos do desconforto térmico em um escritório na percepção da qualidade do ar, sintomas de SBS, respostas fisiológicas e desempenho humano. **Ar interior**, v. 21, n. 5, pág. 376-390, 2011.

LIMA, Vinícius Santini de. EtaModelCC: um pacote R para visualização de dados de mudanças climáticas geradas pelo CPTEC/INPE. 2019.

MARENGO, José Antônio. Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 22, p. 83-96, 2008.

MARIN, Fábio R.; ASSAD, Eduardo D.; PILAU, F. A. **Clima e ambiente: introdução à climatologia para ciências ambientais**. 2008.

MONTEIRO, José Carlos Ramos et al. Descrição da temperatura e umidade relativa do ar em distintas localidades da cidade de Manaus com diferentes geometrizações e espacialidades urbanas nos Bairros Do Parque Dez, Nova Cidade e Bairro Centro-Manaus/Am. **Igapó**, v. 10, n. 1, 2016.

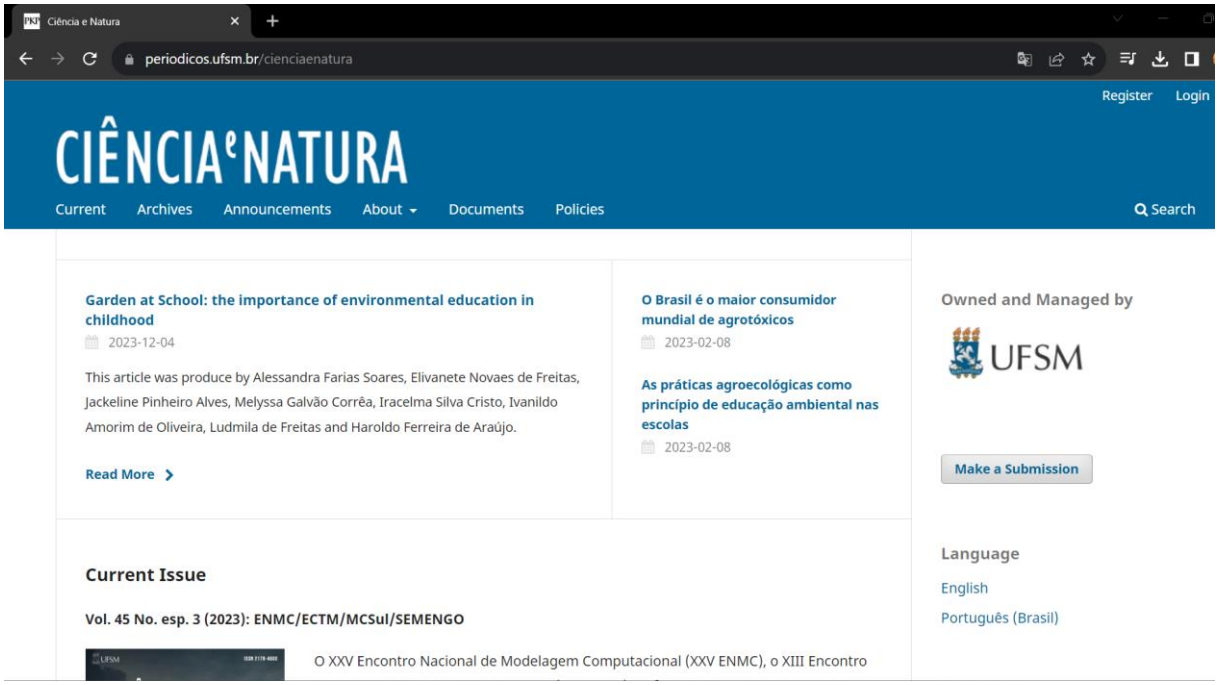
NEDEL, A.; GONÇALVES, F. L. T.; ALVES, M. R. C.; OYOLA, P. T. Evaluation of thermal simulation of hoseholds in the metropolitan region of São Paulo, Brazil. **Ecotoxicology (London**), v. 1, p. 1143-1149, 2009

RIBEIRO, Pedro Leite; NAVAS, Carlos. A macrofisiologia e sua importância em estudos sobre mudanças climáticas. **Revista da Biologia**, v. 8, p. 1-4, 2018.

RIBEIRO, Roberta Everllyn Pereira et al. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 798-807, 2014.

RUAS, Alvaro Cesar. **Avaliação de conforto térmico: contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. 1999. Tese de Doutorado. [sn].

SANTOS, Luana Rodrigues. **A dinâmica socioespacial de Tucuruí a partir da construção da usina hidrelétric**a. 2014.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**. 12,57–61, 1959.
WATANABE, Masahiro et al. Simulação climática melhorada pelo MIROC5: estados médios, variabilidade e sensibilidade climática. **Revista do Clima**, v. 23, n. 23, pág. 6312-6335, 2010.

ANEXO I - REVISTA QUE O MANUSCRITO SERÁ SUBMETIDO (QUALIS A3)