







AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ARBORIZAÇÃO NAS VARIÁVEIS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NA CIDADE DE MANICORÉ, AMAZONAS, BRASIL

Evaluation of the effects of the arborization on variables of temperature and relative humidity in the city of Manicoré, Amazonas, Brazil



Evaluación de los efectos de la arborización sobre las variables de temperatura y humedad relativa en la ciudad de Manicoré, Amazonas, Brasil

Hilma Magalhães de Oliveira  

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
hilmaoliveira22@gmail.com

Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino  


Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
julianekayse@ufam.edu.br

Pericles Vale Alves  

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
periclesmat@ufam.edu.br

Caio Henrique Patrício Pagani  

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV)
caio.pagani@ufv.br

Carlos Alexandre Santos Querino  

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
carlosquerino@ufam.edu.br

Resumo: A expansão da área urbana de Manicoré-AM, devido o aumento populacional, tem impulsionado o desmatamento na região. Com isso, a redução constante de corpos arbóreos implica em alterações meteorológicas significativas, tais como o aumento da temperatura e a diminuição da umidade. Logo, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da arborização no comportamento da temperatura do ar e umidade relativa do ar em ambiente interno de diferentes tipos de casas na cidade de Manicoré-AM. Os dados foram coletados em Dezembro/2021, Janeiro/2022 (período chuvoso), Junho e Julho/2022 (período

seco) por oito termo-higrômetros. Estes operaram mensalmente, fazendo leituras das variáveis a cada 10 minutos. A dinâmica das médias horárias da temperatura e umidade relativa do ar para os períodos chuvoso e seco, foram exibidas em gráficos de linha. Além disso, foi empregado o teste não paramétrico de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$) para comparar a distribuição de cada variável em função das áreas arbórea e não-arbórea para cada período hidrológico. Com isso, verificou-se que, durante o período chuvoso, a temperatura no interior da casa de madeira não se difere entre as áreas. Já a umidade não se difere apenas para a casa de laje. No período seco, a casa de madeira também não apresentou diferença estatisticamente significativa na temperatura em termos das áreas. Já com relação à umidade, todas as casas apresentaram diferenças. De modo geral, nas áreas arbóreas, a mediana da temperatura, para cada tipo de casa, é sempre menor que a das áreas não-arbóreas e a umidade do ar se revela sempre maior. Assim, áreas arborizadas podem promover um ambiente mais adequado para o ser humano, pois favorecem temperaturas menos elevadas e maiores níveis de umidade, quando comparadas com áreas desprovidas de corpos arbóreos.

Palavras-chave: Urbanização. Período hidrológico. Termohigrometria.

Abstract: In the urban area of Manicoré-AM, deforestation has increased over the years, due to the population increase and consequently the expansion of the city. The constant reduction of tree bodies is one of the main harms that promote significant meteorological changes, such as the increase in temperature and a decrease in humidity. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effects of arborization on the behavior of air temperature and relative humidity indoors, among different types of residences in the city of Manicoré-AM. Data were collected in December/2021; January/2022 (rainy season), and June and July/2022 (dry season) in the Amazon region. For this, eight Dataloggers were used to collect the variables of temperature and relative humidity of the air in residences in the study area. Dataloggers operated monthly, and data were recorded every 10 minutes. Line graphs were plotted in the R-Studio software to evaluate the behavior of temperature and relative humidity between the rainy and dry seasons. The results obtained showed that there is a significant statistical difference in different residences, located in arboreal and non-arboreal areas, between the hydrological periods. This way, arborization influences the attenuation of air temperature, in addition to being a source of relative humidity. Its role becomes indispensable in the planning of cities.

Keywords: Urbanization. Hydrological period. Thermohygrometry.

Resumen: En el área urbana de Manicoré-AM, la deforestación ha aumentado a lo largo de los años, debido al aumento de la población y consecuentemente a la expansión de la ciudad. La reducción constante de los cuerpos arbóreos es uno de los principales perjuicios que promueve cambios meteorológicos significativos, como el aumento de la temperatura y la disminución de la humedad, por ejemplo. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la forestación en el comportamiento de la temperatura del aire y la humedad relativa en el interior de diferentes tipos de residencias en la ciudad de Manicoré-AM. Los datos fueron recolectados en diciembre/2021; enero/2022 (temporada de lluvias), y junio y julio/2022 (temporada seca) en la región amazónica. Para ello, se utilizaron ocho Dataloggers para recolectar las variables de temperatura y humedad relativa del aire en residencias del lugar de estudio. Los registradores de datos operaron mensualmente y los datos se registraron cada 10 minutos. Se trazaron gráficos lineales en el software R-Studio para evaluar el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa entre las estaciones lluviosa y seca. Los resultados obtenidos mostraron que existe una diferencia estadística significativa entre diferentes residencias ubicadas en zonas arbóreas y no arbóreas, entre los periodos hidrológicos. De esta forma, la arborización influye en la atenuación de la temperatura del aire, además de ser una fuente de humedad relativa. Su papel se vuelve indispensable en la planificación de las ciudades.

Palabras clave: Urbanización. Período hidrológico. Termohigrometría.

Submetido em: 25/10/2022

Aceito para publicação em: 20/01/2023

Publicado em: 23/01/2023

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do meio ambiente urbano é alterada negativamente por diversos fatores, dentre eles, destacamos o crescimento populacional desordenado (CARDOSO; AMORIM, 2015; FEITOSA et al., 2011). De fato, o desenvolvimento urbano mal planejado implica, por exemplo, a redução constante de corpos arbóreos que, por sua vez, provocam mudanças significativas nas variáveis meteorológicas, tais como temperatura e umidade relativa do ar.

As variações na temperatura e umidade, tanto nas estruturas residenciais como no ar, ocorrem basicamente pela mudança da cobertura da superfície urbana. Com efeito, a rugosidade, a impermeabilidade do solo, as características dos materiais utilizados nas construções, o asfaltamento e outros elementos, respondem por tais alterações (CAPUTO; AMORIM, 2021; CARDOSO; AMORIM, 2014; MONTEIRO; SILVEIRA, 2012). Segundo Alves e Biudes (2012), a vegetação possui uma relação no controle da radiação solar, da umidade do ar e do vento. Estas servem também para diminuir a intensidade de precipitação no solo e modificar a concentração da umidade na atmosfera e na superfície adjacente. Em detrimento a isso, ao sul do Amazonas, por exemplo, o município de Manicoré está entre os quatro municípios mais desmatados do Amazonas, com 191.110 hectares acumulados até o ano de 2016. Com isso, integra a lista dos municípios Amazônicos prioritários no combate ao desmatamento (MEIRELLES et al., 2018).

Na área urbana de Manicoré-AM, devido aos incentivos econômicos na região, o aumento populacional de 18,1% na última década motivou a criação de novos bairros e, portanto, intensificado o desmatamento na área urbana (CORTEZ, 2011; IBGE, 2020). Assim, o modo como a cidade é planejada interfere no clima e, portanto, na qualidade de vida das pessoas e no conforto térmico na cidade (SANTOS; PIMENTEL, 2012).

O conforto térmico é uma particularidade apresentada pelas edificações e pelo meio ambiente que indica a satisfação do ser humano com o ambiente térmico em que se encontra (NOGUEIRA et al., 2012). A troca da cobertura vegetal pela alta densidade construtiva eleva a impermeabilização do solo e, desta forma, a incidência direta dos raios solares nessas coberturas modificadas, as quais tem maior poder de absorção da energia incidente, implica em temperaturas fora do ideal para manter o conforto e a sensação térmica satisfatória para o ser humano.

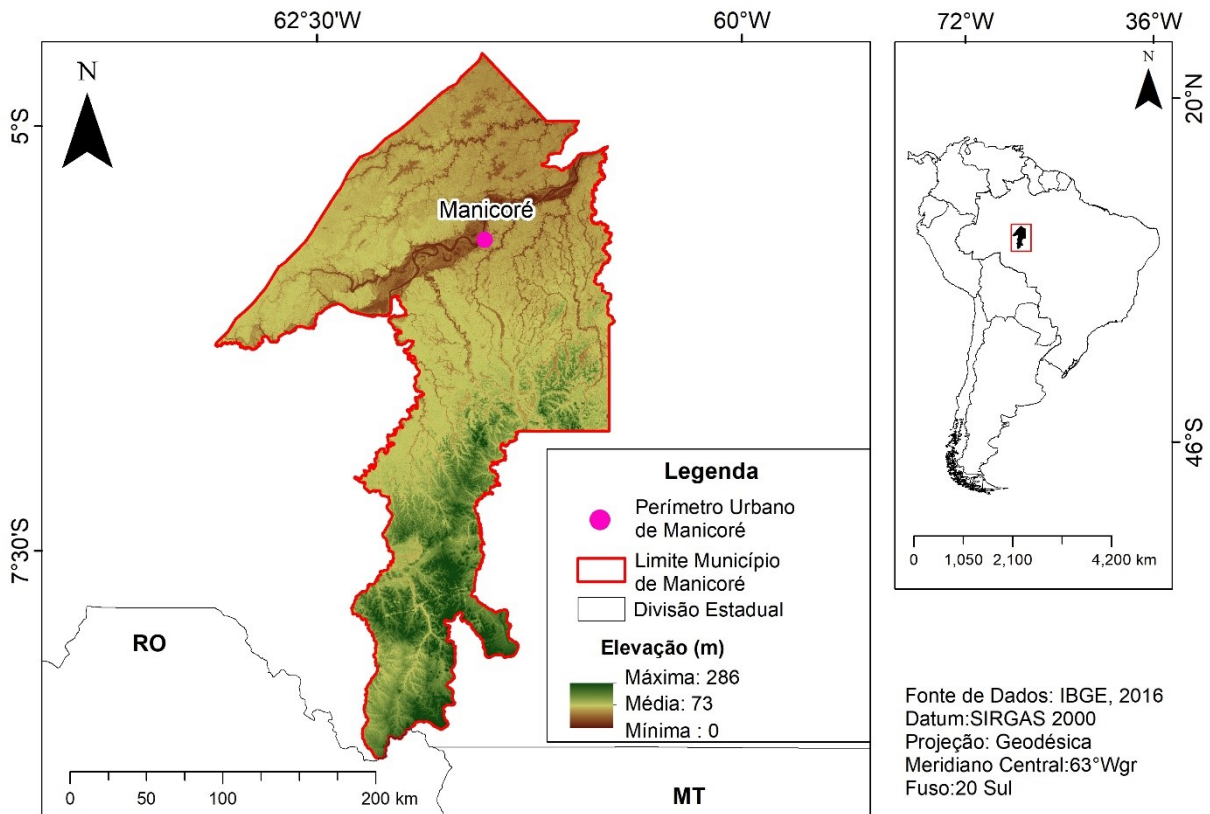
Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da arborização no comportamento da temperatura do ar e umidade relativa do ar em ambiente interno, entre diferentes tipos de casas na cidade de Manicoré-AM.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O município de Manicoré localiza-se ao sul do estado do Amazonas (Figura 1) entre as coordenadas 05°48'32" S e 61°18' O. De acordo com Meirelles et al. (2018), Manicoré possui a terceira maior área geográfica (4.836.890 ha) entre os demais municípios que sofrem interferências da BR-319 (Manaus, Careiro da Várzea, Careiro, Manaquiri, Beruri, Borba, Tapauá, Canutama, Humaitá, Porto Velho, Autazes e Lábrea), e é o terceiro mais desmatado. Além disso, integra a lista dos municípios prioritários da Amazônia no combate ao desmatamento (MMA, 2022).

Figura 1 – Localização do município de Manicoré, Amazonas - local do estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), o município contava, em seu último censo, com uma população de 47.017 habitantes e densidade demográfica de 0,97 hab/km². Recentemente, segundo a prospecção do IBGE para o ano de 2021, estimou-se cerca de 57.405 habitantes aproximadamente, em uma área territorial de 48.315,023 km².

Na região de Manicoré-AM, a vegetação é composta majoritariamente por Floresta Ombrófila Densa, que equivale a aproximadamente 65,4% da vegetação natural existente (SILVA; PEREIRA, 2005).

Conforme a classificação climática de Köppen, a área possui um clima tropical chuvoso, caracterizando-se por elevada temperatura média anual, variando de 25 a 27 °C, com máxima e mínima mensal de 36 e 17 °C, respectivamente. A média de umidade relativa do ar varia entre 85 e 90%, podendo alcançar níveis abaixo dos 50% nos períodos de seca. Com relação à precipitação média anual, a região assume valores próximos a 2500 mm (ALVARES et al., 2013; VIDOTTO et al., 2007). O município de Manicoré-AM pode ser climatologicamente caracterizado, segundo Martins et al. (2020), como AwA'a' superúmido megatérmico, com deficiência hídrica moderada no inverno e Evapotranspiração potencial (ETP) no verão, inferior a 48%.

2.2. Mapeamento da Arborização em Manicoré-AM

Para elaboração do mapa, foi utilizado o software SIG QGIS versão 3.16, fazendo uso da imagem de satélite CBERS 4A, datada do dia 20 de setembro de 2021 às 10:30 a.m. órbita 173 e ponto 107, adquirida junto ao Catálogo de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Figura 2). A plataforma deste satélite possui quatro sistemas imageadores, os quais possuem resoluções ditas como ótimas que auxiliam em estudos municipais ou regionais (INPE/CBERS, 2021). Desta forma, a fim de se alcançar o resultado desejado, optou-se por utilizar apenas as imagens da Câmera Pancromática e Multiespectral (PAN) de ampla varredura, utilizando-se o sensor WPM por apresentar a resolução de 2 m.

A composição da imagem CBERS-4A foi realizada pela ferramenta *Construir Raster* e seguiu a conformação RGB (3-2-1). Este modelo de composição mostra os limites entre solo, água e floresta por suas tonalidades de magenta, verde e azul, respectivamente. Na sequência,

foi realizada a fusão com a banda pancromática por meio da ferramenta *Pansharpering* para adquirir a resolução de 2 metros e obter a melhor classificação da imagem CBERS-4A. Por fim, calculou-se os índices percentuais das classes por meio da ferramenta *Calculate Geometry*, obtendo-se dados percentuais das classes de uso do solo.

Depois desse procedimento, realizou-se a classificação do uso e ocupação do solo pela técnica de fotointerpretação. Segundo os autores Rizzi e Rudorff (2005) e Panizza e Fonseca (2011), trata-se de um método lógico e sistemático baseado no estudo das propriedades das formas levando em conta a disposição de elementos de textura de uma mesma classe, organizados em estruturas bem ou mal definidas, resultando em formas identificáveis. Vale salientar que a fotointerpretação é uma técnica básica de geoprocessamento que quantifica elementos da paisagem para elaboração do mapa.

2.3. Descrição dos Pontos de Coleta dos Dados

Os locais definidos para a coleta de dados dentro do perímetro urbano de Manicoré-AM levaram em consideração duas áreas, a saber: uma área com maior índice de arborização (Área Arbórea) e outra com menor índice (Área Não-arbórea). Em cada uma dessas áreas, foram selecionadas quatro casas de diferentes tipos construtivos, mas com semelhança construtiva quando visto de áreas distintas (Figura 2).

Figura 2 – Pontos de coletas de dados no perímetro urbano de Manicoré-AM. Mosaico elaborado com imagem do Satélite CBERS 4A na órbita 173/107 em 20/09/2021, Datum: SIRGAS 2000, Projeção Geodésica Meridiano Central: 63 °Wgr Fuso: 20 Sul e fotos do acervo pessoal dos autores.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

As características das casas foram as mais semelhantes possíveis, para que não ocorresse discrepância durante a análise comparativa dos dados, com relação as suas localizações. A escolha das superfícies pretendeu verificar a alta influência que elas exercem nas trocas de calor entre os ambientes interno e externo, definindo as condições de conforto do ambiente interno baseado nos diferentes tipos de materiais construtivos verificados nos pontos de coleta (Quadro 1).

Quadro 1- Padrões construtivos das casas estudadas na cidade de Manicoré-AM.

Casas	Parede	Características da construção civil/ Abreviatura	Idade da Casa
Tipo 1	1* Tijolos, com reboco em cimento, revestida com massa corrida. Pé direito de 3,0 m	Forro de madeira e telhas de fibrocimento (FM)	35 anos
	2** Tijolos, com reboco em cimento, revestida com massa corrida. Pé direito de 3,0 m	Forro de madeira e telhas de fibrocimento (FM)	32 anos
Tipo 2	3* Tijolos, com reboco em cimento, revestida com massa corrida. Pé direito de 3,0 m	Laje pré-moldada (LAJE)	30 anos
	4** Tijolos, com reboco em cimento, revestida com massa corrida. Pé direito de 3,0 m	Laje pré-moldada (LAJE)	43 anos
Tipo 3	5* Construção em madeira castanheira (<i>Bertholletia excelsa</i>). Pé direito de 3,30 m	Forro em madeira Tauari, e telhas de fibrocimento (MAD)	15 anos
	6** Construção em madeira maracatiara (<i>Astronium lecointei</i>). Pé direito de 2,84 m	Forro em madeira maracatiara, e telhas de fibrocimento (MAD)	30 anos
Tipo 4	7* Tijolos, com reboco em cimento, revestida com massa corrida. Pé direito de 3,0 m	Forro em Policloreto de Vinila (PVC), e telhas cerâmicas (TC)	12 anos
	8** Tijolos, com reboco em cimento, revestida com massa corrida. Pé direito de 3,0 m	Forro em Policloreto de Vinila (PVC), e telhas cerâmicas (TC)	24 anos



*Arbórea

**Não-arbórea

2.4. Sensores para Coleta de Dados

As medidas de temperatura do ar (T_{ar}) e umidade relativa do ar (UR_{ar}), foram realizadas com o auxílio de oito Termo-higrômetros Modelo HT-70 e NDTH-01 (Quadro 2) que continham *Dataloggers* com Display para armazenamento e leitura dos dados, respectivamente.

Quadro 2 - Termo-higrômetros utilizados para a coletas de dados em Manicoré-AM.

Instruterm/Mod. HT-70	Descrição	
	Escala de Temperatura	- 40 a 70°C / - 40 a 158° F
	Precisão	± 1°C
	Resolução	0,1°C
	Escala de Umidade Relativa	0 a 100% U.R
	Precisão	± 3,0%
	Resolução	0,1% U.R.
Memória	32.700 registros	
Next/Mod. NDTH-01	Descrição	
	Escala de Temperatura	- 40 ~ 60°C / - 22 ~ 140° F
	Precisão	± 5°C
	Resolução	0,1°C
	Escala de Umidade Relativa	0 a 100% U.R
	Precisão	± 3,0%
	Resolução	0,1% U.R.
Memória	12.000 registros	

Fonte: Adaptado da Fabricante Instruterm e Next (2022).

Os equipamentos foram etiquetados e passaram por período de testes antes de serem instalados. Para cada tipo de casa, os equipamentos foram alocados internamente, precisamente na sala de estar, e ficaram operando mensalmente. Os meses destinados a coleta de dados foram Dezembro/2021 e Janeiro/2022 (período chuvoso) e Junho e Julho/2022 (período seco). A frequência de medição se deu de forma contínua abrangendo um período de 06 h até às 23 h, no qual, a cada 10 minutos, os aparelhos registravam os valores de temperatura e umidade relativa do ar.

A escolha do local para a instalação dos termo-higrômetros seguiu o critério de este ser o ambiente mais utilizado pela família. O equipamento ficou alocado na parede da sala de estar, a 1,10 m em relação a superfície, seguindo as instruções da norma ISO 7726 de 1998.

2.5. Tratamento e Análise Estatística dos Dados

Inicialmente, os dados foram organizados em planilhas eletrônicas no Excel. Depois, foram estruturados em médias horárias e, posteriormente, calculadas as médias horárias mensais. O último refinamento dos dados foi o cálculo da média horária por período hidrológico.

Para os períodos chuvoso e seco da região, foram plotados gráficos de linha, considerando as médias horárias da T_{ar} e da UR_{ar} .

As comparações estatísticas da T_{ar} e UR_{ar} em termos das áreas para cada período hidrológico da região foram desenvolvidas através do teste não-paramétrico de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$), uma vez que as premissas da ANOVA não foram atendidas. Todas as análises, bem como a plotagem dos gráficos, foram executadas através de linguagem de programação em R, versão 3.6.1 com interface R-Studio (R CORE TEAM, 2019).

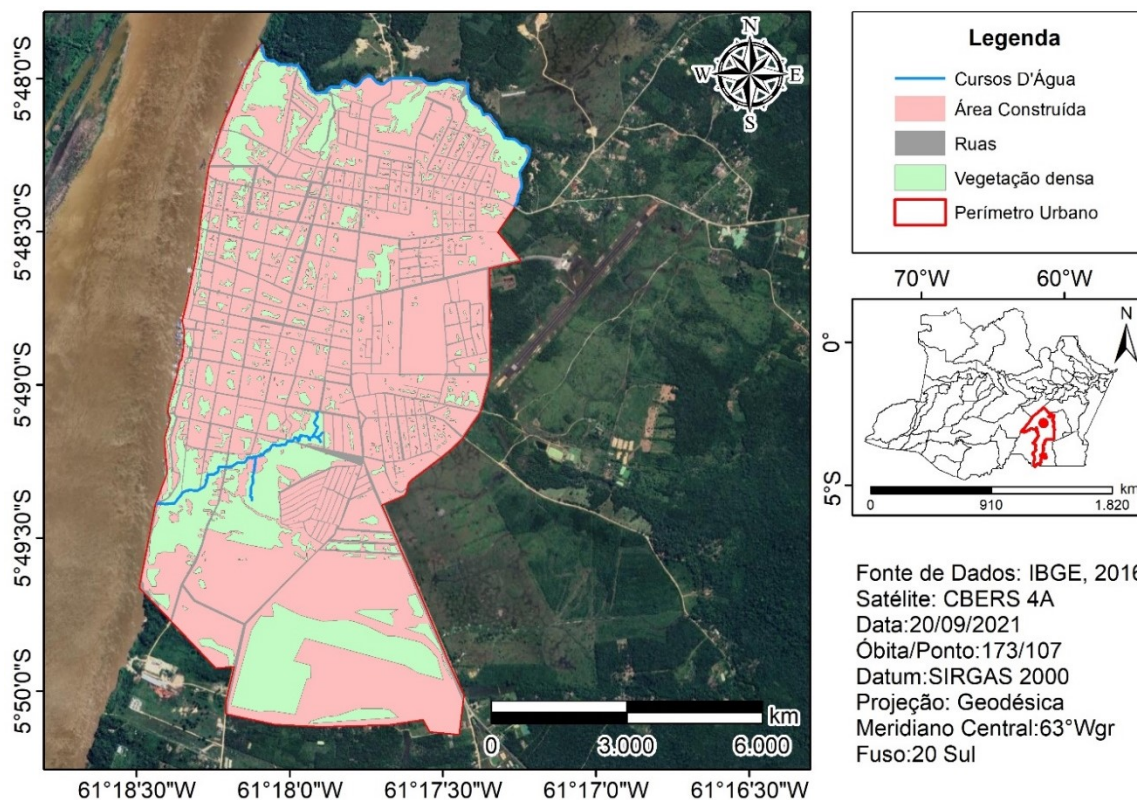
O teste de Mann-Whitney é fundamentado nos postos dos valores alcançados pela combinação de duas amostras. Se o valor for $-p < \alpha$, rejeita-se a hipótese nula e conclui-se que a diferença entre as medianas das populações é estatisticamente significativa (ALMEIDA et al., 2022). Acerca disto, o teste de Mann-Whitney foi empregado para verificar se houve diferença significativa entre as medianas dos parâmetros analisados, isto é, da T_{ar} e UR_{ar} em função das áreas, por períodos hidrológicos, levando em consideração cada tipo de casa.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Níveis de Arborização em Manicoré

A partir dos procedimentos descritos na metodologia, foi possível a identificação de quatro classes de uso e ocupação do solo, de acordo com a classificação do IBGE (2013), a saber: Área Construída (áreas onde a cobertura vegetal foi retirada em sua totalidade, áreas cobertas por gramíneas nativas ou plantadas, áreas urbanizadas, áreas em processo de urbanização incipiente); Ruas (rodovias de acesso urbanas); Cursos d'Água (cursos hídricos) e Vegetação Densa (fragmentos florestais, matas ciliares e formação arbustiva) (Figura 3). Os cálculos dos índices percentuais das classes resultaram em: área construída (507.681 ha), ruas (74.281 ha), vegetação densa (186.193 ha) e perímetro urbano (762.121 ha).

Figura 3 – Distribuição da vegetação no perímetro urbano de Manicoré-AM.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

3.2. Variabilidade Horária da Temperatura do ar para os Períodos Chuvoso e Seco

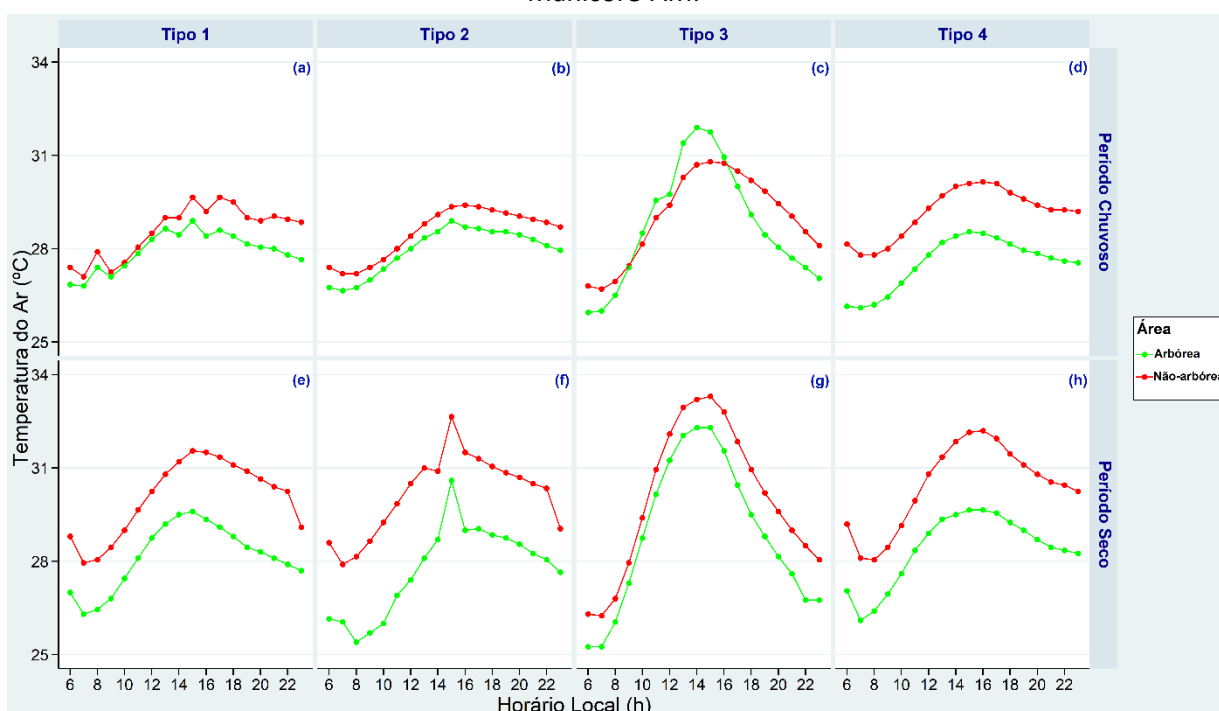
A variabilidade horária da temperatura do ar (T_{ar}) no interior de todas as casas se dá de forma ascendente até atingir máximas entre 14 e 15 h, após isso, a tendência é decrescente (Figura 4). Nesse último caso, devido à diminuição da radiação solar incidente no local, ocorre a perda de calor para o ambiente através da dissipação da energia que foi armazenada durante o dia (LOPES; JARDIM, 2012).

Para a casa do Tipo 1, localizada na área não-arbórea, observou-se as maiores temperaturas em comparação às da área arbórea, isso tanto durante o período chuvoso como no seco. Contudo, durante o período seco, a diferença térmica entre a T_{ar} horária entre a área não-arbórea e a arbórea foi maior do que àquelas observadas durante o período chuvoso. De fato, as diferenças térmicas médias entre a casa do Tipo 1 (não-arbórea) e a Tipo 2 (arbórea) foi de 0,6° C (período chuvoso) e 1,9° C (período seco) (Figura 4-a,e).

Amorim (2009) afirma que a telha de fibrocimento possui baixo coeficiente de reflexão (albedo), logo, aumenta a absorção de radiação e, conseqüentemente, aumenta o calor e a

sua duração no ambiente. Com isso, a redução suave da T_{ar} após as 13 h é justificável, onde, para a região não-arbórea, a T_{ar} se apresenta com valores mais altos, comparados aos da região arbórea (Figura 4-a,e).

Figura 4– Variação da média horária da Temperatura do ar entre áreas arbóreas e não-arbóreas, no interior das casas de forro de madeira e telhas de fibrocimento (Tipo 1), laje pré-moldada (Tipo 2), forro em madeira Tauari e telhas de fibrocimento (Tipo 3) e forro em Policloreto de Vinila (PVC) e telhas cerâmicas (Tipo 4), para os períodos chuvoso (a, b, c, d) e seco (e, f, g, h) na cidade de Manicoré-AM.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Para as casas do Tipo 2, a dinâmica da T_{ar} foi semelhante as do Tipo 1. De fato, a curva de T_{ar} observada na casa do Tipo 2, presente na área não-arbórea, é sempre superior à curva da T_{ar} medida na casa localizada na área arbórea. Esse comportamento é análogo em ambos os períodos hidrológicos, onde durante o período chuvoso a diferença térmica média entre as áreas não-arbórea e arbórea é de 0,55°C e de 2,42°C para o período seco (Figura 4-b,f). Neste último caso, foi a maior diferença média obtida dentre todas as demais.

Para as casas do Tipo 3, verifica-se um comportamento anômalo durante o período chuvoso, pois entre 9 e 16 h, a casa construída na área arbórea tem os valores de temperatura superiores aos da área não-arbórea (Figura 4-c). Dentre essas diferenças, verificou-se que a área arbórea chega a ser mais quente que a não-arbórea, em até 1,2°C às 14h. Após as 16 h,



a curva da T_{ar} para a área arbórea passa a ficar abaixo da curva da área não-arbórea, onde às 21 h se observa cerca de $1,35^{\circ}\text{C}$ de diferença térmica. Já no período seco, não se observa a mesma anomalia e a diferença média obtida é de $1,11^{\circ}\text{C}$, cuja maior diferença térmica encontrada entre as áreas não-arbórea e arbórea é de $1,75^{\circ}\text{C}$ às 22 h (Figura 4-g).

Essa particularidade pode ter ocorrido devido à formação de um microclima local, ou até mesmo pela condutividade térmica da espécie da madeira, utilizada na construção da moradia. Um estudo elaborado pela ABNT (2005) e Gomes; Hackenberg (2020), ressalta que a condutividade térmica varia entre as espécies da madeira, sendo assim, podendo ter influenciado nos dados desse ponto. Além disso, a casa não recebe o sombreamento direto em sua cobertura como nas outras residências em área arbórea, pois a presença da arborização localiza-se em maior abundância aos fundos e em frente a moradia.

As casas do Tipo 4, destacaram-se termicamente por terem sofrido maior interferência térmica pelos efeitos da arborização. De fato, a diferença média entre a T_{ar} entre as áreas não-arbórea e arbórea foi de $1,62^{\circ}\text{C}$, onde a maior diferença observada, às 6 h, foi de 2°C , considerando o período chuvoso. Já durante o período seco, a casa do Tipo 4 revelou uma diferença média de $2,04^{\circ}\text{C}$ com máxima de $2,55^{\circ}\text{C}$, observada às 16 h (Figura 4-d,h).

As telhas de cerâmicas possuem alto albedo e alta emissividade (AMORIM, 2009). Amorim; Sant'Anna Neto e Dubreuil (2009) reiteram que superfícies com alto albedo e emissividade tendem a ficar mais frias quando expostas à radiação solar porque absorvem menos radiação. Estas emitem mais radiação térmica para o espaço e transferem menos calor para o ambiente.

Ao longo das estações de verão e outono, ocorre o período chuvoso da região amazônica. Os sistemas atmosféricos incumbidos pela precipitação no período chuvoso são: a Zona de Convergência do Atlântico Sul, conhecida como ZCAS, que se expande da Amazônia até o sudeste do país, a Alta da Bolívia (AB) e a Monção da América do Sul (MARTINS et al., 2020; PEDREIRA JR, 2018; ROHLER et al., 2022).

Um dos principais sistemas atmosféricos de larga escala que atua na faixa tropical é a circulação de monção, que está associada com a reversão da direção dos ventos em baixos níveis durante a etapa de transição entre o verão (muita chuva) e o inverno (pouca chuva) (GAN et al., 2009). No decorrer dos meses de verão (inverno amazônico), desenvolve-se um anticiclone associado à forte convecção da região Amazônica, designado Alta da Bolívia (AB),

de modo que, em anos com menos chuva na Amazônia, os centros da AB são menos intensos (VIEIRA, 2013). A ZCAS é um fenômeno meteorológico que desempenha um papel dominante nas condições pluviométricas na região onde atua, resultando em alta pluviosidade na América do Sul (FERREIRA et al., 2004).

Vale observar ainda que a máxima T_{ar} observada em todas as casas da área não-arbórea, considerado o período seco, sempre superaram os 31°C , diferenciando-se, portanto, do período chuvoso, onde apenas a casa do Tipo 3 (área arbórea) atingiu esse nível. Durante o período seco, é comum se ter elevadas temperaturas e baixo grau de umidade. Este período ocorre na estação de inverno da região, pois a circulação da baixa troposfera move-se para o norte do cavado equatorial, deslocando o ramo descendente da célula de Hadley sobre a Amazônia e dificulta a formação de nuvens de chuvas neste período na região (MARTINS et al., 2020; PEDREIRA JR, 2018; ROHLER et al., 2022).

Da análise gráfica, verificou-se que há diferenças na T_{ar} entre as casas localizadas em áreas arbóreas e não-arbóreas (Figura 4). Contudo, da análise estatística empregada, verificou-se diferenças estatisticamente significativas entre a área arbórea e não-arbórea nas casas do Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 4. Todavia, as casas do Tipo 3 não mostraram diferenças estatisticamente significativas em ambos os períodos hidrológicos (Tabela 1).

Tabela 1 – Correlação de Mann-Whitney para a temperatura do ar entre as áreas arbóreas e não-arbóreas, onde AIQ é a amplitude interquartil.

Período	Casa	Área	Mediana ($^{\circ}\text{C}$)	AIQ ($^{\circ}\text{C}$)	Valor-p
Chuvoso	Tipo 1	Árborea	28,0	0,9	0,01*
		Não-arbórea	28,9	1,1	
	Tipo 2	Árborea	28,2	1,1	0,02*
		Não-arbórea	28,8	1,4	
	Tipo 3	Árborea	28,5	2,5	0,58
		Não-arbórea	29,2	2,2	
	Tipo 4	Árborea	27,8	1,2	$3,6 \times 10^{-5}$ *
		Não-arbórea	29,3	1,3	
Seco	Tipo 1	Árborea	28,2	1,5	$2,1 \times 10^{-4}$ *
		Não-arbórea	30,3	2,0	
	Tipo 2	Árborea	28,1	2,4	$7,6 \times 10^{-5}$ *
		Não-arbórea	30,5	1,9	
	Tipo 3	Árborea	28,8	4,2	0,2
		Não-arbórea	29,9	3,9	
	Tipo 4	Árborea	28,6	1,6	0,0003*
		Não-arbórea	30,7	2,0	

*Valores estatisticamente significativos.

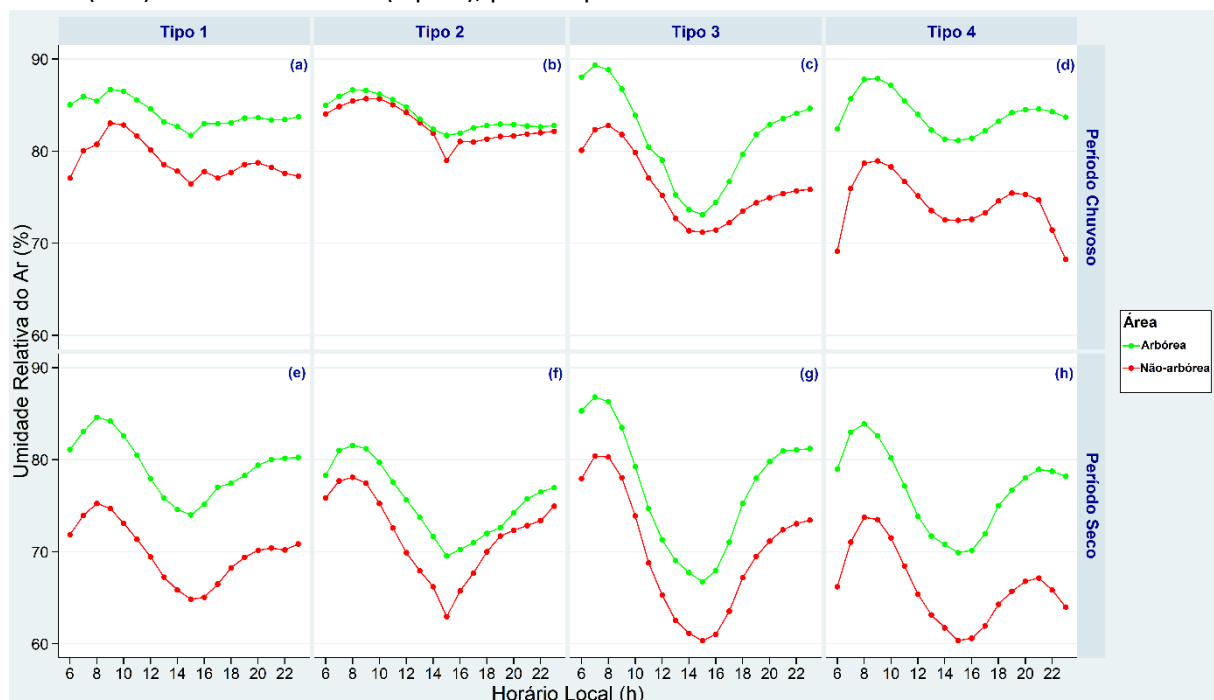


3.3. Variabilidade Horária da Umidade Relativa do ar para os Períodos Chuvoso e Seco

Para a umidade relativa do ar (UR_{ar}), verificamos que as curvas dessa variável, nas áreas arbóreas, exibem valores sempre superiores que as curvas para as áreas não-arbóreas, indicando, portanto, que áreas com maior índice de arborização influenciam na quantidade de vapor d'água encontrado nesses ambientes (Figura 5 a-h).

Nota-se que as diferenças médias entre as curvas da UR_{ar} para as áreas não-arbóreas e arbóreas, são menores para o período chuvoso, diferenciando-se, portanto, do período seco. De fato, durante o período chuvoso, para a casa do Tipo 1, verificou-se que essa diferença é de 5,16%, 1% para casa do Tipo 2, e para as casas do Tipo 3 e Tipo 4, 5,46 e 9,8%, respectivamente (Figura 4 a-d). Isso significa que essas áreas são menos úmidas, nessas respectivas porcentagens, quando comparadas às áreas arbóreas. Para o período seco, essas diferenças são mais acentuadas: 9,32% (Tipo 1), 3,7% (Tipo 2), 7% (Tipo 3) e 10,47% (Tipo 4) (Figura 5 e-h).

Figura 5 – Variabilidade da média horária da Umidade Relativa do ar entre áreas arbóreas e não-arbóreas, no interior das casas de forro de madeira e telhas de fibrocimento (Tipo 1), laje pré-moldada (Tipo 2), forro em madeira Tauari e telhas de fibrocimento (Tipo 3) e forro em Policloreto de Vinila (PVC) e telhas cerâmicas (Tipo 4), para os períodos chuvoso e seco na cidade de Manicoré-AM.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O período seco é caracterizado por apresentar elevadas temperaturas e reduzida umidade relativa do ar. Sendo assim, Santos et al. (2011) reiteram que a quantidade de construções com materiais impermeáveis afeta o aumento da temperatura e a diminuição da umidade relativa do ar. Por outro lado, espaços verdes com grandes áreas de vegetação auxiliam na redução da temperatura do ar local e ajudam a manter a alta umidade relativa do ar.

A evapotranspiração possui grande relevância na contribuição da precipitação total sobre uma região, por meio da reciclagem de precipitação, podendo ser entendida como uma ferramenta de realimentação entre o sistema Terra-Atmosfera, em que a água evaporada em determinada região, cairá novamente como precipitação nessa mesma região (MARTINS et al., 2019; NÓBREGA et al., 2005).

A Tabela 4, informa sobre a análise estatística elaborada para a umidade relativa do ar entre as áreas arbóreas e não-arbóreas, durante os períodos hidrológicos da região amazônica. Notou-se que entre as áreas arbóreas e não-arbóreas, somente a casa do Tipo 2 para o período chuvoso não apresentou diferença estatística significativa, com o valor-p >0,05.

Tabela 2– Correlação de Mann-Whitney para a umidade relativa do ar entre as áreas arbóreas e não-arbóreas, onde AIQ é a amplitude interquartil.

Período	Casa	Área	Mediana (%)	AIQ (%)	Valor-p
Chuvoso	Tipo 1	Árborea	83,6	2,2	$8,6 \times 10^{-6*}$
		Não-arborea	78,4	2,5	
	Tipo 2	Árborea	82,9	2,8	0,07
		Não-arborea	82,1	3,1	
	Tipo 3	Árborea	82,4	7,2	0,002*
		Não-arborea	75,3	6,3	
	Tipo 4	Árborea	84,1	2,9	$2,2 \times 10^{-10*}$
		Não-arborea	74,6	3,3	
Seco	Tipo 1	Árborea	79,7	3,8	$4,2 \times 10^{-9*}$
		Não-arborea	70,2	4,2	
	Tipo 2	Árborea	75,7	6,0	0,03*
		Não-arborea	72,5	6,7	
	Tipo 3	Árborea	78,6	10,0	0,006*
		Não-arborea	70,3	10,0	
	Tipo 4	Árborea	77,6	6,6	$2,0 \times 10^{-7*}$
		Não-arborea	65,8	4,8	

*Valores estatisticamente significativos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A arborização influenciou no comportamento da variável climática de temperatura do ar entre as áreas arbóreas na cidade de Manicoré-AM. Isso pode ser confirmado por meio da análise estatística. De fato, ambos os períodos hidrológicos apresentaram diferença estatística significativa, atendendo o valor $-p < 0,05$. Apenas as casas em madeira com cobertura em telha de fibrocimento e forração em madeira (Tipo 3) não atenderam ao critério de significância.

Em termos de umidade relativa do ar, também se observou a importância da arborização em face da emissão de vapor d'água atmosférico. A análise estatística elaborada evidenciou que apenas as casas em alvenaria com cobertura em laje (Tipo 2) não apresentaram diferença estatística significativa para o período chuvoso, entre as áreas arbóreas e não-arbóreas.

Diante disso, é possível afirmar que a cobertura vegetal possui papel relevante na atenuação da temperatura do ar e na emissão de vapor d'água atmosférico, tornando-se indispensável para o meio urbano, onde as atividades humanas são desenvolvidas. Além disso, auxilia nas condições de conforto térmico do ambiente, proporcionando melhorias para a qualidade de vida da população.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos também o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pela concessão da bolsa de mestrado da primeira autora e do financiamento da bolsa de doutorado do terceiro autor através do incentivo à qualificação por meio do Edital N° 012/2021 – POSGFE.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, E. D. L.; BIUDES, M. S. Padrões da temperatura do ar e da umidade relativa: estudo de caso no campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso. **Boletim de geografia**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 5-16, 2012.

AMORIM, M. C. C. T; SANT'ANNA NETO, J. L.; DUBREUIL, V. Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat 7 em cidade tropical. **Revista de Geografia Norte Grande**, n. 43, p. 65-80, 2009.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 15220-2**. Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005, 34 p.

CAPUTO, C. R.; AMORIM, M. C. C. T. A formação de ilhas de calor em cidade pequena: o estudo de Osvaldo Cruz/SP/Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 29, Jul./Dez. 2021.

CARDOSO, R. S; AMORIM, M. C. C. T. Características do clima urbano em Presidente Prudente/SP a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar e técnicas de sensoriamento remoto. **Revista Do Departamento De Geografia**, v. 28, p. 39-64, 2015.

CORTEZ, M. G. **Sistemas sociais de produção da castanha da Amazônia (Bertholletia excelsa Bonpl.) no município de Manicoré/Am**. 2011, 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) - Universidade Federal do Amazonas, 2011.

FEITOSA, S. M. R. et al. Consequências da urbanização na vegetação e na temperatura da superfície de Teresina–Piauí. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 2, p. 58-75, 2011.

FERREIRA, N. J.; SANCHES, M.; DIAS, M. A. F. S. Composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em Períodos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.1, 89-98, 2004.

GAN, M. A. et al. Monção na América do Sul. **Chapter**, v. 19, p. 297-312, 2009.

GOMES, L. D.; GOMES, J. D.; Hackenberg, A. M. Avaliação do desempenho termoenergético da madeira laminada colada (mlc) como alternativa bioclimática em cobertura residencial. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 9, n. esp, p. 345-362, fev. 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manicore/panorama>>. Acesso em: 29 de julho de 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual Técnico de uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2013.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Disponível em: <<http://www2.dgi.inpe.br/catalogo/explore>>. Acesso em: 20 de setembro de 2021.



LOPES, L. C. S.; JARDIM, C. H. Variações de temperatura e umidade relativa do ar em área urbana e rural durante o segmento temporal de inverno de 2011 em Contagem e Betim (MG). **Acta Geografica**, p. 205-221, 2012.

MARTINS, P. A. S. et al. Balanço hídrico climatológico e classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) para o município de Manicoré, na mesorregião sul do Amazonas. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 641-655, julho-setembro, 2020.

MEIRELLES, F. D. A. et al. **Análise Ambiental e Socioeconômica dos municípios sob influência da rodovia BR-319**. Manaus: IDESAM, 2018.

Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Tabela de municípios prioritários para ações de prevenção, monitoramento e controle do desmatamento**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/controle-de-desmatamento-e-incendios-florestais/pdf/Listagemmunicipiosprioritriosparaesdepreveno2021.pdf>>. Acesso em: 21 de setembro de 2022.

MONTEIRO, F. F.; SILVEIRA, A. L. R. C. D. **Uso de dados de Sensoriamento Remoto para identificação de ilhas de calor em Teresina-PI**. 5º Seminário Internacional de Planejamento e Gestão Ambiental – URBENVIRON, Brasília, 2012.

MARTINS, P. A. S. et al. Variabilidade espaço-temporal de variáveis climáticas na mesorregião sul do Amazonas. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.2, p.169-184, 2019.

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. D. S. O microclima e o conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 28, n. 1, pág. 93-109, 2011.

NOGUEIRA, C. E. C. et al. Avaliação do conforto térmico nas residências convencional e inovadora do “Projeto CASA”, Unioeste, Campus de Cascavel. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 34, n. 1, p. 3-7, 2012.

PANIZZA A.C.; FONSECA, F.P. Técnicas de interpretação visual de imagens. **Revista GEOUSP – Espaço e Tempo**. São Paulo, v.15, n.30, p. 30-43, 2011.

PEDREIRA JUNIOR, A. L. et al. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá–AM. **Revista brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.

R Core Team. **R:A Language and Environment for Statistical Computing**.Vienna, Austria, 2019. disponível em: <https://www.R-project.org/>

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**. São Paulo, v.57, n.3, p. 226-234, 2005.

ROHLER, L. A. S. et al. Avaliação de parâmetros ambientais em uma microrregião no sul do estado do Amazonas e suas relações com estresse térmico de bovinos leiteiros. **Ciência Animal Brasileira**, v. 23, 2022.

SANTOS, J. S. D. et al. Análise das Condições do Campo Térmico em Ambiente Urbano: Estudo de Caso em Campus Universitário (Analysis of Conditions of Thermal Comfort in Urban Environment: a Case Study in University Campus). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 2, p. 336-353, 2011.

SANTOS, F. D. O.; PIMENTEL, M. R. S. Edificações e conforto térmico: a moradia como fonte de aprendizagem. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 44, 2012.

SILVA, K. E.; PEREIRA, K. P. **Alterações na cobertura vegetal dos municípios do Sul do Amazonas**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil. p. 1667 – 1671, 2005.

VIDOTTO, E. et al. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. **ACTA Amazônica**, v. 37, p. 385–400, 2007.

VIEIRA, S. D. O. **Efeitos da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre as chuvas da região Sul da Amazônia Brasileira**. 2013. Tese (doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia (INPA), Manaus.