ANÁLISE DO MICROCLIMA URBANO NA LATITUDE 0º MEDIANTE UTILIZAÇÃO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL. ESTUDO DE CASO: BLOCO DE ARQUITETURA E ENGENHARIA CIVIL NO CAMPUS MARCO ZERO DA UNIFAP

Anneli Maricielo Cárdenas Celis (1); Ana Karina Nascimento Silva Rodrigues (2); Patrícia Helena Turola Takamatsu (3);José Walter Cárdenas Sotil (4) Raysa Oliveira Spíndola (5); Lourhan Severino de Araújo (6)

(1) Mestre em Arquitetura, Professora efetiva do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Amapá, celis2792@unifap.br
(2) Especialista, Professora efetiva do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Amapá, anakarinarodrigues@unifap.br
(3) Doutora em Arquitetura, Professora efetiva do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Amapá, patricia.takamatsu@unifap.br
(4) Doutor em Matemática, Professor efetivo no Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal do Amapá, jwcs.jwcs@gmail.com
(5) Mestre em Urbanismo, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Amapá, raysaoliveira@unifap.br
(6) Discente do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Amapá, lourhan.ap@gmail.com

RESUMO

A Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) localizada na cidade de Macapá, no extremo norte do território brasileiro, existe enquanto instituição pública desde a década de 70 e ao longo dos anos foram construídas distintas edificações em fases distintas de infraestrutura, porém observa-se nas construções mais atuais a falta de uma arquitetura adequada ao clima local, como é o caso do Bloco de Arquitetura e Engenharia Civil do Campus Marco Zero da UNIFAP em novembro de 2019. Por estar localizada na latitude 0°, é imprescindível a utilização de estratégias bioclimáticas adequadas ao clima equatorial úmido, assim como a análise do microclima urbana para oferecer condições térmicas favoráveis. Portanto, o presente estudo tem como objetivo analisar o microclima urbano do Bloco de Arquitetura e Engenharia Civil (UNIFAP) no mês mais quente do ano de 2022 mediante o modelo do cenário real com a utilização da simulação computacional. Como método emprega-se a utilização da simulação computacional mediante o programa ENVI-met 5.1.1 modelando o cenário real, e analisando os dados de temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa, radiação solar e PMV do mês mais quente (19 de novembro de 2022) conforme as normais climatológicas do INMET nos horários de 9h, 12h e 15h conforme horários recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Verificou-se conforme os dados obtidos a ausência de medidas de mitigação como a presença de áreas verdes e de materiais empregado como o concreto e asfalto que acabam elevando a temperatura e gerando desconforto térmico aos usuários.

Palavras-chave: Microclima urbano, ENVI-met 5.1.1, Campus Universitário, Latitude 0°, Clima equatorial úmido.

ABSTRACT
The Federal University of Amapá (UNIFAP) located in the city of Macapá, in the extreme north of the Brazilian territory, exists as a public institution since the 1970s and over the years different buildings were built in different phases of infrastructure, but it is observed in the most current buildings the lack of an architecture suitable for the local climate, as is the case of the Architecture and Civil Engineering Block of the Marco Zero Campus of UNIFAP in November 2019. For being located at latitude 0°, it is essential to use bioclimatic strategies suitable for the humid equatorial climate, as well as the analysis of the urban microclimate to provide favorable thermal conditions. Therefore, this study aims to analyze the urban microclimate of the Architecture and Civil Engineering Block (UNIFAP) in the hottest month of the year 2022 by modeling the actual scenario using computer simulation. As a method, a computer simulation is employed using the program ENVI-met 5.1.1 modeling the real scenario, and analyzing the data of air temperature, wind speed, relative humidity, solar radiation and PMV for the hottest month (November 19, 2022) according to the climatological norms of INMET at 9:00 am, 12:00 pm and 3:00 pm as recommended by the World Meteorological Organization (WMO). It was verified according to the data obtained the absence of mitigation measures such as the presence of green areas and materials used such as concrete and asphalt that end up raising the temperature and generating thermal discomfort to users.

Keywords: Urban microclimate, ENVI-met 5.1.1, University Campus, Latitude 0°, Equatorial humid climate.

1. INTRODUÇÃO

A Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) localizada na cidade de Macapá, no extremo norte do Brasil existe enquanto instituição desde a década de 70 (Figura 1). A cidade de Macapá possui a particularidade de ser a única capital brasileira cortada pela linha imaginária do Equador e banhada pelo Rio Amazonas.

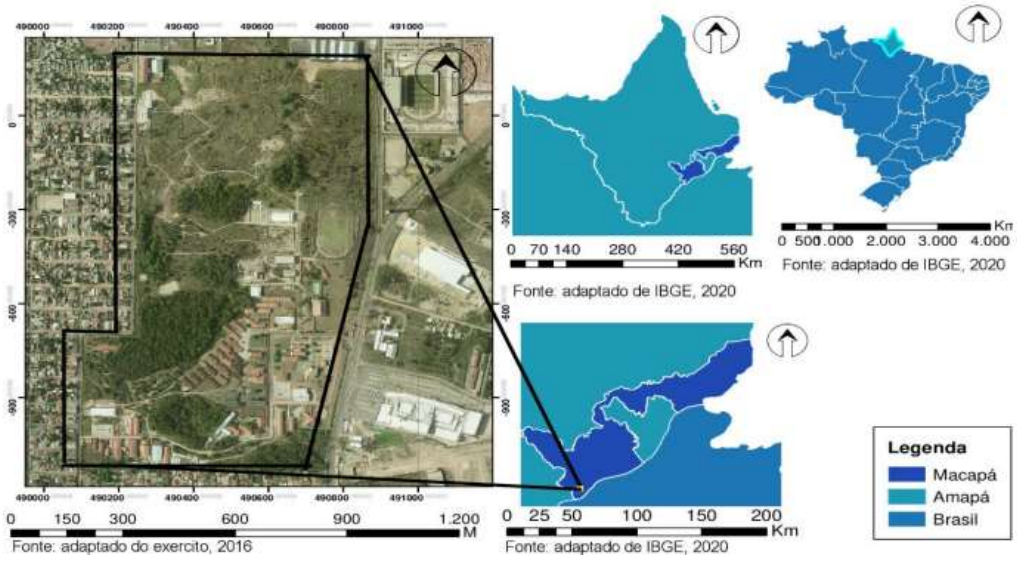

Figura 1 – Mapa de localização da Universidade Federal do Amapá. Elaborado pelos autores (2023).

Por estar localizado em latitude 0°, observa-se altos índices de radiação solar se comparadas as outras região do planeta, especialmente nos meses do equinócio (março e setembro), no qual o sol perpassa sobre a linha do equador, e interferem diretamente no conforto térmico dos usuários. Segundo a classificação climática de Strahler, Macapá é classificado como clima equatorial úmido, cuja principal característica são as elevadas temperaturas, a elevada umidade, e altos índices de regimes de precipitações.

Conforme Tavares (2014) a capital Macapá é dividida em duas estações (verão e inverno), conhecidas assim pelo regime de chuvas, possuindo uma média de 169 dias de chuva durante a estação chuvosa de inverno nos meses de janeiro, fevereiro e março e 196 dias sem chuva nos meses de outubro, novembro e dezembro O autor destaca também a presença da alta umidade relativa, o que dificulta o bem-estar dos indivíduos devido o dificuldade da evaporação do suor do corpo humano.

Portanto, o microclima urbano de um determinado local exerce um papel fundamental para o conforto térmico humano, especialmente na latitude 0°, onde se faz necessário a aplicação de estratégias bioclimáticas adequadas ao clima local, para atenuar o calor pelas altas temperaturas. Estratégias como o sombreamento mediante a utilização de arborização, e na utilização de materiais com baixa capacidade de armazenamento de calor são essenciais em clima equatorial úmido conforme (ESTULANO, 2004) e (PAULA, 2004).

Dobbert (2015) aborda que se faz necessário um planejamento urbano na cidade, já que as modificações ocasionadas no ambiente construído, tais como a redução de áreas verdes, a impermeabilização do solo, o aumento do tráfego, geram efeitos drásticos ao ambiente natural, contribuindo para o aumento da temperatura média do ar, alterando o microclima e gerando desconforto térmico.

Romero (2000) destaca que em climas com elevadas temperatura, como é o caso do clima equatorial úmido, uma das principais estratégias bioclimáticas que deve ser adotada é o sombreamento das aberturas, assim a utilização da arborização, uma vez a mesma exerce um papel fundamental na renovação do ar, na absorção do calor através da transpiração e uma vez que retirada e substituída por pavimentação, afetam a porosidade do solo, altera as condições de temperatura.

Nesse sentido, entende-se que para analisar o microclima urbano se faz necessário o entendimento das variáveis climáticas, assim como compreender as variáveis pessoais, pois o conforto térmico é subjetivo, variando de individuo para indivíduo. Assis (2005) comenta que a temperatura é a variável mais perceptível, sendo necessário que em climas tropicais haja o conhecimento sobre os materiais empregados (elevada absorção solar) e da presença de áreas verdes que exercem um papel estratégico na redução da temperatura, assim como o bem-estar, especialmente em campus universitários.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente estudo é analisar o microclima urbano do Bloco de Arquitetura e Engenharia Civil localizado no Campus Marco Zero da UNIFAP, Macapá – AP mediante a utilização da simulação computacional (ENVI-met 5.1.1), modelando o cenário real no mês mais quente do ano novembro de 2022 conforme dados do INMET.

.

3. MÉTODO

Os procedimentos metodológicos consistem em:

1. Utilização da simulação computacional mediante o programa ENVI-met versão 5.1.1 para a análise do microclima urbano do Bloco de Arquitetura e Engenharia Civil localizado no Campus Marco Zero da UNIFAP;
2. Modelagem do cenário real (Spaces): altura da edificação, inserção de arborização e tipo de solo;
3. Inserção de dados climáticos (ENVI-*guide*) conforme dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET);
4. Análise dos dados de saída de temperatura do ar, umidade relativa, temperatura superficial do solo e o índice *Predict Mean Vote* (PMV) nos horários de 9h, 12h e 15h conforme horários recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), a partir de geração de mapas (Leonardo);
5. Análise do PMV (Bio-met);

3.1. Caracterização da área de estudo

No caso do Bloco de Arquitetura e Engenharia Civil do Campus Marco Zero (UNIFAP), inaugurada desde o mês de novembro de 2019, observa-se que está isolado em relação aos demais blocos da Universidade (Figura 2), assim como percebe-se a ausência de arborização urbana e de materiais adequados que proporcionem o conforto térmico aos usuários.



Figura 2 – Localização do Bloco de Arquitetura e Engenharia Civil no Campus Marco Zero. Elaborado pelos autores (2023).

3.2. Modelagem

Para a realização da modelagem do cenário real, se faz necessário a inserção de dados de entrada corretamente. De acordo com Silva *et al.* (2022) se faz necessário cumprir cinco etapas nesta fase, consistindo na configuração da mesa de modelagem, configuração da cidade a se trabalhar, em seguida a modelagem dos edifícios, inserção da arborização, solo e superfícies na aba de edição *Spaces.*

Para a modelagem do Bloco de Arquitetura e Engenharia Civil do Campus Marco Zero (UNIFAP) em Macapá, se fez necessário configurar inicialmente a altura dos edifícios, com altura de 8 metros, considerando as seguintes características: parede do tipo *Concrete Wall* (C4) (*Filled block*), e cobertura com telhas de cerâmica (*Roof:* (R2) e telhas de concreto *Roofing Tile* (R1) conforme (Figura 3).

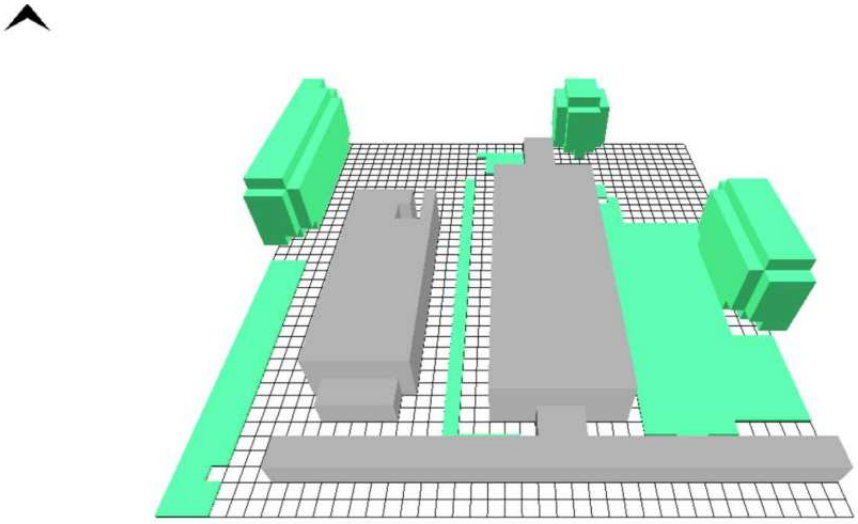

Figura 3 – Modelagem da área de estudo mediante a utilização do programa ENVI-met 5.1.1. Elaborado pelos autores (2023).

Para a arborização, utilizou-se a configuração permitida pelo programa, optando-se pela opção *Deciduos trees*, pela perenidade da espécie variando entre 8 e 15 metros de altura, assim como a utilização de grama baixa (*Grass 25 cm aver, dense*) e para solos e superfícies foram utilizadas as configurações de concreto cinza no pavimento (*Croncret Pavement Gray)*, conforme Figura 4.



Figura 4– Bloco de Arquitetura e Engenharia Civil no Campus Marco Zero (materiais e vegetação na área de estudo). Os autores (2023).

3.3. Inserção de dados climáticos e parâmetros individuais

Para a inserção de dados climáticos da cidade de Macapá, foram extraídos a partir das normais climatológicas do INMET (período de verão) e dados provenientes da plataforma PROJETEE conforme pode-se observar na Tabela 1. Para análise dos parâmetros individuais a partir das recomendações da ISO 7730.

Tabela 1 - Cidades e latitudes simuladas e arquivos climáticos utilizados.

Nome do local	**Latitude**	**Longitude**	**Reference time zone**	
Macapá - AP	0º 04’	-51.07	GMT - 3	
Velocidade do vento (INMET)	**Direção do vento (INMET)**		**Umidade 2.500 metros (UWYO Soundings)**	
5.1	53º		4.36	
Temperatura da atmosfera (INMET)			**Umidade relativa (PROJETEEE)**	
Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
24.64 °C	27.62 °C		70.08 %	89%

Referente a inserção dos parâmetros individuais, onde são considerados os parâmetros de vestimenta, tipo de atividade física, foram considerados conforme os dados padrões do programa ENVI-met, sendo demostrados a seguir na Tabela 2.

Parâmetros do corpo	**Vestimenta (clo)**	**Atividade**	**Biomet**
Gênero: masculino Idade: 30 anos Altura: 1,75 Peso: 70kg	Camiseta com mangas curtas: 0,14 Calça leve:0,36 Tênis: 0,04 Cueca: 0,05 Meias finas: 0,03 Total: 0,52	Caminhando a 3km – 140 W/m²	Taxa metabólica total: 120,98 W/m² Met: 2.08

3.4. Extração de dados

Para a extração de dados e geração de mapa, foram utilizados a ferramenta de visualização Leonardo 64bit, sendo realizada a análise para o mês mais quente do ano de 2022, sendo considerado de acordo com os dados disponibilizados pelo INMET o dia 19 de novembro de 2022 e nos horários recomendados pela OMM para realização das medições, sendo analisados os horários das 09h, 12h e 15h. Os dados extraídos para análise foram os dados de temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa, radiação solar e o índice de voto médio estimado (PMV).

4. RESULTADOS

4.1. Temperatura do ar

Os menores valores de temperatura do ar conforme os dados de saída encontram-se com temperaturas de 25.71°C no horário das 09h e máxima com valores de 30.18°C (Figura 5). Nota-se que o Bloco de Arquitetura e Engenharia Civil não possui áreas verdes que amenizem a radiação solar direta, não havendo o sombreamento da edificação para reduzir a quantidade de calor armazenado pelas superfícies e materiais presente no entorno imediato como o a utilização do concreto, fazendo com que haja o aumento da temperatura do ar.

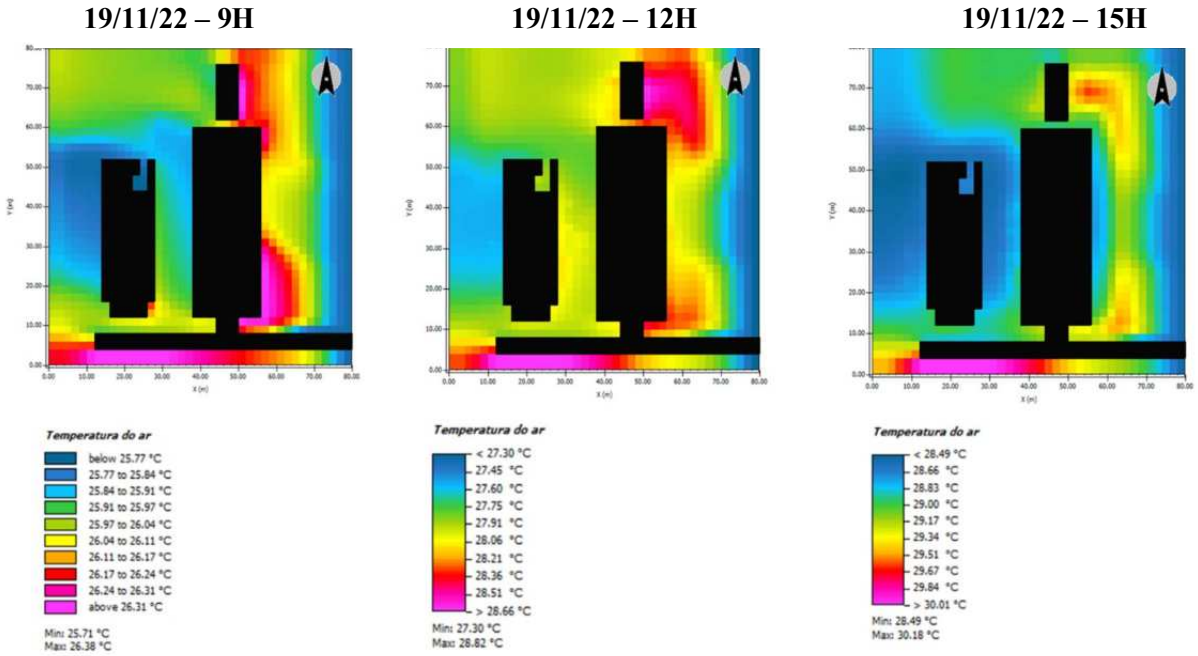

Figura 5 – Resultados dos valores de temperatura do ar com a extração de mapas na aba Leonardo no programa ENVI-met 5.1.1.

4.1. Velocidade do vento

Para os valores da velocidade do vento, observa-se pelo bloco estar isolado não havendo a presença de arborização abundante, a ventilação acaba sofrendo o desvio pela interferência do bloco vizinho (laboratório do Curso de Engenharia Civil), sendo a sua velocidade reduzida, criando um efeito barreira com valores entre 0.54 m/s e 5.26 m/s nos três respectivos horários conforme demostrado na Figura 6. Cabe ressaltar que a ventilação é uma importante estratégia passiva para a manutenção da qualidade do ar e do conforto térmico em espaços internos, assim como o gerar conforto térmico no meio urbano (ROSSI *et al*., 2022).

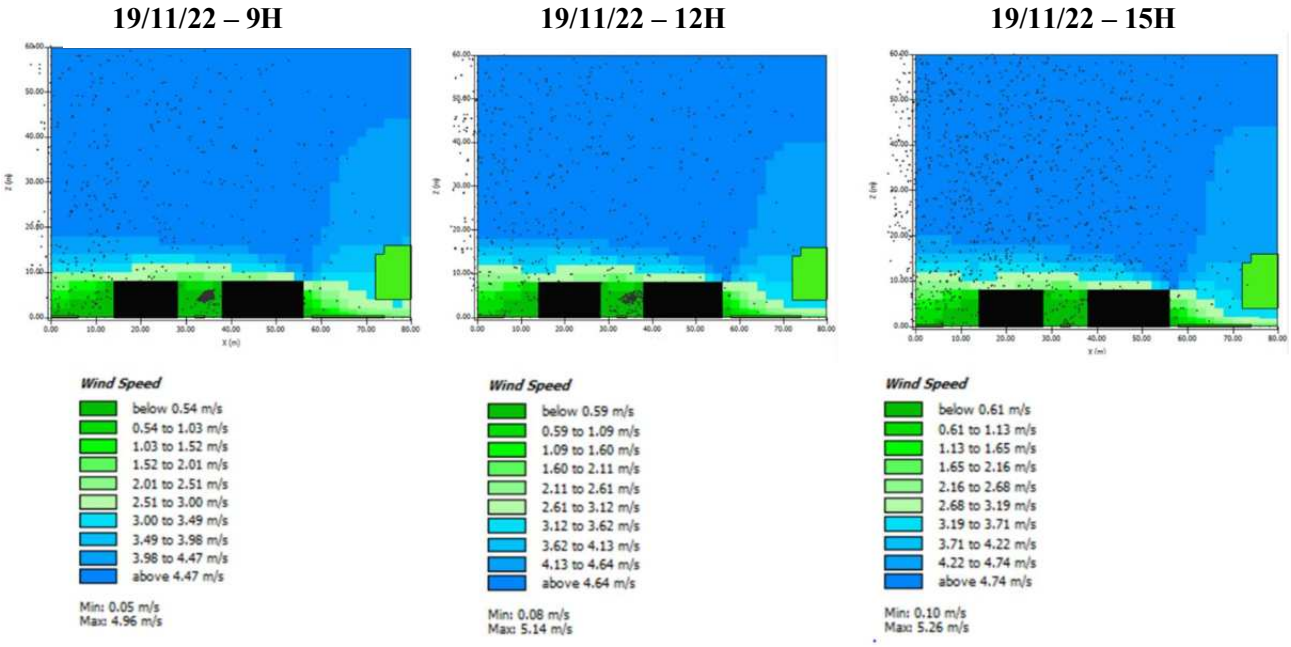

Figura 6 – Resultados da velocidade do vento em corte com a utilização do programa ENVI-met 5.1.1. Elaborado pelos autores (2023).

4.2. Umidade relativa do ar

Os valores referente a umidade relativa do ar variam entre 57.54% e 82.46% conforme Figura 7. Os valores encontram-se reduzidos devido aos materiais empregados no entorno, como o concreto e asfalto, visto que armazenam calor, o que altera as condições de drenagem, assim como pela ausência de áreas verdes, conforme menciona (ROMERO, 2000).

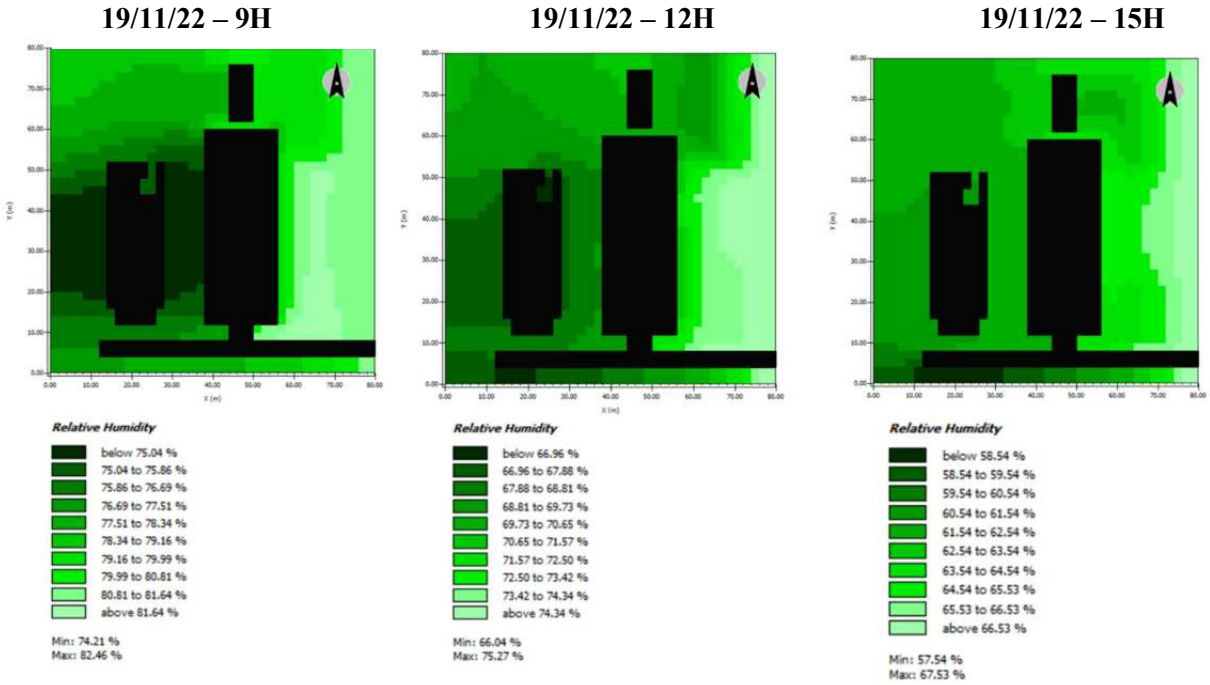

Figura 7 – Resultados dos valores de umidade do ar no programa ENVI-met 5.1.1. Elaborado pelos autores (2023).

4.3. Radiação solar direta

Os valores de radiação solar direta no Bloco de Arquitetura deve-se a ausência de arborização urbana que exerce um papel fundamental na atenuação da temperatura e dos materiais empregados como asfalto e concreto que armazenam conforme Romero (2000) E Frota e Schiffer (2003) armazenam calor devido a condutividade térmica e seus valores de albedo, obtendo os menores valores do 811.78 W/m² no horário das 09h e maior valor no horário com 934.42 W/m² no horário das 15h (Figura 8).

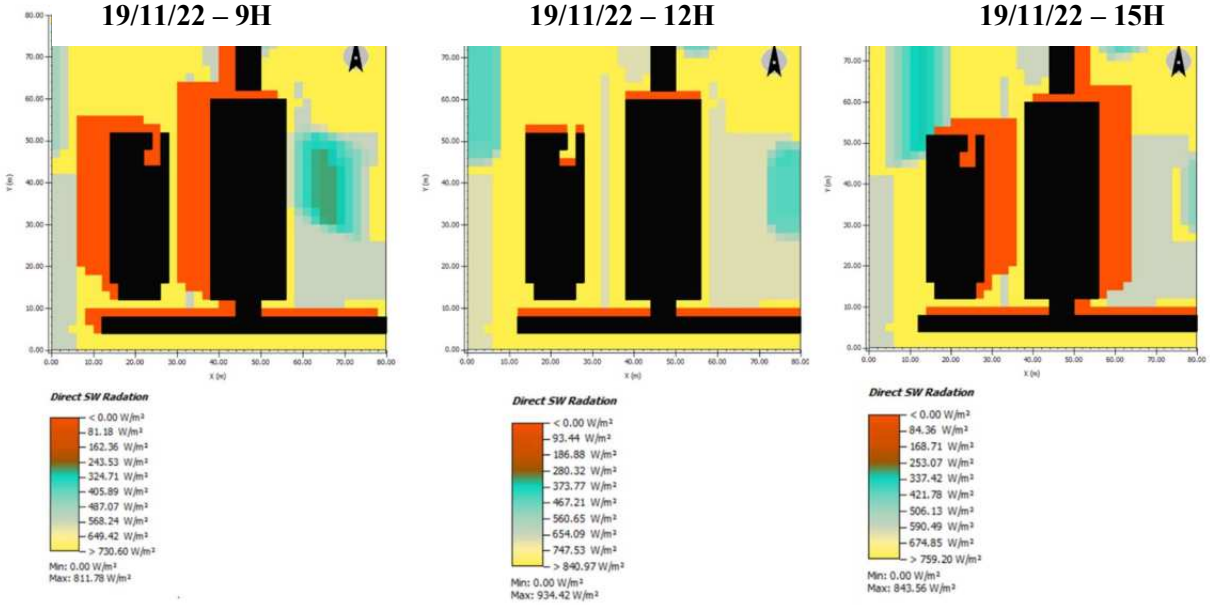

Figura 8 – Resultados dos valores de radiação solar direta no programa ENVI-met 5.1.1. Elaborado pelos autores (2023).

4.4. PMV

Conforme a ISO 7730 os valores referentes ao voto médio estimado são observados conforme a escala climática de Fanger, que classifica em: -3 (muito frio), -2 (frio), -1 (ligeiramente frio); 0 (neutro), + (ligeiramente quente), + 2 (quente) e + 3 (muito quente). De acordo com Oliveira (2008) os valores são elevados devido à ausência da arborização e dos materiais empregados como asfalto e o concreto, obtendo, portanto, os valores entre 1.01 (ligeiramente quente) no horário das 09h e 3.53 (muito quente), o que corrobora o desconforto térmico pela alta radiação solar e a ausência de estratégias bioclimáticas de sombreamento, conforme Figura 9.

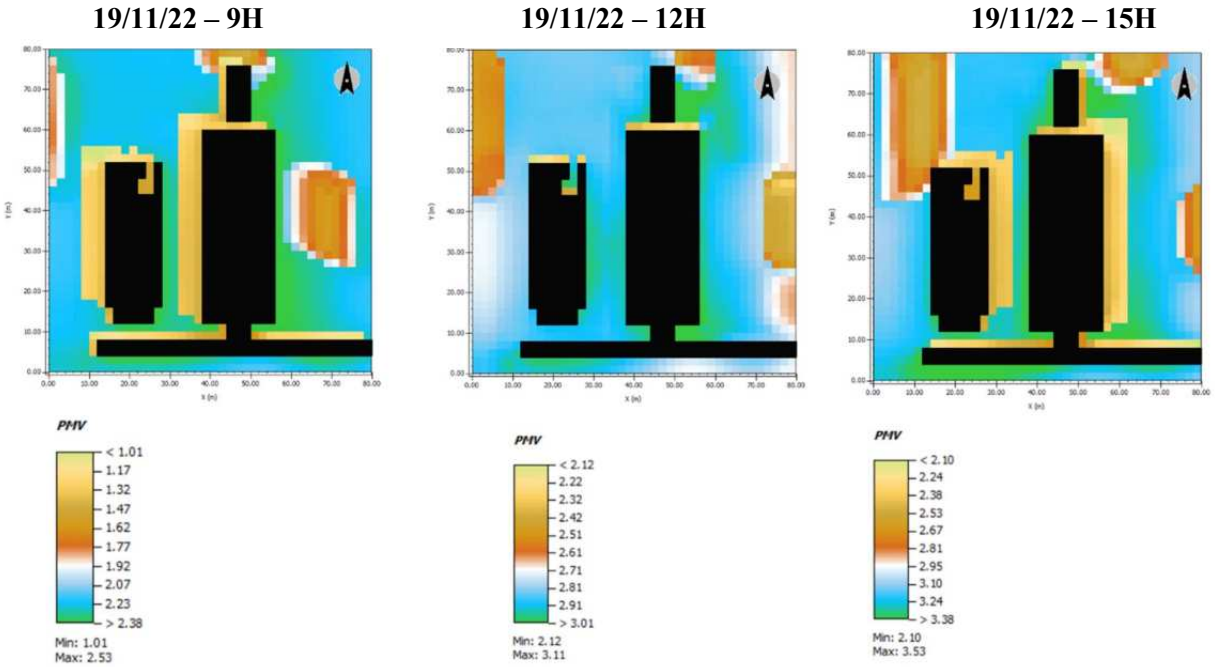

Figura 9 - Resultados dos valores de umidade do ar no programa ENVI-met 5.1.1. Elaborado pelos autores (2023).

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos mediante a utilização da simulação computacional realizando a modelagem do cenário real no ENVI-met 5.1.1,alcanca-se o objetivo proposto de analisar e compreender a importância do estudo do microclima urbano para a adoção de medidas de mitigação do desconforto térmico que interferem diretamente no aumento da temperatura e no desconforto dos usuários.

A combinação de fatores como a remoção de áreas verdes e a presença de diferentes tipos de materiais como o concreto e o pavimento, favorecem a formação de ilhas de calor, aumentando a temperatura no meio urbano. Uma das estratégias fundamentais em clima equatorial úmido são a adoção de áreas verdes em campus universitários, que fornecem sombreamento e consequentemente bem-estar aos usuários, além de utilizar materiais com coloração mais clara, que causa um maior efeito no valor do albedo e absorvendo menos calor.

O Bloco de Arquitetura e Engenharia Civil de UNIFAP, por estar localizada na latitude 0º, recebendo alta radiação solar durante o ano todo, são necessários medidas que amenizem as elevadas temperaturas e que incidam positivamente nos índices de conforto térmico dos usuários. Portanto, a presente investigação abre espaço para discussões de novas simulações (cenários hipotéticos melhorados), com a adoção de arborização e outros tipos de materiais, assim como proceder com a medição in loco e entrevistas com os usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, E. S. **A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória**. In Anais do 8º Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído (p. 92-101). Maceió: ENCAC, 2005.

DOBBERT, L. **Arborização na cidade de Campina/SP: Percepção e conforto**. Tese de Doutorado do Curso de Arquitetura. Universidade de São Paulo, 2015.

ESTULANO, G.A. **O Comportamento térmico de diferentes materiais utilizados nos painéis de fechamento vertical nas edificações da cidade Cuiabá\MT-Avaliação pós ocupação**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Mato Grosso, UFMT, 2004.

FROTA, A; SCHIFFER, S. **Manual de Conforto Térmico: arquitetura e urbanismo**. 5° edição. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARD. ISO 7730: **moderate thermal environments: determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the conditions of Thermal Comfort**. Geneva, 2005.

OLIVEIRA, **A. Avaliação da Incerteza na Determinação dos Índices de Conforto Térmico PMV e PPD**. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2008.

PAULA, R. **A Influência da Vegetação no Conforto Térmico do Ambiente Construíd**o. Dissertação de Mestrado. UNICAMP, 2004.

PROJETEEE. Dados climáticos de cidades brasileiras. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/>. Acesso em: 20 mai. 2020.

ROMERO, M. **Princípios Bioclimáticos para o desenho urbano**. [s.1], p.66, 2000.

ROSSI, M; CHAVTAL, K; SHIMOMURA, A; SILVA, F. **Impacto de dispositivos de sombreamento na distribuição de pressão em um modelo genérico.** Edição Especial ENCAC, 2022.

SILVA, C; CELIS, A.M; SILVA, B; WERNECK, D. FILHO, L; GÓES, T. **Simulação microclimática com o ENVI-met 5.0: Guia metodológico**. ISBN: 978-65-84854-10-9. Disponível em: https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/book/326.

TAVARES, J. P. N. **Características da Climatologia de Macapá - AP. Caminhos de Geografia, Uberlândia**, v. 15, n. 50, p. 138–151 , 2014.