2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

A influência da arborização no clima equatorial úmido. Estudo de caso: Avenida Leopoldo Machado

CELIS, ANNELI MARICIELO (1); CÁRDENAS, JOSÉ WALTER (2)

(1) Universidade Federal do Amapá, anneli.2792@gmail.com
(2) Universidade Federal do Amapá, jwcs.jwcs@gmail.com

RESUMO

A investigação estuda a influência da arborização urbana e da pavimentação no conforto térmico urbano da Avenida Leopoldo Machado, localizado na cidade de Macapá. A cidade de Macapá é caracterizada por possuir um clima equatorial úmido, com elevadas temperaturas, já que se localiza na região norte do Brasil, cortada pela linha do equador, onde praticamente existe a presença de sol durante todo o ano. O principal objetivo é contribuir com espaços urbanos abertos mais confortáveis climaticamente mediante a adequada arborização e pavimentação e fornecer dados microclimáticos para a cidade. Com isso, se discute o microclima que é gerado na via pública, a partir de três pontos de medição denominados como alta densidade arbórea, regular e sem presença de arborização. Foram realizadas medições com instrumentos meteorológicos portáteis e a simulação computacional do microclima, mediante a utilização do software ENVI-met 4.0, analisando-se três cenários: o ideal com abundante arborização, o real e sem arborização (hipotético). Demostrando a importância de áreas verdes para o microclima equatorial úmido e sua influência no conforto humano.

Palavras-chave: *Arborização. Microclima. Equatorial úmido. ENVI-met 4.0.*

ABSTRACT

The research studies the influence of urban afforestation and paving on the urban thermal comfort of Leopoldo Machado Avenue, located in the city of Macapá. The city of Macapá is characterized for having a humid equatorial climate, with high temperatures, since it is located in the north region of Brazil, cut by the equator line, where there is practically the presence of sun throughout the year. The main objective is to contribute to more comfortable open urban spaces by means of adequate arborization and paving and to provide microclimatic data for the city. With this, the microclimate that is generated in the public road is discussed, from three measurement points called high arboreal density, regular and without the presence of forestation. Measurements were made with portable meteorological instruments and the computational simulation of the microclimate, using ENVI-met 4.0 software, analyzing three scenarios: the ideal with abundant arborization, the real and without arborization (hypothetical). We show the importance of green areas for the humid equatorial microclimate and its influence on human comfort.

Keywords: *Arborization. Microclimate. Equatorial humid. ENVI-met 4.0.*

1 INTRODUÇÃO

Os estudos de microclima têm fundamental importância em cidades, já que se deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano, independentemente das condições climáticas externas. Um dos métodos para proporcionar qualidade de vida a população e cidades mais saudáveis são a presença de áreas verdes em centros urbanos, já que proporcionam o controle da radiação solar, umidificação do ar, sombra e o uso adequado de materiais para o controle de temperaturas.

Para Lima et. al. (2006), a arborização urbana tem efeitos positivos nas cidades e são de grande importância no espaço urbano, sendo tema de interesse dos pesquisadores e da população, já que contribuem para a redução de ilhas de calor, consumo de energia e bem estar psicológico da população. Em regiões com climas quentes, como é o caso da cidade de Macapá, onde as elevadas temperaturas são predominantes o ano todo, se torna necessário a implementação de áreas verdes como subsídio ao alcance do conforto térmico urbano.

Para Frota & Schiffer (2003, os locais que proporcionam sombra, são os mais procurados pelos usuários, entretanto a atual estrutura urbana presente, como o crescimento da verticalização, faz com que haja alterações no desenho da cidade, diminuindo assim a presença de áreas arborizadas e criando superfícies com temperaturas elevadas, impossibilitando com que o usuário possa usufruir desses espaços.

Klemm et al. (2015), em seus resultados sobre arborização urbana, demostram que melhoram o conforto térmico significativamente, devido a evapotranspiração da vegetação e a baixa fracção das superfícies, considerando que os aspectos físicos e psicológicos devem ser levados em conta desde o processo do desenho urbano. Hamada & Ohta (2009), demostra a influência da presença de áreas verdes na temperatura na cidade de Nagoya no Japão, diminuindo em até 1,9 graus celsius durante o dia e 0,3 graus celsius durante a noite. Para Susca et al. (2011), na cidade de Nova Iorque nos Estados Unidos, foram observadas redução de até 2 graus celsius em areas com abundante arborização.

Com isso, busca-se analisar a influência da arborização em uma das principais avenidas da cidade de Macapá, mediante medições de variáveis climáticas, possibilitando demostrar o comportamento dessas variáveis no conforto térmico mediante utilização da simulação computacional pelo software ENVI-met 4.0, demostrando os dados de saída do índice PMV (Predit Mean Vote, que é obtido a partir de variáveis ambientais como temperatura, umidade e velocidade do ar e de variáveis pessoais como o metabolismo, resistência térmica das vestimentas (MORENO, 2006).

A utilização do programa, permitiu entender a interação das casas, edifícios, superfície do solo e da arborização urbana na Avenida Leopoldo Machado na cidade Macapá. De acordo com Silva & Romero (2010), a simulação microclimática permite a compreensão dos fenômenos relacionados ao clima urbano e assim avaliar as estratégias de mitigação e adaptação antes de sua implementação e entender o microclima urbano da cidade e a melhora da qualidade de vida para os habitantes.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é entender a importância de áreas verdes e da temperatura superficial da pavimentação no microclima quente e úmido na Avenida Leopoldo Machado, localizada na cidade de Macapá – AP.

3 MÉTODO

O método consiste em duas etapas, a primeira na coleta de dados realizados em campo mediante o uso de aparelhos meteorológicos portáteis, conforme mostra a figura 1, e a segunda pela simulação computacional pelo programa ENVI-met 4.0.

A primeira etapa foi a medição das variáveis climáticas, tais como: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura superficial da pavimentação. As medições foram realizadas em diferentes horários durante as 24 horas do dia 20 de julho de 2018.

A segunda etapa foi a utilização do programa ENVI-met 4.0, entendendo os fenômenos relacionados ao clima urbano. O programa permitiu criar cenários hipotéticos, verificando a influência da arborização urbana, sendo analisados os índices preditivos PMV – Predicted Mean Vote e os índices de pessoas insatisfeitas (PPD).

Figura 1 – Aparelhos meteorológicos portáteis



Fonte: Os autores, 2018.

3.1 A OBTENÇÃO DE DADOS

As medições realizadas em campo, foram realizadas na Avenida Leopoldo Machado, uma das principais avenidas da cidade de Macapá, do estado do Amapá que é caracterizada pela sua extensão e a alta concentração de pedestres e veículos que circulam pela avenida. A cidade de Macapá está localizada ao extremo norte do Brasil, sendo considerada cidade amazônica no meio do mundo, por ser cortada pela linha do equador e banhada pelo Rio Amazonas

Referente a sua morfologia urbana, a cidade de Macapá, ao longo dos anos vem sendo transformada de acordo com as necessidades econômicas da região e do processo de urbanização acelerada. O aparecimento de novas edificações vem surgindo cada vez mais para transformar a paisagem urbana, causando impactos no conforto térmico urbano, no meio ambiente e na qualidade de vida da população.

A avenida Leopoldo Machado, objeto de estudo da presente investigação, constatou-se por meio de visitas in loco, que a arborização urbana não é constante em toda a sua extensão de cinco quilômetros, assim como a presença de pavimentação, no qual impossibilita que os pedestres usufruam da avenida com o adequado conforto térmico.

O recorte para a realização das medições, foram realizadas no dia 20 de julho de 2017, em três pontos diferentes da avenida (Figura 2), nos horários de 6h, 9 h, 12h e 15h e 21h, sendo classificadas pelas diferentes densidades arbóreas e pavimentação presentes. Sendo denominadas como os pontos P1 (sem árvores), P2 (regular arborização) e P3 (abundante arborização) e as medições da superfície da pavimentação. A classificação das densidades arbóreas foi determinada pela pesquisa experimental e qualitativa de Labaki (2011), onde a autora busca entender o papel da vegetação e a sua influência no conforto térmico urbano.

Figura 2 – Recorte dos pontos de medição e simulação na Rua Leopoldo Machado.



Fonte: Os autores, 2017.

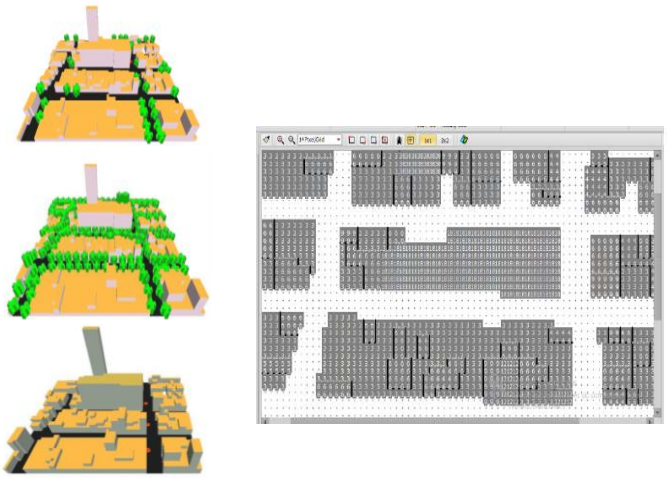
3.2 MODELAGEM

Para o início do programa ENVI-met 4.0, foi-se necessário inserir as configurações básicas de entrada de dados espaciais, preenchendo os: arquivo de entrada (modelagem), o dia da simulação, nomes e pastas e configurações básicas meteorológicas.

Os dados meteorológicos básicos adotados, foram obtidos da estação climatológica do aeroporto da cidade de Macapá e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados obtidos são os da velocidade do vento a 10 metros da superfície (m/s)com valor de 1.5 m/s, direção do vento (em graus) é de 40, rugosidade do solo (estação) é de 0.1, temperatura do ar a 2m (°C) é de 31.89, umidade especifica a 2.500 metros (g/kg)é de 8.91 e umidade relativa a 2 metros (%) sendo de 87.

Na etapa da modelagem foram modelados três cenários, que foram denominados como: a situação real, hipotética ideal com arborização e sem arborização como demonstrado na figura 3. Os dados para a modelagem como altura das edificações e dimensionamentos foram levantados através de medições pelo Google Earth e de dados in loco.

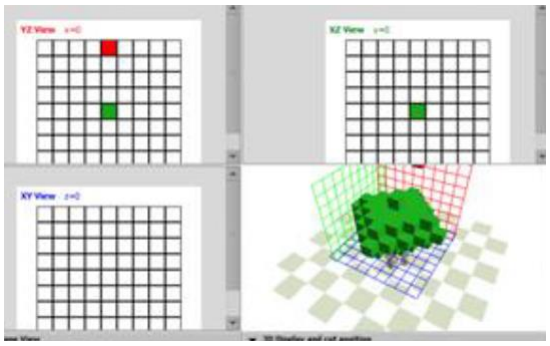
Figura 3 – Modelagem dos três cenários na Rua Leopoldo Machado.



Fonte: Os autores, 2018.

Referente a arborização urbana presente, encontra-se a espécie Mangifera. L, conhecida popularmente como mangueira. De acordo com Lima (1992), por ser uma árvore frutífera, não é recomendada para áreas urbanas, devido as quedas dos frutos, obstrução de canais, prejuízo na rede elétrica, placas de sinalização e trânsito de veículos e pedestres. Entretanto, para realizar a simulação de acordo com o cenário real encontrado na cidade, modelou-se a arborização na opção Albero, criando uma figura tridimensional para inserção na modelagem (Figura 4).

Figura 4 – Modelagem da arborização presente na avenida Leopoldo Machado.



Fonte: Os autores, 2018.

4 RESULTADOS

4.1 Dados microclimáticos in loco

Ao que se refere aos resultados da primeira etapa, com a utilização de aparelhos meteorológicos portáteis, verificou-se que no ponto 1 (sem arborização), a radiação solar incidente é intensa devido à ausência de vegetação, observando que a amplitude da temperatura varia de 29,1°C a 60°C no asfalto e de 28.6°C a 58.6°C, sendo as temperaturas mínimas observadas no horário das 6 am e as máximas as 15 pm. Quando se introduz um fator de redução de incidência solar como a vegetação, verifica-se a redução de temperatura superficial do solo, encontrando-se valores entre 26°C a 37,1°C. Percebe-se assim, uma redução significativa de temperatura,

entre 23ºC nos pontos de abundante arborização, e uma redução de 17.4ºC nos pontos de regular arborização quando comparados com os pontos sem arborização.

Referente aos valores de temperatura do ar devido a influência de arborização, quando se compara aos pontos sem arborização e abundante arborização, percebe-se que há uma diminuição na redução da temperatura em 1,9ºC as 12 horas e de 2.9ºC as 15 horas. Quando comparados ao ponto de regular arborização, a redução de temperatura diminui em 0.3ºC as 12 horas e 1,4ºC as 15 horas. Assim se observa positivamente quando há a presença de arborização uma redução de temperatura em 3ºC.

Sobre a influência da densidade de arborização na umidade relativa do ar, verificou-se que os valores encontrados são superiores a 70%, acima do recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que considera o nível ideal de umidade entre 40 e 70 %. Observou-se que a média diária de umidade relativa se torna maior com o aumento da densidade de arborização, originando assim uma redução de temperatura do ar. Referente a velocidade de vento, observou-se que a velocidade diminui de acordo com a densidade de arborização, quando foram realizadas medições. No ponto de abundante arborização percebe-se que a velocidade do vento diminui em 1,48 m/s e no ponto sem arborização em 1,24 m/s.

Esta diminuição na temperatura do ar, especialmente nos pontos com alta densidade de arborização, ocorre pelo efeito da evapotranspiração. A evapotranspiração contribui para o aumento da umidade, atenuando a sensação térmica e redução de calor e pelo sombreamento, reduzindo a quantidade de calor armazenada pelos materiais e superfícies, proporcionando menor conversão de calor sensível (DIMOUDI & NIKOLOPOULOU, 2003).

A seguir, na figura 5, apresenta-se os valores resumidos obtidos pelas medições in loco, percebendo-se assim a importância da arborização urbana para a redução de temperaturas, sendo no ponto sem arborização, temperaturas do ar entre 35,1ºC, com regular arborização de 33, 6ºC e totalmente arborizadas com 33,2ºC.

Figura 5 – Medições in loco ponto sem arborização, regular arborização e abundante arborização respectivamente.



Fonte: Os autores, 2018.

4.2 Dados PMV pelo software ENVI-met 4.0

A seguir, são descritos os resultados das simulações numéricas para o índice do conforto térmico PMV, nos três pontos denominados como sem arborização, regular arborização e abundante arborização. Para a obtenção dos resultados, foi-se

necessário colocar os dados de variáveis meteorológicas, tais como: temperatura do ar, temperatura média radiante e velocidade do vento, assim como as configurações do corpo humano, sendo eles a insolação decorrente do vestiário, gasto de energia e fator de trabalho mecânico.

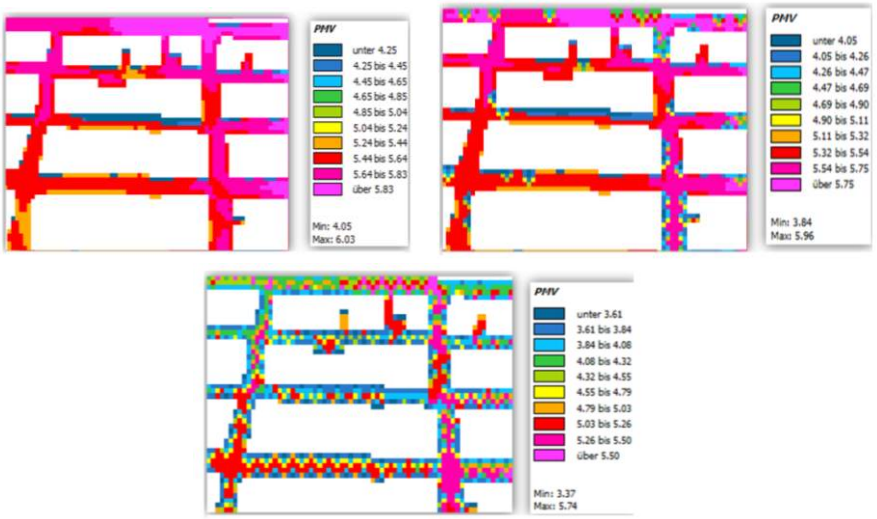
No ENVI-met, o cálculo é realizado mediante o plugin BioMet, que tem como referência os seguintes dados padrão: homem de 35 anos, altura de 1,75 metros e peso de 75 quilos. Para os valores de resistência térmica oferecida pela vestimenta, sendo eles os valores dados em unidade clo (stating clothing insulation), de acordo com a Norma ISO 7730, considerando os seguintes parâmetros de vestimenta: camisa leve com mangas curtas, calça, tênis, cueca e meias finas.

Ao que se refere a influência da densidade da arborização no índice de conforto (PMV), observa-se que a sensação térmica na escala denominada muito quente (acima de 3,5), de acordo com a escala climática de Fanger. De acordo com Batiz et al. (2009), o modelo desenvolvido por Fanger permite entender a relação da sensação térmica em um grupo de pessoas (Figura 8), sendo classificada: -3 (muito frio; -2 (frio); -1 (ligeiramente frio); 0 (neutro); +1 (ligeiramente quente); +2 (quente) e + 3 (muito quente).

Observa-se que no modelo sem arborização a sensação de desconforto térmico é elevado, obtendo valor mínimo de 4,05 e máximo de 6,03, onde os valores mínimos são observados próximos as paredes dos edifícios e das casas de maior altura e os valores máximos são observados no meio da avenida que tem como material presente o asfalto.

Já para o modelo de regular arborização o valor diminui, porém, ainda apresentando altos níveis de desconforto, apresentando valor mínimo com 3,84 e máximo com 5,96. Os valores mínimos diminuem devido a presença de arborização, porém sendo de similaridade com o modelo sem arborização. Referente a implementação de arborização urbana, o índice de conforto térmico aumenta, obtendo valores mínimo entre 3,37 e máximo 5,74, que na escala de Fanger corresponde a muito quente.

Figura 6– Análise do índice de conforto térmico nos modelos sem arborização, regular arborização e abundante arborização, respectivamente.



Fonte: Os autores, 2018.

5 CONCLUSÕES

Os resultados coletados nos três pontos de observação permitiram analisar a influência da arborização urbana no microclima da cidade. A análise dos resultados confirma que a proposta do aumento da arborização na Avenida Leopoldo Machado diminuiria a temperatura do ar em até 3ºC, no aumento da umidade relativa do ar, diminuindo a velocidade dos ventos, cujo efeitos combinados fazem com que a sensação térmica de calor apresentem diminuição das temperaturas, permitindo um melhor conforto térmico urbano e consequentemente dos habitantes. Dessa maneira, os resultados obtidos em medição in loco permitem também realizar simulações computacionais e assim entender os diversos cenários apresentados, onde o cenário com alta densidade arbórea oferece melhores índices de PMV e por tanto, um melhor conforto térmico urbano.

REFERÊNCIAS

BATIZ, Eduardo Concepción et al. **Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória**. Prod., São Paulo , v. 19, n. 3, p. 477-488, 2009 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132009000300006&lng=en&nrm=iso>. Acces on 07 Sept. 2020. https://doi.org/10.1590/S0103-65132009000300006.DIMOUDI, A., NIKOLOPOULOU, M., 2003, **"Vegetation in the Urban Environment: Microclimatic Analysis and Benefits",** Energy and Buildings, v. 35, n. 1 (Jan), pp. 69- 76.

FROTA, A. B., & SCHIFFER, S. R. **Manual do Conforto Térmico**. São Paulo: 8º Edição, Studio Nobel, 2003.

HAMADA, S.; OHTA, T. Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. **Urban Forestry & Urban Greening**, Davis, v.9, p. 15-24, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. ISO 7730; **moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort**. Geneva, 1984.

Klemm, W., Heusinkveld, B. G., Lenzholzer, S., & Van Hove, B. Street greenery and its physical and psychological impact on outdoor thermal comfort. Landscape and Urban Planning, 2015.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. **Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos**. Fórum Patrimônio, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011.

Lima, A. ***Analise da arborização viária na area central e em seu entorno***. Piracicaba: Universidade de São Paulo - Tese de doutorado, 1992.

LIMA, D. C., NUNES, L. A., & SOARES, P. F. **Avaliação da Influência da Vegetação no Conforto em Espaços Livres.** Simpgeu - Simposio de Pos Graduação em Engenharia Urbana, 2006.

MORENO, M. M.; **Parâmetros para implantação efetiva de áreas verdes em bairro sperifericos de baixa densidade**. Campinas, SP, 2006. 155 p. Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

Silva, C. F., & Romero, M. A. **Desempenho Ambiental de Vias Públicas quanto ao Conforto Térmico Urbano. Estudo de Caso: Tersina – Piauí**, 2010. *Pluris*.

SUSCA, T. ; GAFFIN, S.R.; DELL'OSSO, G. R. Positive effects of vegetation: urban heat island and green roofs. Environmental Pollution, v.159 (8-9), Ago 2001, p. 2119 – 2126, 2011.