

## **Análise comparativa da vegetação urbana e o seu impacto no conforto térmico na escala local. Caso do Distrito Federal – DF.**

### ***Comparative analysis of urban vegetation and its impact on thermal comfort in the local scale. Case of Federal District (DF).***

**Bárbara Gomes Silva, mestre, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Estácio de Brasília, Grupo de Pesquisa SICAC da Universidade de Brasília.**

barbarag.arquitetura@gmail.com

**Caio Frederico e Silva, doutor, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília.**

caiosilva@unb.br

#### **Resumo**

A vegetação urbana contribui para o aumento do conforto térmico no microclima. O objetivo deste estudo é analisar o impacto do acréscimo de vegetação urbana no conforto térmico na escala local do Distrito Federal. Os procedimentos metodológicos dividem-se em três etapas: (1) modelam-se dois cenários para a Zona Climática Local 3, com o *software* ENVI-met 4.4.4, o cenário original e com acréscimo de vegetação (hipotético); (2) simula-se o microclima para diferentes horários do dia no período quente-seco e (3) geram-se gráficos de manchas referentes ao parâmetro *Physiological Equivalent Temperature* (PET), à temperatura do ar e velocidade dos ventos. Os resultados apontam que às 9 e 15 horas a vegetação disposta de forma linear proporciona maior conforto térmico do que dispostas em grupos. Às 21 horas, apesar de não haver alteração na percepção térmica, há a amenização da temperatura do ar em até 1°C, o que é benéfico para o microclima.

**Palavras-chave:** Zona Climática Local; Simulação Computacional; Vegetação Urbana; Microclima; Temperatura Fisiológica Equivalente.

#### **Abstract**

*Urban vegetation contributes to the increase of thermal comfort on the microclimate scale. The objective is to analyze the impact of adding urban vegetation on thermal comfort at the local level of the Federal District. The methodological procedures have three phases: (1) modeling of two scenarios for the Local Climate Zone 3, by ENVI-met software (scientific version 4.4.4), the original scenario and adding vegetation (hypothetical). (2), the microclimate is simulated for different times of the day for the hot-dry period and (3), stain graphics are generated for the parameter *Physiological Equivalent Temperature* (PET), air temperature and wind speed. The results show that at 9 am and 15 pm the vegetation arranged linearly provides greater thermal comfort than arranged in groups. At 9 pm, although there is no change in thermal perception, there is an easing of the air temperature in up to 1°C, which is beneficial for the microclimate.*

**Keywords:** Local Climate Zones; Computer Simulation; Intra-urban Vegetation; Microclimate; Physiological Equivalent Temperature.

## 1. Introdução

A falta de vegetação urbana aliada à redução de áreas permeáveis no meio urbano, intensificam o desconforto térmico. Isso porque a cobertura do solo, a vegetação e a topografia são os principais responsáveis pelas alterações referentes ao clima quando se discute a escala microclimática (ROMERO, 2011), e são elementos fortemente alterados pela ação humana. Assim, a demanda de estudos relacionados ao microclima urbano vem crescendo, a fim de encontrar soluções que consigam mitigar os problemas microclimáticos, contribuindo com uma cidade mais resiliente.

Dentre tantos aspectos que podem afetar o microclima urbano, a vegetação se destaca, visto que são muitos os estudos que comprovam seus benefícios para o meio ambiente e a população (MORO, (1976); ABREU-HARBICH e LABAKI, (2010); LÓIS, LABAKI e SANTOS, (2011); LABAKI et al., (2011); SHINZATO e DUARTE, (2018) FERREIRA e DUARTE, (2019)). Segundo Labaki et al. (2011), a vegetação proporciona benefícios relacionados ao conforto térmico no ambiente construído.

Em climas tropicais, Silva (2009) afirma que a vegetação é fundamental para a manutenção do microclima quando utilizada de forma adequada. Além disso, ela capta grande quantidade de CO<sub>2</sub>, auxiliando nas estratégias de mitigação das mudanças climáticas (RIBEIRO, BORGIO e MARANHO, 2013). Aliado a isto, Szeremeta e Zannin (2013) afirmam que as áreas verdes podem contribuir para a saúde e o bem-estar da população, pois estimulam a prática de exercícios.

A falta de informações climáticas locais que auxiliem em tomadas de decisões mais precisas e individualizadas afeta a qualidade do planejamento urbano. Muitos planos diretores, por exemplo, são genéricos ao proporem a implantação de áreas arborizadas. Este contexto leva os profissionais envolvidos com o planejamento urbano como o arquiteto, paisagista, geógrafo, entre outros, ao equívoco quanto às decisões de conforto térmico. Para isso, torna-se necessária a compreensão da configuração da paisagem urbana e das características climáticas, levando em consideração a peculiaridade de cada espaço.

Assim, Stewart e Oke (2012) propõem um sistema de classificação do clima e da paisagem urbana e rural em microescala, as Zonas Climáticas Locais (ZCL), que permitem visualizar e investigar, de forma mais eficiente, a realidade climática dessas áreas. Esta metodologia vem sendo constantemente utilizada para compreender a relação de diversos aspectos da cidade com o clima urbano, como o adensamento populacional, as ilhas de calor, o uso e ocupação do solo (CARDOSO, (2015); ZHAOA et al., (2018), MONTEIRO, (2018); SOEIRA, (2019); SILVA, (2020)).

Neste sentido, este trabalho analisa comparativamente a contribuição do acréscimo de vegetação urbana para o conforto térmico, na escala local.

Para isso, utiliza-se da Zona Climática Local 3 do Distrito Federal (DF) com base na Temperatura Fisiológica Equivalente - PET (HÖPPE, 1999) e da temperatura do ar, e é resultado da dissertação de mestrado de Silva (2020) que classifica as ZCLs de Regiões Administrativas do DF e desenvolve um método de avaliação da contribuição da vegetação em ZCLs por meio de simulações computacionais.

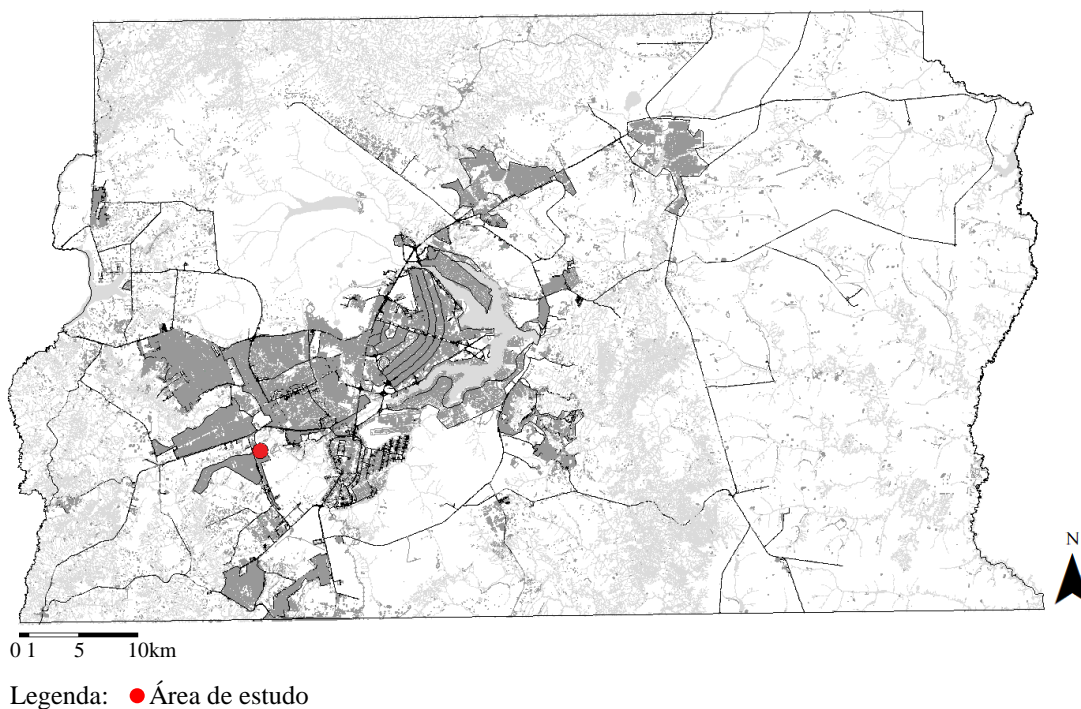
## 2. Procedimentos metodológicos

O método deste trabalho consiste na modelagem e simulação computacional, da ZCL 3 classificada por Silva (2020), considerando dois cenários: o cenário original, que representa a ZCL como se encontra hoje; e o cenário hipotético, com acréscimo de vegetação em áreas livres e canteiros centrais, conforme critérios apresentados por Lóis, Labaki e Santos (2011) e Silva (2009). Para isso, utiliza-se o *software* ENVI-met *Student* 4.4.4 desenvolvido por Bruse e Fleer (1998). O programa baseia-se nas leis da termodinâmica e dinâmica dos fluidos e simula as interações entre o edifício, a superfície e a vegetação, a partir da modelagem do cenário e do arquivo climático da região simulada.

No âmbito do *software*, é modelada a área de 160.000 m<sup>2</sup>, resultante de um quadrilátero de 400 m, configurando o cenário. Após a simulação computacional, faz-se a extração dos gráficos de manchas com os resultados de PET, temperatura do ar e velocidade dos ventos para às 9, 15 e 21 horas para o período climático quente-seco do Distrito Federal, com o auxílio dos *plugins* Biomet e Leonardo.


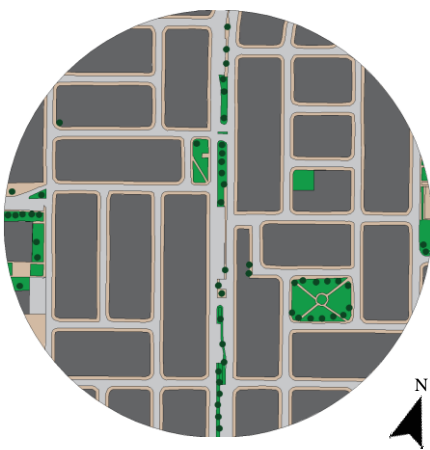
### 2.1 Modelagem

A ZCL 3 é uma área residencial com construções de até 3 andares, possui bastante área impermeável e poucas árvores, que estão localizadas principalmente na via central. A área de estudo localiza-se na Região Administrativa XXI – Riacho Fundo II no DF (Figura 1), portanto, utiliza-se a latitude e longitude de Brasília, -15,78° e -47,93°, respectivamente, e localização acima do nível do mar de 1.172 metros.



**Figura 1: Localização da área de estudo no contexto do DF**

Para a modelagem dos cenários, considera-se as dimensões das edificações, os materiais de cobertura do solo, a quantidade de vegetação, bem como sua distribuição no espaço e faz-se a simplificação do cenário. Em seguida, posiciona-se a área da forma mais ortogonal possível, o que facilita a modelagem no *software*, que é realizada em uma malha quadriculada de 100x100 grids, onde cada grid corresponde a 4 metros. Para correção do norte geográfico, é necessário inserir o valor do grau de rotação do Norte no ENVI-met (Quadro 1).

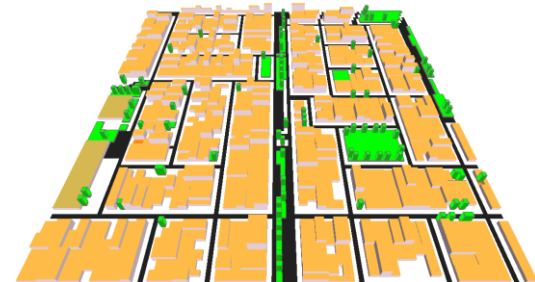
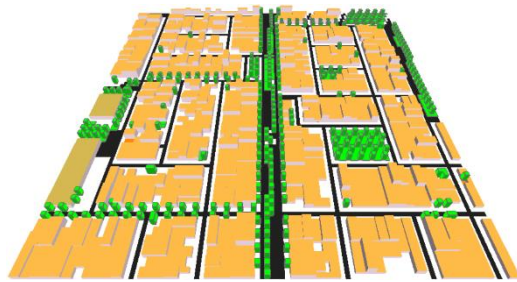
Imagem satélite do cenário original	Cenário original simplificado	Grau de rotação do Norte
		-18°

0 100 200 400m

Quadro 1: Grau de rotação do Norte

Assim, modelam-se os dois cenários (Quadro 2), sendo que estes são diferenciados pela área permeável e impermeável, considerando as características da geometria urbana, dos materiais de cobertura do solo, além da quantidade de vegetação.

Há o acréscimo de vegetação no canteiro central da via principal e nas calçadas de forma linear, onde há maior fluxo de veículos e pessoas. Além disso, adiciona-se vegetação arbórea agrupada nos espaços livres, como praças.

Modelagem do cenário original	Modelagem do cenário com acréscimo de vegetação
	

Quadro 2: Modelagem do cenário original e com acréscimo de vegetação



Os materiais utilizados na modelagem devem se aproximar das características reais dos materiais encontrados na área, sendo que neste estudo define-se: grama (*grass*), asfalto (*asphalt*), pavimento de concreto cinza (*concrete pavement gray*) para calçadas e solo argiloso (*loamy soil*) para solo exposto e abaixo de edificações. Além disso, definem-se os materiais de parede e cobertura das edificações, sendo: parede de concreto (*concrete wall*) e telhado de material cerâmico (*roofing: terracota*), considerando que as coberturas existentes são, em sua maioria, telhado colonial.

## 2.2 Simulação computacional

Os dados climáticos para simulação são configurados a partir de um arquivo climático de formato EPW (*Energy Plus Weather*) obtido no portal do *EnergyPlus* para a Região Administrativa de Brasília e se desenvolve conforme método de simulação computacional no ENVI-met desenvolvido por Silva, Adário e Silva (2019), utilizando o *Full Forcing*, que força o comportamento do vento, temperatura, umidade e cobertura de nuvens em intervalos de 30 minutos para o período de até 1 ano. Assim, cria-se o arquivo em formato FOX nomeado como “Brasília\_Período-Quente-Seco.fox”.

## 2.3 Extração de dados

Os dados das simulações computacionais são extraídos por meio dos *plugins* Biomet e Leonardo para o dia 29 de setembro de 2018, o mais quente do ano, nos horários de 09, 15 e 21 horas, estes indicados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para registro de dados meteorológicas, e são apresentados em forma de gráficos de manchas.

Para a análise dos dados de conforto, utiliza-se o parâmetro de conforto térmico *Physiological Equivalent Temperature* (PET), ou Temperatura Fisiológica Equivalente quando traduzido para português, desenvolvido por Höppe (1999), que considera a fisiologia do corpo humano em condições de estabilidade e as variáveis climáticas da área de estudo para avaliar o balanço térmico do corpo conforme Tabela 1, além da temperatura do ar e velocidade dos ventos.

O *software* ENVI-met 4.4.4 utiliza como padrão para extração de dados de PET, um ser humano com as características definidas pela ISO 7730/2005: homem com 35 anos de idade, 75 kg, altura de 1,75m e taxa metabólica igual a 86,21 W/m<sup>2</sup>.

PET	Percepção térmica	Grau de estresse fisiológico
< 4	Frio extremo	Estresse por frio extremo
4-8	Muito frio	Estresse por frio elevado
8.1-13	Frio	Estresse por frio
13.1-18	Levemente frio	Estresse por frio moderado
18.1-23	Confortável	Sem estresse térmico
23.1-29	Levemente calor	Estresse por calor moderado
29.1-35	Calor	Estresse por calor
35.1-41	Muito calor	Estresse por calor elevado
>41	Calor extremo	Estresse por calor extremo

**Tabela 1: Valores de PET para cada nível de percepção térmica e grau de estresse fisiológico**

### 3. Resultados

Observa-se que às 9 horas (Tabela 2) o cenário original apresenta áreas de leve calor localizadas na via principal, nas calçadas entre os conjuntos residenciais e em áreas livres. Já no cenário com acréscimo de vegetação há melhora do conforto térmico, principalmente no canteiro central da via principal, onde há arborização com distanciamento de 4 metros entre as copas. Não houve melhora do conforto nas calçadas às 09h.

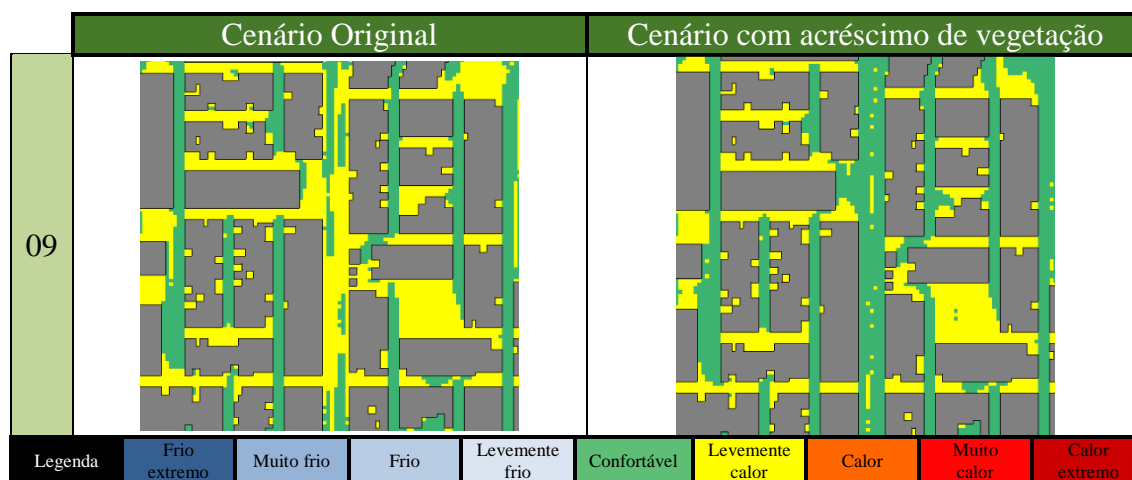


Tabela 2: Resultados de Temperatura Fisiológica Equivalente para às 09h

A praça entre os conjuntos residenciais onde houve o acréscimo de árvores continua apresentando leve calor, podendo ser justificada pela pouca alteração na velocidade dos ventos (Tabela 3), que continua a apresentar valores entre 0 e 1 m/s. A configuração do espaço, praça rodeada por conjuntos de residências de até 3 andares, pode ter contribuído para esse resultado, pois forma uma barreira para o vento. Além disso, as árvores acrescidas estão dispostas em conjunto, configurando uma espécie de pequeno bosque, sendo um obstáculo para a ventilação.

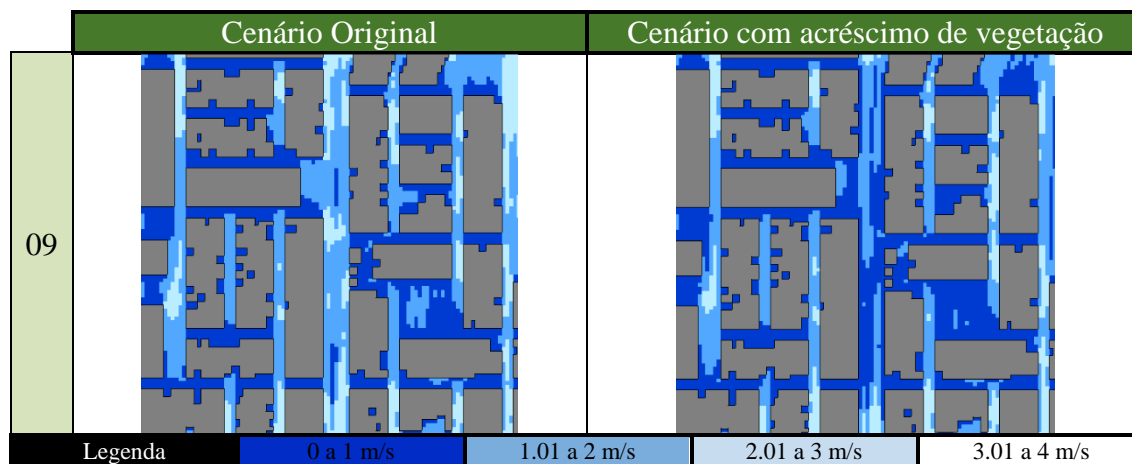


Tabela 3: Resultados de velocidade dos ventos para às 09h

A via central, apesar do acréscimo de árvores causar a diminuição da velocidade do vento, apresenta conforto térmico. Mesmo com a velocidade reduzida, observam-se valores entre 1 e 3 m/s. As árvores estão dispostas de forma linear, o que pode ter contribuído para que a passagem do vento não fosse completamente impedida.

Para às 15h (Tabela 4) percebe-se apenas áreas com muito calor ou calor extremo, tanto no cenário original quanto com acréscimo de vegetação, porém a vegetação melhora o conforto térmico nos espaços onde há a implantação de árvores, incluindo a praça entre as residências e nas calçadas.

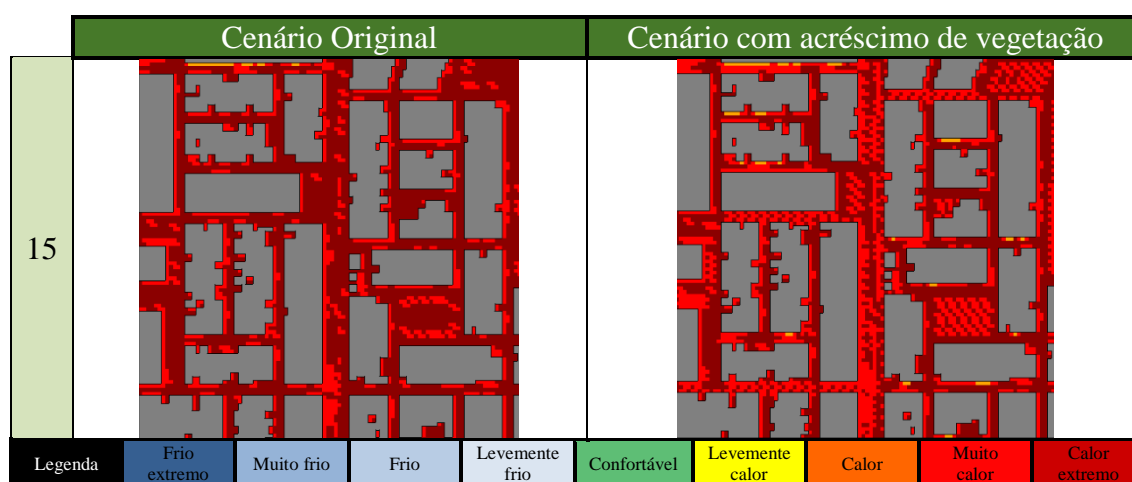


Tabela 4 Resultados de Temperatura Fisiológica Equivalente para às 15h

Às 21h não há alteração quanto ao grau de estresse fisiológico (Tabela 5), sendo que os dois cenários apresentam leve calor, o que não significa que não houve alguma melhora, visto que a Temperatura Fisiológica Equivalente a “levemente calor” encontra-se entre 23.1° C e 29° C.

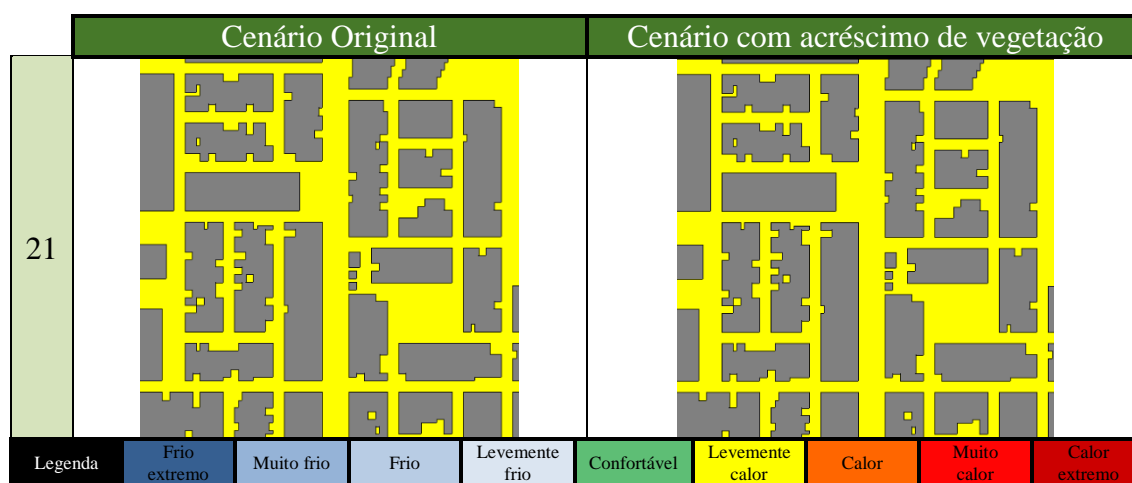


Tabela 5: Resultados de Temperatura Fisiológica Equivalente para às 21h

Assim, analisa-se a temperatura do ar (Tabela 6) e observa-se que houve a amenização do calor em algumas áreas com o aumento da vegetação arbórea, principalmente na via central, com diferenças de até 1° C.

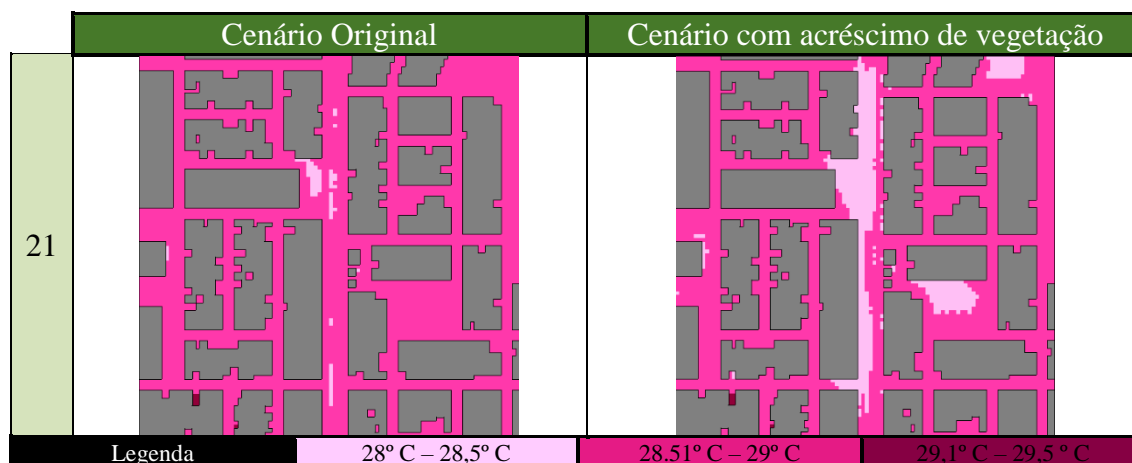


Tabela 6: Resultados de temperatura do ar para às 21h

#### 4. Conclusão

Conclui-se que o acréscimo de vegetação na Zona Climática Local 3 melhora o conforto térmico, principalmente onde as árvores encontram-se dispostas de forma linear, como ocorre nos canteiros centrais às 9 horas. Quando dispostas em grupos, formando uma espécie de bosque, a vegetação cria uma barreira que dificulta a ventilação, melhorando o conforto apenas próximo à árvore.

No horário mais quente do dia, às 15h, a vegetação ameniza o desconforto térmico, mesmo que ainda apresente resultados de percepção térmica equivalentes a muito calor, tanto em áreas onde a vegetação encontra-se disposta em grupos, quanto de forma linear.

O PET é dado por meio de intervalos que variam entre 4° C e 6° C, sendo assim, às 21 horas não é possível observar com clareza os efeitos da vegetação na amenização do calor, sendo necessária a análise de dados complementares, como a temperatura do ar. Neste horário, percebe-se, então, que apesar de não haver alteração na percepção térmica, há a amenização da temperatura do ar devido ao acréscimo de vegetação, o que é benéfico para o microclima, visto a necessidade de amenização das alterações climáticas nas cidades.

O método de simulação computacional mostra-se adequado para a análise da contribuição da vegetação no microclima urbano, pois permite a extração de diversos dados que se complementam. Assim, é possível compreender as possíveis causas para os resultados apresentados.





## Agradecimentos

Agradecemos o apoio da equipe do *software* ENVI-met que disponibilizou a versão *Student* do *plugin* Biomet e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal do Brasil (FAP-DF) pelo apoio financeiro.

## Referências

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 103-117, dezembro 2010.

BRUSE, M.; FLEER, H. Simulating SurfacePlant-Air Interactions Inside Urban Environments with a Three Dimensional Numerical Model. **Environmental Software and Modeling**, v. 13, n. 3, p. 373-384, outubro 1998.

CARDOSO, R. S. **Classificação De Potenciais Unidades Climáticas Em Presidente Prudente - SP. Dissertação (Mestrado em Geografia)**. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. São Paulo, p. 137. 2015.

CASTELO BRANCO, L. M. B. **Microclimas urbanos no Plano Piloto de Brasília: o caso da Superquadra 108 Sul. (Dissertação de mestrado)**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, p. 139. 2009.

CRUZ, D.; FREITAS, I.; CANTUÁRIA, G. **O impacto das ilhas de calor na escala gregária de Brasília com ênfase na vegetação urbana**. Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília. Brasília, p. 23. 2018.

FENG, G. L.; GONG, Z. Q.; ZHI, R. Latest Advances of Climate Change Detecting Technologies (in Chinese). **Acta Meteorologica Sinica**, v. 4, p. 1-16, fevereiro 2010.

FERREIRA, L. S.; DUARTE, D. H. Exploring the relationship between urban form, land surface temperature and vegetation indices in a subtropical megacity. **Urban Climate**, v. 27, p. 105-123, março 2019.

HÖPPE, P. The Physiological Equivalent Temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 43, p. 71-75, 1999.

IBGE. População residente por situação de domicílio. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1378#resultado>>. Acesso em: 11 março 2019.

LABAKI, L. C. et al. Vegetação e Conforto Térmico Em Espaços Urbanos Abertos. **Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011.



LOBODA, C. R.; ANGELIS, B. L. D. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Ambiência**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 125-139, junho 2005.

LÓIS, E. et al. Efeitos de diferentes estruturas de vegetação ciliar sobre as variáveis de microclima e a sensação de conforto térmico. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 117-136, junho 2011.

MONTEIRO, V. S. **Zonas Climáticas Locais e a relação com a morfologia urbana. Estudo de caso: Campinas - SP. (Dissertação de mestrado)**. Programa de Pós-graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana - Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, p. 164. 2018.

MORO, D. Á. A. As Áreas Verdes e Seu Papel na Ecologia Urbana e no Clima Urbano. **Separata da Revista UNIMAR**, Maringá, v. 1, p. 15-20, 1976.

PORTAL DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. A ONU e a população mundial. **Nações Unidas no Brasil**, 2019. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/>>. Acesso em: 11 março 2019.

RIBEIRO, J.; BORGIO, M.; MARANHO, L. Áreas protegidas de Curitiba (pr, Brasil) como sumidouros de CO<sub>2</sub>. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 2, p. 181-190, junho 2013.

ROMERO, M. A. B. Correlação entre o microclima urbano e a configuração do espaço residencial de Brasília. **Fórum Patrimônio**, v. 4, n. 1, p. 9-22, 2011.

SEEG. Emissões totais. **SEEG Brasil**, 2018. Disponível em: <[http://plataforma.seeg.eco.br/total\\_emission#](http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission#)>. Acesso em: 11 março 2019.

SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 197-215, junho 2018.

SILVA, B. G. **A Contribuição da Vegetação Intraurbana em Zonas Climáticas Locais no Distrito Federal. Dissertação de mestrado**. Programa de Pósgraduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília. 2020.

SILVA, B. G.; ADÁRIO, J.; SILVA, C. F. E. **Aplicação do Arquivo Climático na Análise do Microclima Urbano da Cidade de Juiz de Fora – Minas Gerais**. 2º Seminário de Pesquisa em Ambiente Construído. Juiz de Fora: [s.n.]. 2019. p. 5.

SILVA, C. F. **Caminhos Bioclimáticos: Desempenho Ambiental de Vias. (Dissertação de mestrado)**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, p. 155. 2009.

SILVA, G. J. A. D.; ROMERO, M. A. B. Cidades sustentáveis: uma nova condição urbana a partir de estudos aplicados a Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 253-266, setembro 2013.



SOEIRA, M. R. C. **A relação entre o fator de visão do céu e a temperatura do ar em diferentes zonas climáticas locais. (Dissertação de mestrado).** Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana - Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, p. 116. 2019.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zones For Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Vancouver, p. 1879-1900, dezembro 2012.

SZEREMETA, B.; ZANNIN, P. H. T. A importância dos parques urbanos e áreas verdes na promoção da qualidade de vida em cidades. **Ra'e Ga - O espaço geográfico em análise**, Curitiba, v. 29, p. 177-193, dezembro 2013.

VAN HOVE, L. W. A. et al. Temporal And Spatial Variability Of Urban Heat Island And Thermal Comfort Within The Rotterdam Agglomeration. **Building and Environment**, v. 83, p. 91-103, janeiro 2015.

ZHAOA, C. et al. Application of airborne remote sensing data on mapping local climate zones: Cases of three metropolitan areas of Texas, U.S. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 74, p. 175-193, novembro 2018.