



QUALIDADE MICROCLIMÁTICA DE DIFERENTES ARRANJOS VEGETAIS NO SETOR NOROESTE DE BRASÍLIA (DF)

João Vitor L. Lima Farias (1); Daniela Rocha Werneck (2); Caio Frederico e Silva (3); Marta Adriana Bustos Romero (4)

(1) graduando em arquitetura e urbanismo, joao.arq.unb@gmail.com

(2) doutora, arquiteta e urbanista, daniela.werneck@gmail.com.br

(3) doutor, professor do programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, caiosilva@unb.br

(4) doutora, professora titular da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, romero@unb.br

Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro ICC Norte, Gleba A sala AD 493, Brasília - DF, 70904-970

RESUMO

Os problemas decorrentes dos processos de urbanização e o uso e ocupação do solo alteram os microclimas das cidades e interferem diretamente no conforto térmico do ser humano. Neste contexto, o uso de diferentes arranjos vegetais apresenta um grande potencial na atenuação das temperaturas de superfície. Este artigo avalia a qualidade microclimática da SQNW 111 do Setor Noroeste, Distrito Federal, pelo viés da vegetação, seus possíveis arranjos e sua atenuação na temperatura de superfície. Os procedimentos metodológicos ocorrem por meio de análises das variáveis climáticas, análise de série histórica do clima de Brasília, e por simulações computacionais microclimáticas com o uso do programa ENVI-met versão 5.0.3. A análise do recorte utilizado no estudo confirmou a existência de microclimas diferenciados na quadra analisada, e constatou a redução das temperaturas superficiais dos materiais construtivos onde há presença de arranjos vegetais compostos por grama e árvores de copas densas. Destaca-se a importância do sombreamento proporcionado pela vegetação por meio da sua inserção no desenho urbano ao apresentar o melhor desempenho na atenuação das temperaturas de superfície onde os arranjos vegetais são compostos por vegetação de porto rasteiro + arbóreo denso. Esse resultado corrobora para o entendimento de que os diferentes arranjos vegetais possuem um grande potencial na atenuação das temperaturas de superfície.

Palavras-chave: Aquecimento Urbano, Vegetação, Temperatura de Superfície, Simulação Microclimática, Cobertura do Solo, vegetação urbana.

ABSTRACT

The problems resulting from urbanization processes and land use and occupation alter the microclimates of cities and directly interfere with human thermal comfort. In this context, the use of different vegetation arrangements has great potential in attenuating surface temperatures. This article evaluates the microclimatic quality of SQNW 111 in the Northwest Sector of the Federal District, from the perspective of vegetation, its possible arrangements, and its attenuation of surface temperature. The methodological procedures involve analyses of climatic variables, historical climate series analysis of Brasília, and microclimatic computer simulations using the ENVI-met program version 5.0.3. The analysis of the selected area confirmed the existence of differentiated microclimates in the analyzed block and found a reduction in surface temperatures of construction materials where vegetation arrangements composed of grass and dense-canopy trees are present. The shading provided by vegetation through its integration into urban design, showing the best performance in attenuating surface temperatures where vegetation arrangements consist of ground-level vegetation + dense-canopy trees. This result supports the understanding that different vegetation arrangements have great potential in attenuating surface temperatures.

Keywords: Urban Heating, Vegetation, Surface Temperature, Microclimatic Simulation, Land Cover, Urban Vegetation.

1. INTRODUÇÃO

As cidades têm sido alvo de preocupações de várias ordens, ambientais, culturais e sociais, por se entender que a lógica vigente do sistema econômico e de crescimento ilimitado contraria os prognósticos futuros de escassez de recursos, energia e limitação espacial. Nesse contexto, a busca pela sustentabilidade nas cidades se torna essencial para a permanência do homem e para sua qualidade de vida futura. No contexto do Distrito Federal, esses problemas não são diferentes, pois mais do 90% da população no Distrito Federal mora em Regiões Administrativas (IBGE, 2021). Segundo Romero (2019 *et al*, p. 13),

O fenômeno das Ilhas de Calor Urbana (ICU) decorre do adensamento urbano, caracterizado por geometrias que barram os ventos e aumentam a taxa de absorção do calor; o aumento do albedo (dada a constante impermeabilização do solo); além da ação antrópica de remoção de vegetação e conseqüente redução da evapotranspiração trazem também uma diminuição significativa da umidade relativa do ar. Pode-se observar que as temperaturas de ar no meio urbano são mais elevadas em relação às áreas mais afastadas, que juntamente com o aquecimento das superfícies artificiais caracterizam a formação de ilhas de calor urbana.

A ICU é a expressão mais concreta da mudança do balanço de energia nos ambientes urbanos. Segundo Oke (1999), os espaços urbanos criam seus próprios climas a partir do impacto do desenvolvimento urbano e seu reflexo no balanço de calor à superfície.

O entendimento e a compreensão da localização da cidade são de extrema importância, uma vez que são características intrínsecas à compreensão do conforto. Segundo Romero (2011, p. 55), a própria escolha do sítio para a construção da capital federal foi acertada, uma vez que o clima local pode ser considerado Tropical de Altitude, com temperaturas entre 18°C e 28°C, o que coloca Brasília na chamada Zona de Conforto proposta pela carta bioclimática de Givoni (1992). A área de estudo Setor Noroeste (SQNW 111) (Figura 1), está localizado no Plano Piloto de Brasília, próximo à Asa Norte e ao Parque Burle Marx.

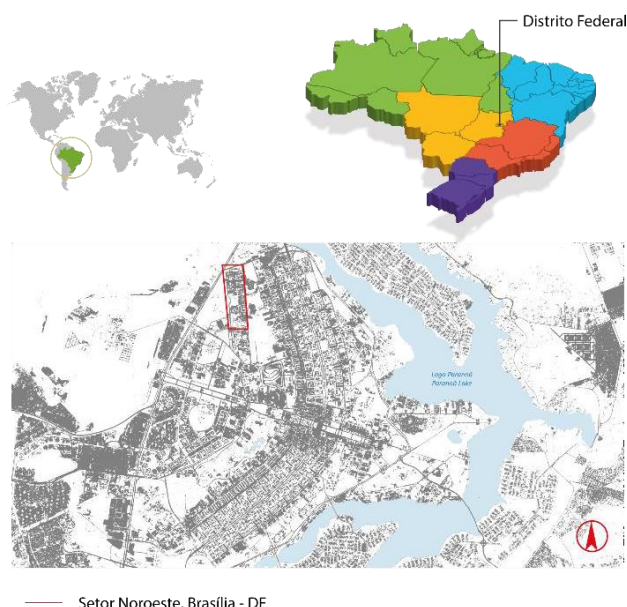


Figura 1 - Localização da área de estudo, Setor Noroeste – Brasília/DF.

Sabendo-se das características termorreguladoras da vegetação, essa deve ser pensada como uma ferramenta de grande potencial para a melhoria do conforto térmico e desempenho energético dos meios urbanos.

Ainda nesse sentido, Werneck (2018, p. 24) afirma que os efeitos da vegetação nas cidades vão além dos atributos estéticos e se confirmam no efeito oásis ou ilhas de frescor¹. As pesquisas nesse sentido enfatizam sua contribuição na redução da temperatura do ar, fixação de poluentes, umidificação e controle dos ventos, agindo sobre os elementos climáticos dos microclimas urbanos. Cabe ressaltar, também, que a inserção de áreas verdes no desenho urbano possibilita a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento de áreas públicas, além de evitar o fenômeno da ICU.

¹ Gartland (2010) define como oásis: áreas sombreadas por edificações ou arborizadas e irrigadas que podem criar microclimas mais frescos. Esse fenômeno de arrefecimento em áreas urbanizada produz picos de temperaturas mais frias que as áreas do entorno sem vegetação (GARTLAND, 2010).

Para Romero (2007, p. 130), a temperatura e a umidade relativas do ar, velocidade e direção dos ventos e a radiação solar são elementos que possuem relação direta com o clima local. Esses elementos são os principais influenciadores do espaço urbano, uma vez que a radiação solar é constante e intensa o ano inteiro, os ventos aparecem constantemente e as chuvas constituem a causa determinante das condições climáticas de todo um período.

A vegetação propicia resfriamento passivo em uma edificação por meio do sombreamento e da evapotranspiração. O sombreamento atenua a radiação solar incidente e, conseqüentemente, o aquecimento das superfícies, reduzindo a temperatura superficial destas, portanto, a emissão de radiação de onda longa para o meio. Por meio da evapotranspiração, ocorre o resfriamento das folhas e do ar adjacente, devido à retirada de calor latente.

Segundo Givoni (1992), com a substituição do solo natural por materiais construtivos, as propriedades térmicas dos componentes do solo são modificadas. Desse modo, alteram-se as trocas térmicas entre a superfície e o meio. Ainda nesse sentido, para Shinzato (2014, p.2 1) “a ausência da vegetação influencia no aumento da temperatura do ar devido ao aquecimento das superfícies (pisos e fachadas) ao longo do dia e na redução de superfícies evaporativas que realizam trocas térmicas úmidas”, além disso, deve-se considerar o aumento da emissão de radiação de onda longa e a alteração dos ciclos de precipitação. Tais mudanças são as responsáveis pelo desconforto térmico da população urbana, que, a fim de combater o desconforto, aumenta os gastos energéticos com climatização.

Para tal, o uso da vegetação em espaços públicos no campo do conforto térmico e microclimático está correlacionado à atenuação da radiação solar pelo sombreamento e as influências desta sobre a temperatura e a umidade nas áreas próximas.

As características da espécie vegetal, do seu tipo de agrupamento entre os indivíduos arbóreos, sua composição em espécies em um tipo de agrupamento e seu padrão resultante da composição e estrutura entre indivíduos vão afetar diretamente a atenuação da radiação solar, o controle das variáveis ambientais e a sensação de conforto (LABAKI, 2011). Assim, é possível estabelecer uma correlação entre o arranjo vegetal e a atenuação das variáveis ambientais, como a temperatura de superfície.

2. OBJETIVO

Analisar os diferentes materiais de superfície e suas temperaturas, com ênfase no impacto de diferentes arranjos vegetais para a atenuação da temperatura de superfície (TS) em um recorte da superquadra SQNW 111 do Plano Piloto de Brasília- DF.

3. MÉTODO

A pesquisa foi estruturada a partir de 4 etapas. Na primeira etapa, foi feita a revisão da literatura básica referente aos temas correlatos à pesquisa, tais como: aquecimento urbano, temperatura urbana, vegetação, e conforto térmico, bem como o levantamento primário de dados da temperatura, umidade relativa do ar, altitude e pressão atmosférica via INMET. Na segunda etapa, foi feita a visita *in loco* e o levantamento espacial com a utilização de *drone*. Na terceira etapa, os dados foram tabulados, processados e mapeados a partir do uso ENVI-met 5.0.3² e levantamento. Na quarta etapa, correlacionou-se os dados obtidos nas etapas anteriores.

Com o intuito de constatar a interferência dos diferentes materiais de cobertura do solo como elementos determinantes para o aumento da temperatura urbana e o impacto da vegetação como elemento mitigador desse fenômeno, foram simulados os cenários utilizando as seguintes variáveis: altitude, umidade do ar, temperatura e pressão atmosférica. Os mapas de temperatura de superfície gerados foram extraídos nos seguintes horários 9, 15 e 18 horas do dia 08 de abril de 2022, data da visita *in loco*. Os materiais e tipologias vegetais utilizadas foram selecionados a partir da biblioteca preexistente do *software*, assim, foram escolhidas gramíneas de até 25 centímetros de altura e árvores de até 4 metros de altura para a simulação. A escolha dos horários segue a metodologia proposta por Fialho (2009), Sant’Anna Neto e Amorim (2009), em que os dois primeiros horários de coleta dos dados climáticos correspondem aos momentos em que se tem a maior insolação; no terceiro horário, as variáveis climáticas não sofrem alterações rápidas; e, com o poente, os materiais de superfície liberam o calor acumulado durante todo o dia. O recorte de análise é considerado representativo da diversidade geoambiental do sítio urbano onde o empreendimento está inserido, uma vez que permite a comparação de cenários opostos, área urbanizada e área com vegetação nativa preservada.

Tendo como base a bibliografia citada, foi feita a comparação das áreas impermeáveis com as permeáveis, dentro do recorte analisado (Figura 5).

² O ENVI-met 5.0.3 é um software de simulação numérica do microclima urbano 3D. Analisa e quantifica os efeitos da arquitetura e do planejamento urbano no microclima de espaços ao ar livre.

3.1 Caracterização da área em estudo

Entre os anos de 1956 e 1960, o Brasil presenciou uma das experiências, utópica ou não, mais importantes dentro do campo do urbanismo do século XX. A partir de Brasília e seu projeto, o Brasil expressou não somente seu projeto de modernidade para uma nova capital, mas também a ideia de um país utópico, justo e igualitário. Brasília é símbolo de um movimento cultural, artístico e político sem precedentes, concretizado a partir de um sonho de um país ideal, ausente de crises e com excelente qualidade de vida para seu povo. Uma cidade que representaria o modelo mais bem-acabado e vivo do urbanismo moderno do CIAM (1928) e da Carta de Atenas (1933), sendo tombada como Patrimônio Cultural da Humanidade pela Unesco em 1987.

Brasília, a capital federal, está situada entre os paralelos 15°30' e 16°03' e os meridianos 47°18' e 48°17' a oeste de Greenwich, o que confere a essa cidade condições climáticas semelhantes às do clima tropical úmido durante o período das chuvas e às do clima tropical seco durante o período da seca, conforme observado por Romero (2007, p. 127).

O Setor Noroeste, área da pesquisa, foi o último setor habitacional a ser construído na área tombada como patrimônio histórico e cultural da humanidade, compondo a área compreendida como Plano Piloto de Brasília. Diferentemente dos blocos mais antigos, originalmente composto por lâminas horizontais com empenas de vidro e cobogó, que representam a concepção original assinalada no documento Relatório do Plano Piloto (COSTA, 1957), as superquadras do Setor Noroeste, que sofrem forte pressão do mercado, foram concebidas com o uso de materiais com alta refletância, tais como mármore e vidro reflexivo.

Estudos realizados no Distrito Federal em 2003, e relatados na obra de Romero (2019, p. 19), analisaram áreas da região de Brazlândia, a fim de comparar a temperatura aferida em áreas desmatadas com a temperatura dessas mesmas áreas, depois de reflorestadas. Quanto a esse estudo, cabe ressaltar que

[...] uma zona desmatada perto da cidade de Brazlândia, que em 1984 estava entre 27 °C e 28 °C, após um reflorestamento apresentava, em 2001, temperaturas entre 17 °C e 18 °C – confirmando a importância da vegetação no conforto térmico.

A quadra possui uma ampla infraestrutura e é conformada por prédios residências de até 6 pavimentos, praças e jardins. Destaca-se que, para a construção dos novos empreendimentos, a vegetação nativa foi removida, e que as novas espécies introduzidas no desenho urbano não levaram em consideração os percursos dos pedestres, bem como a criação de arranjos que proporcionassem a atenuação da radiação solar, o controle das variáveis ambientais e a sensação de conforto. Isso é perceptível pelo contraste e diferença entre as espécies encontradas na quadra residencial em contraponto com o parque Burle Marx, que conta com 280,60 hectares de área verde nativa e concentra uma das maiores manchas de cerrado de Brasília. Sua vegetação é caracterizada por árvores com troncos tortuosos, arbustos e gramíneas, de médio e baixo porte.



— — — Recorte utilizado para simulação
Figura 2 - Localização da SQNW 111 e recorte de simulação.

No estudo aqui proposto, as análises dos espaços foram realizadas a partir da comparação entre a área urbanizada e a área de preservação, com ênfase na cobertura vegetal e sua permeabilidade no solo. Ressalta-se que em contraponto às quadras residências da Asa Sul, o Setor Noroeste não possui densidade nos arranjos arbóreos existentes.



Figura 3 – Vista área da SQS 308, Brasília – DF. Fonte: Manuel Sá.



Figura 4 – Vista área da SQNW 111, Brasília/DF. Fonte: Autorial.

Observando a Figura 5, é possível compreender com maior clareza a dinâmica dos cheios e vazios do recorte analisado.

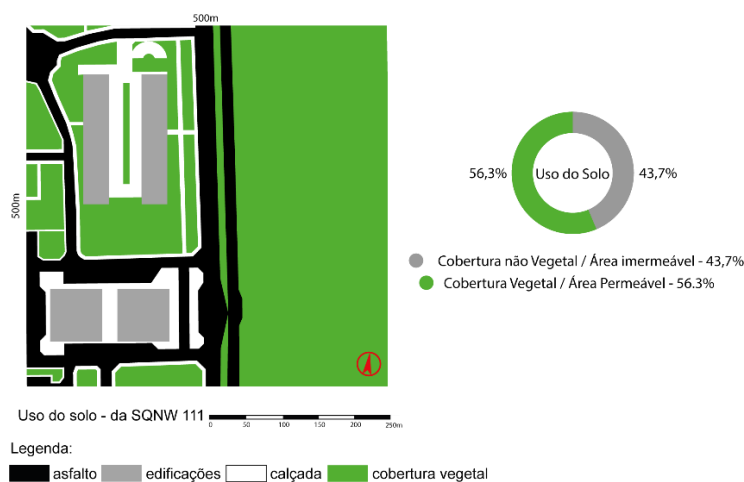


Figura 5 – Mapa esquemático do uso do solo e mesa de simulação no Envi met 5.0.3.

Foi criado um modelo tridimensional correspondente ao local selecionado com proporção da grade para os três eixos (x, y e z) de 5m x 5m x 2m. O tamanho real da área simulada é 50.392 m², sendo 22.041m² de materiais impermeáveis e 28.351m² com superfícies vegetais e permeáveis.

Na Tabela 1, é possível observar os dados climáticos utilizados para a simulação computacional.

Tabela 1 – Configuração do ENVI-met com os dados climáticos para estação quente-úmida.

Dados micro meteorológicos	Simulação 08 de Abril
Velocidade do vento a 10m de altura (m/s)	2,0 (média diária INMET)
Direção do Vento (0: N/ 90: L / 180: S / 270: O)	90 (Vento predominante)
Rugosidade	0,01
Umidade relativa (min/hora e (máx./hora)	Dados horários do INMET
Temperatura do ar (min/hora e (máx./hora)	Dados horários do INMET
Ajuste no valor da radiação solar	0
Ajuste no valor da radiação solar	0/0/0
Temperatura inicial para todas as camadas	21,30
Umidade relativa cama superficial (0-20 cm) / (20-50 cm)	16%
Umidade relativa das demais camadas abaixo de 50 cm)	20%

4. RESULTADOS

O ENVI-met 5.0.3 foi utilizado para simular o recorte da SQNW 111. A simulação foi feita considerando a biblioteca de materiais disponíveis no *software* e a escolha se deu a partir da semelhança das características físicas dos materiais e vegetação com os encontrados no local de estudo.

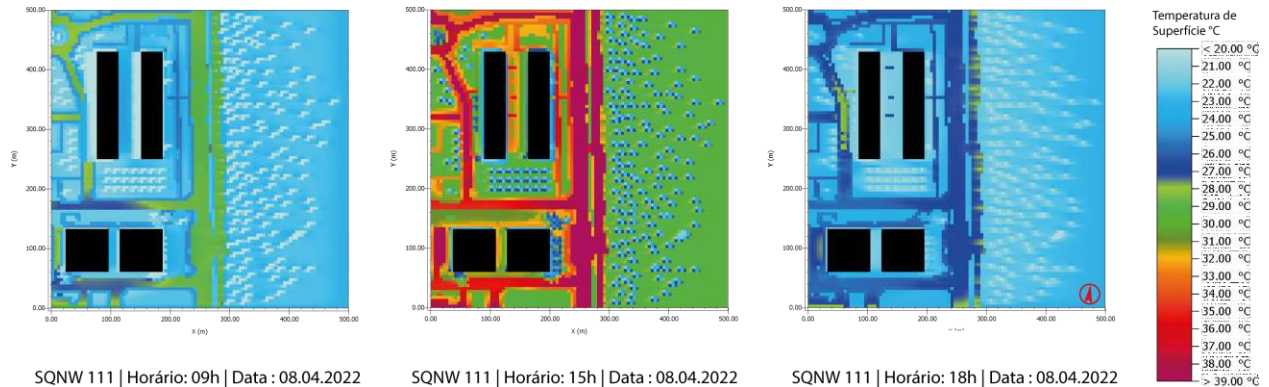


Figura 6 - Resultado da simulação às 9h, 15h e 16h.

No mapa correspondente ao horário das 8h, observam-se temperaturas acima dos 27°C na área correspondente ao asfalto sem sombreamento, em contraponto aos 22°C onde a cobertura vegetal é apenas grama. Em áreas onde existe o arranjo de cobertura vegetal (grama + árvore), a temperatura chega a 20°C.

No mapa correspondente ao horário das 15h, observam-se temperaturas acima dos 40°C na área correspondente ao asfalto sem sombreamento, em contraponto aos 29°C onde a cobertura é apenas grama sem sombreamento. Em áreas onde existe o arranjo grama com sombreamento de árvore, a temperatura cai mais significativamente, chegando a 24°C.

No mapa correspondente ao horário das 18h, observam-se temperaturas acima dos 27°C na área correspondente ao asfalto sem sombreamento, em contraponto aos 22°C onde a cobertura é apenas grama sem sombreamento. Observa-se ainda que a partir das 18h existe a dispersão do calor acumulado durante o dia.

A Figura 7 apresenta de forma esquemática os arranjos vegetais existentes no recorte analisado e a atenuação das temperaturas de superfície no cenário A' e B'. No cenário A', foi adotada a vegetação dispersa e com pouca densidade foliar. Já no cenário B', foi adotada a vegetação concentrada, com alta densidade foliar.

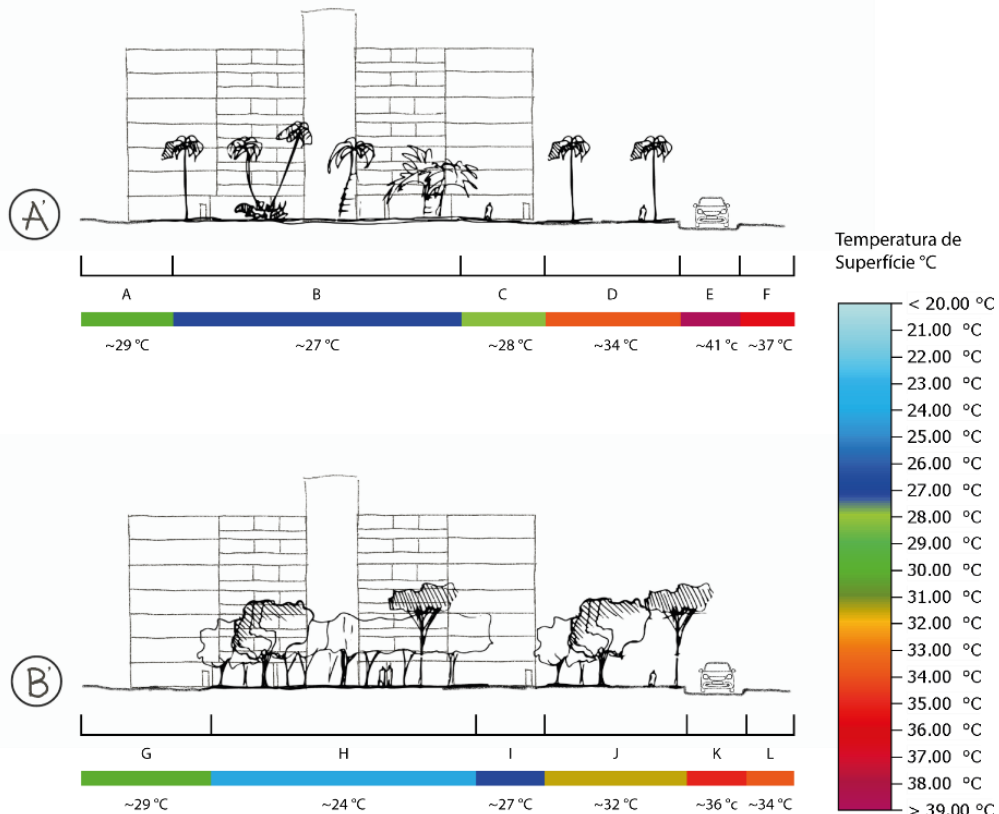


Figura 7 – Croqui dos arranjos vegetais com suas respectivas temperaturas de superfície – Cenário das 15h.

Tabela 2 – Relação dos cenários, arranjos dos materiais de superfície e suas respectivas temperaturas de superfície.

Cenário	Código	Arranjos	TS (°C)
A' (Vegetação com pouca densidade e dispersa)	A	Gramma sem sombreamento	29
A' (Vegetação com pouca densidade e dispersa)	B	Gramma + árvore com copa pouco densa	27
A' (Vegetação com pouca densidade e dispersa)	C	Gramma com pouco sombreamento	28
A' (Vegetação com pouca densidade e dispersa)	D	Calçada com pouco sombreamento	34
A' (Vegetação com pouca densidade e dispersa)	E	Asfalto sem sombreamento	41
A' (Vegetação com pouca densidade e dispersa)	F	Calçada sem sombreamento	37
B' (Vegetação com densidade e concentrada)	G	Gramma sem sombreamento	29
B' (Vegetação com densidade e concentrada)	H	Gramma + árvore com copa densa	24
B' (Vegetação com densidade e concentrada)	I	Gramma com sombreamento	27
B' (Vegetação com densidade e concentrada)	J	Calçada com sombreamento	32
B' (Vegetação com densidade e concentrada)	K	Asfalto com sombreamento	36
B' (Vegetação com densidade e concentrada)	L	Calçada com pouco sombreamento	34

5. CONCLUSÕES

O desenho urbano da quadra analisada (SQNW 111) seguiu os padrões delineados por Lucio Costa, apresentando edifícios dispersos e grandes áreas vegetadas, mas isso não garante o bom desempenho térmico dos materiais construtivos e a redução da temperatura de superfície proporcionada pela atenuação da radiação solar pelo sombreamento vegetal. Diferentemente da SQS 308, é notória a desconexão da vegetação com os percursos realizados pelos pedestres, o que torna o passeio por vias públicas desconfortável e pouco atrativo. Apesar de contar com a predominância de cobertura vegetal de porte rasteiro, nota-se, por meio dos resultados das simulações para o horário das 15h, o melhor desempenho na atenuação das temperaturas de superfície em que os arranjos vegetais são compostos por vegetação de porte rasteiro + arbóreo denso, onde as temperaturas de superfície chegam a 24°C na região correspondente a grama com sombreamento de árvore com copa densa, e 32°C na região correspondente a calçada com sombreamento de árvore com copa densa. Em contraponto, observa-se que nos arranjos compostos por vegetação de porte rasteiro + arbóreo com pouca densidade as temperaturas de superfície estão na faixa dos 27° na região correspondente a grama com sombreamento de árvore com copa pouco densa, e 34°C na região correspondente a calçada com sombreamento de árvore com copa pouco densa. Observa-se também que apenas o sombreamento proporcionado por copas de árvores densas é capaz de reduzir a temperatura de superfície do asfalto em até 5°C e de calçadas de concreto em até 2°C.

Os arranjos vegetais A' e B' (levantados *in loco*) possuem grande potencial na atenuação das temperaturas de superfície, e as simulações realizadas reforçam o caráter de elemento climático do microclima urbano, devendo ser pensada como uma ferramenta de grande potencial para a melhoria do conforto térmico e desempenho energético dos meios urbanos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Loyde Vieira de; LABAKI, Lucila Chebel. **Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p.103117, out./dez. 2010.
- AKBARI H.; KURN, D. M. KURN, BRETZ, S. E.; HANFOLD W. J. **Peak power and cooling energy savings of shade trees**. *Energy and Buildings*, Londres, 25. p. 139-148, 1977.
- ABREU, L.V. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2008.
- ABREU, Loyde Vieira de **Contribuições das árvores para o bioclima térmico no desenho urbano em cidades tropicais: o caso de Campinas, SP** / Loyde Vieira de Abreu. --Campinas, SP: [s.n.], 2012.
- AKBARI, H. **Shade trees reduce building energy use and CO2 emission from power plants**. Heat Island Group, 2001.

- AKBARI, H.; TAHA, H.; **The impact of trees and white surfaces on residential heating and cooling energy use in four Canadian cities.** Energy, the International Journal, Oxford, v. 17, n. 2, p. 141-149, 1992.
- BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído.** Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Campinas. Campinas, SP, 2003.
- CASTELO BRANCO, Lorena Mileib Burgos. **Microclimas urbanos no Plano Piloto de Brasília: o caso da superquadra 108 sul.** Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília. Brasília, 2009.
- CORREA, Wesley de Souza Campos; DO VALE, Cláudia Câmara. **Contribuição À Compreensão Do Campo Térmico Da Regional Praia Do Canto Em Vitória (Es) Pela Metodologia De Transectos.** Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 38, p. 50-81, 2016.
- GIVONI, B. **Confort, climate analyses and building desing guidelines.** Energy and building. Lausane, v. 18, n. 1, p.18-23, 1992.
- LÓIS, Érica; SANTOS, R. F.; LABAKI, L. C. **Efeitos de diferentes estruturas de vegetação ciliar sobre as variáveis de microclima e a sensação de conforto térmico.**
- ROMERO, Marta Adriana Bustos et al. **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas.** 2019.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. **A arquitetura bioclimática do espaço público. Brasília:** Universidade de Brasília, 2007.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. Brasília:** Editora UnB, 2013. SHINZATO, Paula. **Impacto da vegetação nos microclimas urbanos em função das interações solo-vegetação-atmosfera.** 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- WERNECK, Daniela Rocha. **Estratégias de mitigação das ilhas de calor urbanas: estudo de caso em áreas comerciais em Brasília–DF.** 2018.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LABORATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE APLICADO A ARQUITETURA E AO URBANISMO - LASUS pelo apoio técnico/operacional fornecido durante o desenvolvimento da pesquisa.