

Contribuições da vegetação nos microclimas urbanos de uma Superquadra do Plano Piloto de Brasília*

Lorena Mileib Burgos | Marta Adriana Bustos Romero

resumo

O trabalho visa identificar a contribuição da vegetação nos microclimas urbanos. Para tanto utiliza o exemplo da Superquadra 108 Sul do Plano Piloto de Brasília, que possui elevada ambiência de agradabilidade e conforto e representa exemplo acabado do conceito original de superquadra criado por Lucio Costa. Foram analisados dentro deste espaço, três pontos representativos da distribuição da vegetação, com gradação crescente de porcentagem de áreas verdes, considerando a superfície horizontal e a arborização, para assim analisar o seu efeito na temperatura superficial dos materiais. A análise foi realizada em dois períodos representativos para o clima de Brasília, o período da seca (maio a setembro) e o período chuvoso (outubro a março), por meio de medições em campo e simulações computacionais com o programa ENVI-met, modelo tridimensional que simula microclimas urbanos. Pelos dados encontrados, foi possível constatar a importância da arborização na amenização dos microclimas urbanos ao diminuir de 52.84° C para 28.74° C a temperatura superficial de determinados materiais. Concluiu-se também que somente superfícies gramadas não resultam em melhorias significativas no conforto ambiental urbano no período da seca.

Palavras chave: vegetação, temperatura superficial dos materiais, microclimas urbanos, conforto ambiental urbano.

abstract

This project intends to identify the contribution of the vegetation on urban microclimates. The "Superquadra 108 Sul" of Brasilia's "Plano Piloto" was taken to illustrate this project's main goal due to its pleasant environment, which clearly represents the original concept of "superquadra" created by Lucio Costa. Three significant areas of vegetation distribution were analyzed within the surrounding vicinity, each with increasingly green area percentages, considering horizontal surfaces, and vegetation in order to analyze its effects on superficial temperature of materials. The analysis was completed on two significant periods of Brasilia's climate, the dry season (May through September) and the rainy season (October through March), by means of field measurements and computational simulation on the ENVI-met tridimensional model which simulates urban microclimates. The research showed that the vegetation had major impact on urban microclimates regarding the attenuation of superficial temperature diminishing it, in some materials, from 52.84° C to 28.74° C. It could also be concluded that lawn alone, does not result in significant improvement on urban environment comfort during the dry season.

Keywords: Vegetation, Surface Temperature of Materials, Urban Microclimates, Urban Environmental Comfort.

*Artigo parcialmente aprovado para publicação no 4th National Conference of IBPSA, USA – SimBuid 2010 e no 4° Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – Pluris 2010.

1 introdução

A alteração das características térmicas das superfícies das cidades, decorrente da presença de edificações e materiais de construção quando comparada às áreas verdes, é uma das maiores modificações associadas à urbanização. Estas superfícies impermeáveis têm uma alta capacidade de absorver e re-irradiar calor, aumentando a temperatura ambiente e permitindo a formação de ilhas de calor nas cidades.

A elevação da temperatura e umidade do ar, da temperatura das superfícies e a mudança da direção e da velocidade dos ventos são algumas das alterações que afetam os microclimas urbanos. A análise destas variáveis climáticas foi realizada em uma superquadra do Plano Piloto de Brasília por apresentar uma estrutura urbana diferenciada das demais capitais brasileiras, onde se encontra a predominância de edifícios isolados, distribuídos em uma difusa paisagem de áreas verdes separadas por uma grande malha de vias arteriais de alta velocidade.

Além disso, a idéia de garantir a qualidade de vida aos moradores através da relação entre área construída e espaços livres encontrou entraves durante a construção da cidade. Segundo Machado (2007) a dimensão dos espaços livres a serem tratados e o curto prazo para construir e inaugurar Brasília delineou a estratégia de primeiro parcelar o solo com as projeções, para depois traçar o sistema viário interno, postergando o detalhamento das áreas verdes das superquadras.

Assim, este estudo tem o intuito de destacar a análise da temperatura superficial dos materiais, enfocando a necessidade de utilizar corretamente, desde o ponto de vista de conforto dos espaços abertos, os materiais de recobrimento no espaço do plano piloto detentor de determinadas características climáticas.

Para tanto, estes espaços foram analisados por meio de observações dos condicionantes ambientais e da morfologia urbana no local, coleta e análise dos dados microclimáticos medidos em campo, além de simulações computacionais de determinadas variáveis climáticas, considerando que as decisões para corrigir determinados problemas podem ser eficientes para determinados locais e não se adequem a outros, mesmo em se tratando de uma praça, quarteirão ou superquadra.

2. Configuração urbana de Brasília

A concepção urbana da cidade se traduz a quatro escalas distintas: a monumental, a residencial, a gregária e a bucólica.

A escala monumental é representada pelo Eixo Monumental, desde a Praça dos Três Poderes até a Praça do Buriti. Ela foi concebida para conferir à cidade a marca de efetiva de capital do País e foi introduzida através da técnica dos terraplenos e da disposição disciplinada das edificações que possuem dois fortes marcos visuais, definindo o seu trecho principal: o Congresso Nacional e a Torre de Televisão. O Eixo Monumental tem nos seus desníveis a sua singularidade e simbologia através da Praça dos Três Poderes, da Esplanada dos Ministérios e da grande plataforma onde se cruzam os dois eixos da cidade.

A escala residencial, proporcionando uma nova maneira de viver, própria de Brasília, está configurada ao longo das alas Sul e Norte do Eixo Rodoviário Residencial. A serenidade urbana assegurada pelo gabarito uniforme de seis pavimentos, o chão livre e acessível a todos através do uso generalizado dos pilotis e o franco predomínio do verde marca a proposta inovadora da Superquadra.

Já a escala gregária, prevista para o centro da cidade, teve a intenção de criar um espaço urbano mais densamente utilizado e propício ao encontro. Ela se localiza na intersecção dos eixos monumental e rodoviário, e está configurada na Plataforma Rodoviária e nos setores de Diversões, Comerciais, Bancários, Hoteleiros, Médico Hospitalares, de Autarquia e de Rádio e Televisão Sul e Norte.

A quarta escala representa a escala bucólica, que confere à Brasília o caráter de cidade-parque. Ela está configurada em todas as áreas livres e, principalmente, na passagem, sem transição, do ocupado para o não-ocupado. A concepção dos espaços livres urbanos propunha uma melhor circulação, insolação, arejamento e salubridade, contrapondo à aglomeração do grande centro urbano (Figura 01).

Essa concepção urbanística produziu territórios diferenciados em suas características morfológicas, produzindo frações urbanas altamente especializadas uma das outras. Segundo Romero (2001: 131), a continuidade da trama urbana é assegurada pela cuidada vegetação que, em poucos anos, conseguiu manter os passeios abundantemente sombreados dentro das superquadras. Assim, os edifícios apresentam-se como ilhas na vegetação.

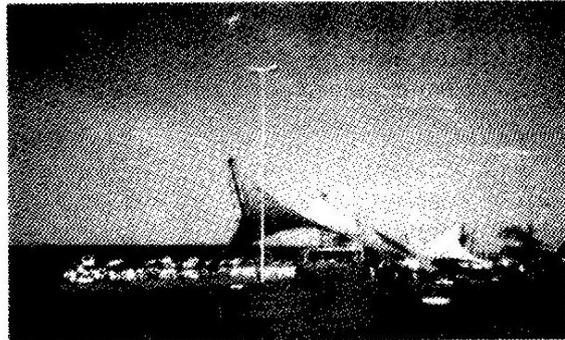
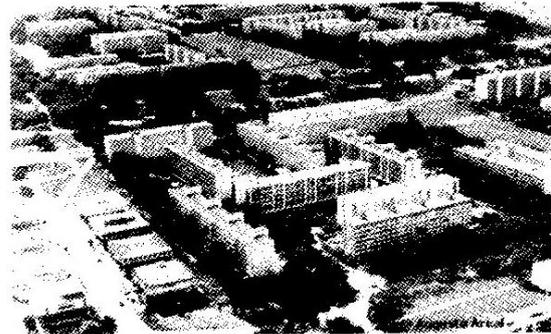
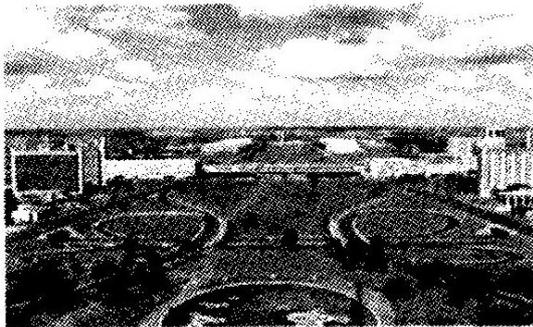


Figura 01: Escalas de Brasília: monumental, residencial, gregária e bucólica (sentido horário)
 Fonte: <http://images.google.com.br/images>, acessado em 15 de março de 2009.

3. Caracterização climática de Brasília

Segundo a classificação de Köppen, o clima no Distrito Federal pode ser classificado como Tropical de Altitude, e, de acordo com a região, as tendências climatológicas podem apresentar variações influenciadas pela altitude, topografia, vegetação, massa de água, etc.

O clima de Brasília é marcado por dois períodos distintos ou duas estações do ano bem definidas:

Período quente-úmido, caracterizado por verões chuvosos de outubro a abril. A partir da primavera, uma massa de ar quente, proveniente da Amazônia, atua sobre o Centro-Oeste e traz umidade para o Distrito Federal, cobrindo a cidade de nuvens e gerando fortes pancadas de chuva. O ápice da ação dessa massa ocorre nos meses de dezembro e janeiro.

Período quente-seco, caracterizado por invernos secos de maio a setembro. A massa quente e seca de ar tropical que vem da extensão paraguaia do Pantanal chega ao Centro-Oeste, impedindo a entrada de frentes frias da Argentina e do Uruguai. Devido ao insuficiente vapor de água presente na atmosfera, o céu fica sem nuvens

e a estiagem se instala, é um período de baixa nebulosidade.

Segundo Romero (2001) Brasília tem condições semelhantes às do clima tropical úmido durante o período de chuvas e às do clima tropical seco no período da seca. Em razão da continentalidade e da sua altitude, as amplitudes diárias de temperatura são consideráveis, especialmente no período seco.

Alguns elementos influem no espaço construído dessa região, como a radiação solar que é a energia transmitida pelo sol sob a forma de ondas eletromagnéticas e a temperatura superficial dos materiais, que no processo de urbanização, os materiais de construção utilizados possuem propriedades físicas distintas do solo natural, apresentando menor valor de albedo (coeficiente de refletância), maior capacidade calorífica e valor elevado de condutividade térmica em relação ao solo natural.

Os ventos também são constantes no clima de Brasília, e sua velocidade tem influência direta na sensação de conforto térmico. Já as chuvas, determinam as condições climáticas de todo um período do ano.

4. As áreas verdes de Brasília e seu contexto

A expressão cidade parque foi utilizada por Lucio Costa ao definir sua concepção urbana para o Plano Piloto de Brasília, destacando, em seu relatório, a importância dos espaços livres, onde a vegetação integra os diversos setores da cidade. Segundo Macedo (1999:66) a cidade representa um novo modelo de urbanismo e de paisagismo:

[...] a construção de Brasília como cidade parque, em meio a um bosque urbano artificialmente plantado no Planalto Central, em local antes ocupado por vegetação rala do cerrado e por cerradões é certamente a grande referência urbanística que vai institucionalizar o prédio isolado no verde como parâmetro de qualidade.

Este parâmetro de qualidade, de acordo com Lucio Costa, estaria apoiado na liberdade de implantação dos prédios em uma superquadra, utilizando elementos como uma larga faixa de 20 metros de arborização, que envolveria uma área de 240 x 240m, totalizando 280 x 280m em cada superquadra. Essa faixa teria a função de delimitar e criar um sentido de individualidade através do uso de diferentes espécies arbóreas (Figura 02).

No entanto, a vegetação também teria a função de absorver variações, implantações e qualidade arquitetônica, como salientou:

[...] árvores de porte, prevalecendo em cada quadra determinada espécie vegetal, com chão gramado e uma cortina suplementar intermitente de arbustos e folhagens, a fim de resguardar melhor, qualquer que seja a posição do observador, o conteúdo das quadras, visto sempre num segundo plano e como que amortecido na paisa-

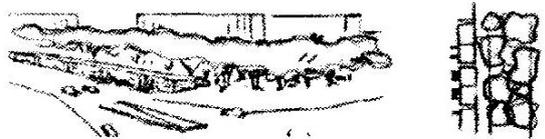


Figura 02: Superquadra com a faixa arborizada

Fontes: <<http://imagens.google.com.br/imagens>>. (foto) Costa (1995: 292) (croqui)

gem. Disposição que apresenta a dupla vantagem de garantir a ordenação urbanística mesmo quando varie a densidade, categoria, padrão ou qualidade arquitetônica dos edifícios, e de oferecer aos moradores extensas faixas sombreadas para o passeio e lazer, independente das áreas livres previstas no interior das próprias quadras (COSTA, 1991, p. 32).

5. Estudo específico da superquadra 108 sul

A SQS 108, localizada na Asa Sul (Figura 03), possui dimensões aproximadas de 250 x 250 m, onde se encontram implantados os edifícios residenciais. Ela é considerada uma quadra modelo do Plano Piloto de Brasília, pois, juntamente com as Superquadras 107, 307 e 308, compõe a unidade de vizinhança que mais se aproxima do conceito original.

De acordo com Costa (2008), a entrada única para veículos, a total liberdade para a circulação do pedestre e a definição do "recinto urbano" por um contorno densamente arborizado são o cerne da proposta de Lucio Costa para as superquadras (Figura 04).

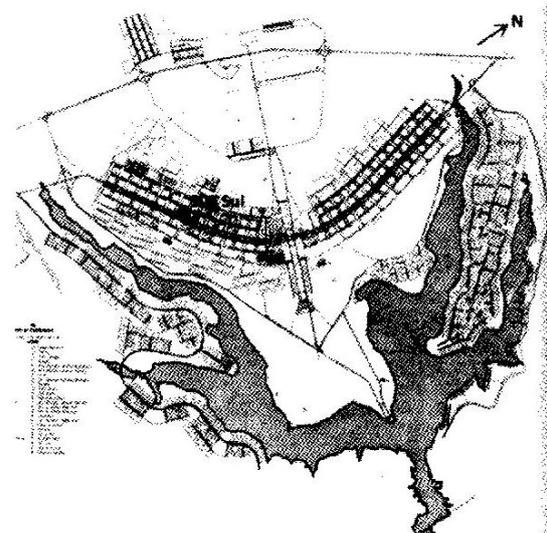


Figura 03: Localização da Superquadra 108 Sul no Plano Piloto de Brasília. Fonte: Costa (1995: 295)

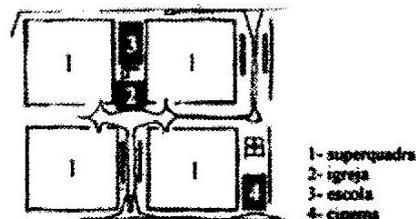


Figura 04: Croqui representando um conjunto de superquadras. Fonte: <<http://www.vitruvius.com.br/minhacidade>>.

Além disso, segundo Machado (2007) o projeto desenvolvido para a SQS 108 possui características que foram repetidas em quase todas as quadras da Asa Sul: o verde envolvendo todos os edifícios, os caminhos curvilíneos, as torres de circulação externas ao corpo da edificação e, portanto, em área pública, e a definição de um tipo de edifício que se repete por toda a quadra.

Para a análise dos materiais urbanos na Superquadra 108 Sul foram utilizadas bases cartográficas da quadra e levantamentos de campo, sendo possível perceber a quantidade de áreas arborizadas com grandes canteiros gramados. Esta área verde ocupa praticamente 50% deste espaço, podendo oferecer grandes benefícios aos moradores do local (Figura 05).

6. medições na unidade amostral urbana

Foram coletados dados microclimáticos na área de estudo, pois, segundo Monteiro (1976) a pesquisa do clima da cidade implica obrigatoriamente em observação complementar fixa permanente, bem como o trabalho de campo com observações móveis e episódicas.

As medições foram realizadas durante dois dias consecutivos, considerando os períodos seco e chuvoso, utilizando-se de equipamentos portáteis, como termômetro de radiação, termo-higrômetro, termo-anemômetro e biruta. Os registros das variáveis climáticas nos pontos de monitoramento foram tomados simultaneamente, nos horários: 9h, 15h e 21h, que coincidem com os indicados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para registro nas estações meteorológicas.

A partir de observações em campo, procurou-se escolher os pontos de medição na Superquadra de estudo que fossem representativos na identificação da influência da vegetação. Assim, foram escolhidos três pontos na quadra onde houvesse uma gradação crescente em relação à porcentagem de áreas verdes, considerando a superfície horizontal e a arborização. Foi traçado um raio de 50 m de influência para determinar esta porcentagem em cada ponto onde se realizou as medições em campo (Figura 06).

No Ponto 1, que está localizado numa área utilizada como estacionamento, entre dois blocos de edifícios de seis pavimentos sobre pilotis, pode-se observar o fenômeno de fluxo de ar sob o imóvel (efeito de pilotis). Os edifícios, que possuem o sistema estrutural de suas fachadas em cobogó, projetam sombra neste local durante parte da manhã e durante toda à tarde. É uma área onde predomina a superfície asfaltada e a presença

Distribuição dos Materiais Urbanos

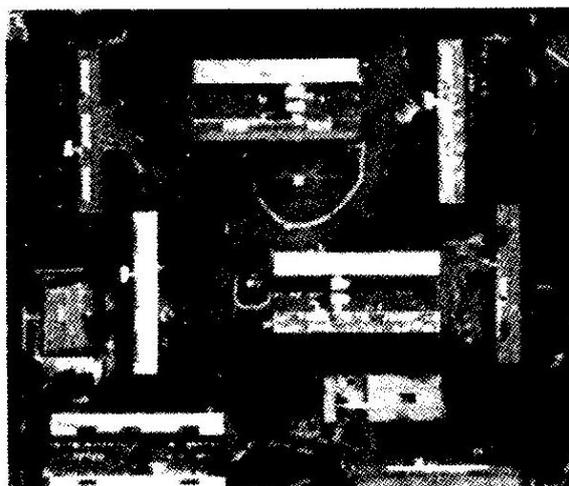


Figura 05: Distribuição dos materiais urbanos na Superquadra 108 Sul. Fonte (Foto): Google earth, acessado em 20 de março de 2009.

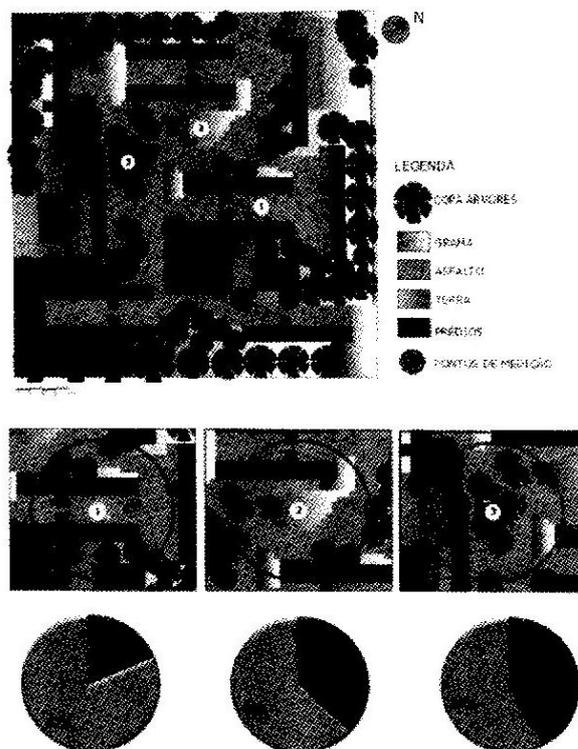


Figura 06: Pontos escolhidos para realização das medições em campo.

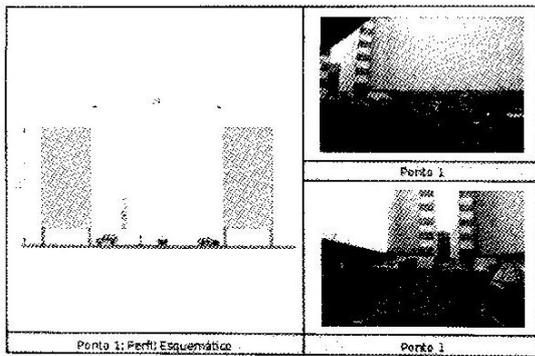


Figura 07: Perfil e fotografias do Ponto 1.

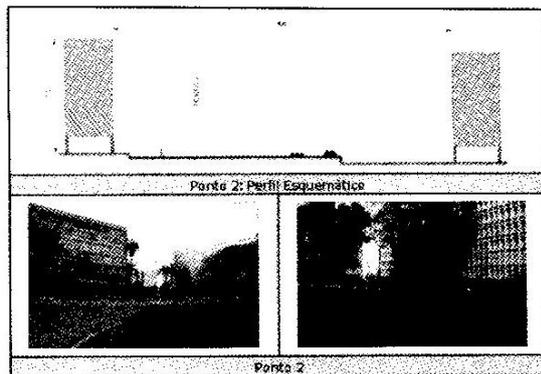


Figura 08: Perfil e fotografias do Ponto 2.

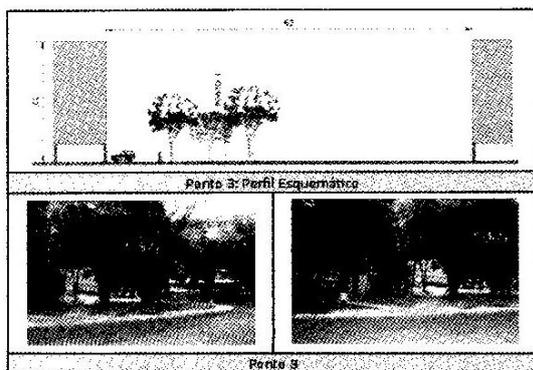


Figura 09: Perfil e fotografias do Ponto 3.

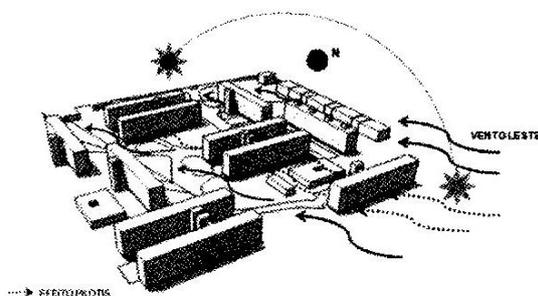


Figura 10: Superquadra 108 Sul com ventilação leste.
Fonte: Relatório de Pesquisa desenvolvido pelo Lasus (UnB/CNPq – 2006-2008)

da vegetação corresponde a 18% dentro do raio de 50 m determinado (Figura 07).

O Ponto 2 está localizado em um *playground* à frente de uma edificação com a fachada envidraçada, que se encontra em um nível superior a este ponto. O material de revestimento horizontal superficial deste ponto é a grama, sendo que a porcentagem de área verde é de 37%, mas apenas uma pequena parte desta área verde corresponde à arborização, tornando-a exposta aos raios solares durante toda a manhã e parte da tarde, devido à sombra projetada pela edificação (Figura 08).

O Ponto 3 se situa numa área bastante arborizada, onde predominam duas espécies arbóreas, a mangueira e a guarairoba. A área verde nesse raio de influência compreende 42%. Nesta região as copas das árvores geram sombra em toda a superfície sob elas durante todo o dia. Os materiais superficiais horizontais encontrados nesta área são o concreto, calçada para pedestres, e a terra, que fica coberta por folhas durante todo o ano. A edificação mais próxima desta área, que se encontra a 20 m do ponto de medição, possui a fachada em vidro e concreto, e da mesma forma que as outras edificações residenciais da quadra, possuem seis pavimentos sobre pilotis (Figura 09).

Além de observar a distribuição da vegetação para definição dos pontos de monitoramento, atentou-se para as características distintas em relação à insolação e a ventilação. Esta diferenciação pode ocorrer devido à orientação dos edifícios e aos ventos que predominam no período da seca, sudeste e leste, e no verão chuvoso, ventos noroeste (Figura 10).

7. Análise das medições em campo e simulações

Foram realizadas medições e simulações da temperatura dos materiais que revestem o solo dos locais de monitoramento da quadra em estudo. Os materiais presentes na área, asfalto, concreto, grama e terra, possuem propriedades físicas diferenciadas que devem ser analisadas para entender como os materiais de revestimento podem afetar os microclimas urbanos.

De acordo com os dados microclimáticos medidos em campo, as maiores temperaturas superficiais foram encontradas às 15 h no período da tarde, principalmente nos Pontos 1 e 2, onde há insolação e os materiais superficiais são o asfalto e a grama, respectivamente. Já o Ponto 3, que é caracterizado por ser uma área sombreada pela copa das árvores durante todo o dia, apresen-

tou temperaturas superficiais mais baixas em até 23°C em relação aos outros pontos no período da tarde. Já no período noturno, essa amplitude entre os pontos de monitoramento diminuiu consideravelmente.

Observou-se também que na região sombreada pela arborização, a diferença de temperatura superficial entre os materiais de revestimento existentes, a terra e o concreto, foi pequena, uma vez que o concreto apresentou apenas 2°C de temperatura superior ao solo exposto.

É interessante analisar que apenas uma superfície gramada não resulta em temperaturas muito mais amenas, principalmente no período seco, onde a grama se encontra ressecada e acinzentada. Às 15 h no dia oito de setembro, a diferença de temperatura encontrada entre a grama e o asfalto foi de apenas 2 °C, devido à grande quantidade de calor que a grama absorveu durante o dia. Já no Ponto 1, a insolação foi amenizada pela sombra projetada pelas edificações em parte do dia (Gráficos 01).

A temperatura superficial dos materiais no período da chuva possui um comportamento distinto em relação ao período da seca e constante em relação ao aumento de temperatura de acordo com o material de revestimento horizontal e a situação do ponto. Assim, observou-se as maiores temperaturas superficiais no Ponto 1 às 15 h, verificando até 55°C no dia treze de janeiro, um valor mais alto que o constatado nas mesmas condições no período da seca.

As temperaturas mais baixas, em torno de 21°C, foram verificadas no Ponto 3, onde o material de revestimento é o solo exposto e há sombra durante todo o dia. A importância da grama como material de revestimento é observada no período da chuva, que mesmo estando exposta aos raios solares, a superfície gramada apresenta valores baixos de temperatura, que se aproximam dos valores das áreas sombreadas (Gráfico 02).

Para realização das simulações, utilizou-se o *software* ENVI-met por ser um modelo tridimensional que simula o microclima urbano. Ele proporciona interações entre superfície-vegetação-atmosfera, calculando o balanço de energia por meio das variáveis: radiação, reflexão e sombreamento de edifícios e vegetação, fluxo do ar, temperatura, umidade, turbulência local e sua taxa de dissipação e as trocas de água e calor dentro do solo.

Verificou-se, por meio das simulações, que a variação de temperatura entre os materiais urbanos é muito grande em relação aos horários do dia e aos períodos do ano, variando entre 21,74 °C a 55,85 °C no mesmo dia.

As temperaturas superficiais mais baixas estão localizadas onde há arborização e onde há terra ou grama, já as temperaturas mais altas, representadas pelas cores quentes, marcam com precisão os caminhos de asfalto. Estas características podem ser visualizadas tanto no período da seca como no período chuvoso (Figura 11).

O programa não identifica o material de revestimento horizontal que existe sob as árvores. Porém, qualquer que o seja, de acordo com a simulação, as temperaturas nesses locais são mais amenas que qualquer outra região que não possui arborização.

No período da chuva, encontrou-se, no período da tarde, a maior amplitude térmica, 24,63° C, com 58,68° C no asfalto entre os prédios e 34,05° C nas áreas arborizadas. Neste período, a temperatura do asfalto entre as edificações é maior que alguns caminhos de asfalto que se encontram totalmente expostos aos raios solares, o que demonstra uma possível limitação do *software* em relação à análise das sombras projetadas pelas edificações.

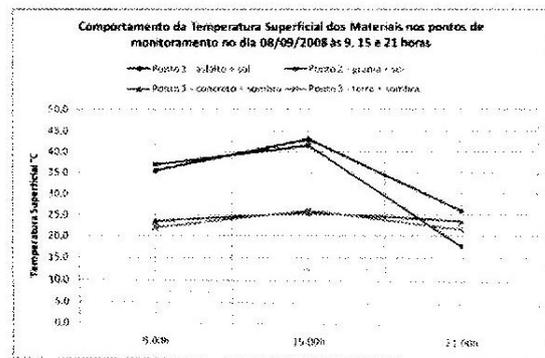


Gráfico 01: Temperatura Superficial dos Materiais no dia 08 de setembro de 2008.

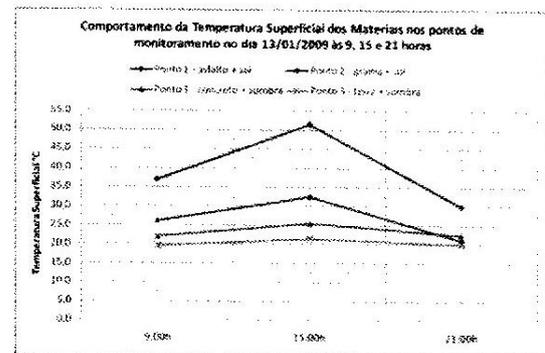


Gráfico 02: Temperatura Superficial dos Materiais no dia 13 de janeiro de 2009.

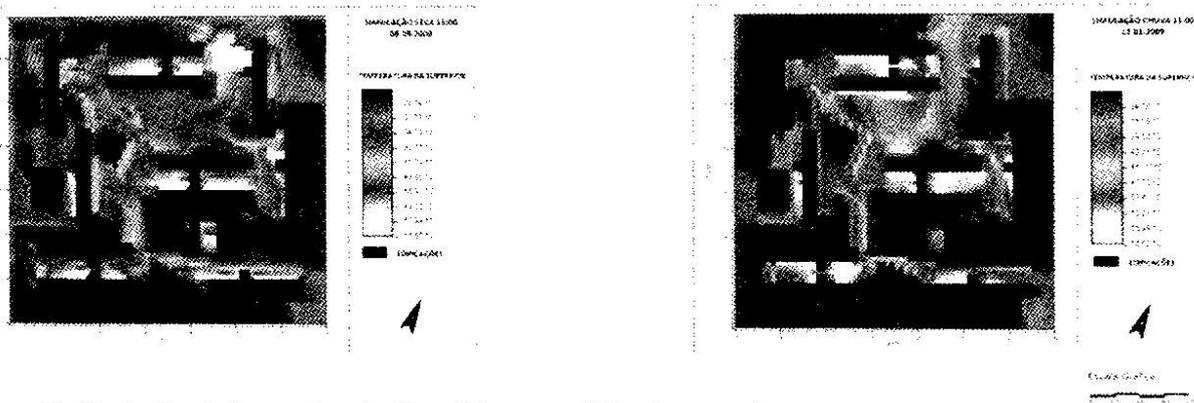


Figura 11: Simulações da Temperatura das Superfícies nos períodos da seca e da chuva.
 Fonte: Relatório de Pesquisa desenvolvido pelo Lasus (UnB/CNPq – 2006-2008)

8. Considerações finais

A comparação da temperatura superficial dos materiais nos períodos da seca e da chuva não foi realizada levando em consideração todos os dados que foram medidos em campo, pois, o programa possui algumas limitações. Não se tem conhecimento do material de revestimento horizontal que o *software* simula sob as árvores e, em alguns pontos, não foi considerada a sombra projetada pelas edificações e, por isso, não houve variação de temperatura em determinadas áreas.

Constatou-se que os valores mais próximos entre as medições e as simulações se localizam no Ponto 3, no período da seca, sob as árvores, mesmo não tendo conhecimento do material considerado pelo programa.

Já a maior variação entre as medições e as simulações foi verificada no Ponto 1, sendo que a simulação considerou uma temperatura superficial mais alta em 8,33°C em relação a medição em campo. Pela manhã, a temperatura da grama na área onde foi realizado o monitoramento apresentou 37° C ao sol, enquanto a simulação gerou uma temperatura de apenas 26° C nesta mesma área. Já no período noturno, verificou-se uma temperatura mais alta na simulação nas mesmas condições.

Nas medições em campo, os valores da temperatura superficial do asfalto foram mais baixos que os valores gerados pela simulação, enquanto a temperatura superficial da grama foi considerada mais baixa em relação à realidade.

O período da tarde apresentou as temperaturas mais críticas no período da seca, com uma diferença de temperatura de apenas 1,5° C entre o asfalto e a grama. Já no período chuvoso, a diferença de temperatura no asfalto foi doze vezes maior, demonstrando a importância da capacidade

de da grama em absorver água através dos espaços existentes na sua própria estrutura foliar.

Sob as árvores, observou-se que na seca, as temperaturas superficiais entre a terra e o concreto são bastante similares, diferentemente do período chuvoso, onde constatou-se que o concreto possui temperaturas mais elevadas, concluindo-se que não há benefícios em utilizar a terra seca ou o concreto sob sombra.

8. Referências

- COSTA, Lucio. 1991. Brasília, cidade que inventei. CODEPLAN, DePHA. Brasília, DF.
- COSTA, Lucio. Lucio Costa: registro de uma vivência. Brasília: Universidade de Brasília, 1995. 608 p.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.
- MACEDO, Silvio. 1999. **Quadro do paisagismo no Brasil**. Fapesp, Fundação de Apoio a Pesquisa. São Paulo, SP.
- MACHADO, Marília Pacheco. Superquadra: pensamento e prática urbanística. 2007. 269 f. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de F. (1976) **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG, Universidade de São Paulo (Série Teses e Monografias, 25).
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Universidade de Brasília, 2001.