

CORRELAÇÃO ENTRE O MICROCLIMA URBANO E A CONFIGURAÇÃO DO ESPAÇO RESIDENCIAL DE BRASÍLIA

Marta Adriana Bustos Romero

Doutora, Professora, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU/Universidade de Brasília - UNB
Laboratório de Sustentabilidade Aplicada à Arquitetura e Urbanismo – LaSUS
romero@unb.br

RESUMO

Brasília comemora 20 anos como cidade Patrimônio da Humanidade com um alerta sobre o conforto e a sustentabilidade nas superquadras do Plano Piloto. Sob a ótica da sustentabilidade do espaço público, foram analisadas, quarenta e duas (42) superquadras, vinte e dois (22) na Asa Norte e vinte (20) na Asa Sul, das 120 existentes. A partir do exame do desempenho das estruturas urbanas e da relação entre os atributos do espaço urbano e o microclima, especialmente a relação W/H e os cânions urbanos, detectamos, a partir dos dados obtidos por medições e simulações, a formação de ilha de calor no espaço residencial. Os edifícios construídos a partir dos anos 1990 estão alterando o microclima local. Edifícios mais largos, a descaracterização dos pilotis, a presença de apartamentos não vazados, de sacadas fechadas, a falta de brises, as fachadas espelhadas, e as árvores ornamentais que não fornecem sombra, todos eles elementos permitidos por lei, prejudicam o fluxo do vento e aumentam temperatura do ar.

Palavras-chave: geometria urbana, micro clima, Brasília.

ABSTRACT

On the 20th anniversary of the choice of Brasília as a World Heritage city, we must be alert to the possible deterioration of the comfort and sustainability of the superblocks created in the original Architectonic Project in 1956. From the point of view of sustainability, we have analysed 42 superblocks (22 in the Northern and 20 in the Southern Wing) of the 120 in all. From the examination of the performance of the urban structures and the relation between the urban space characteristics and the microclimate, especially that between W/H and the urban canyons, we detect, from measurements and simulations, the formation of heat islands in the residential space. The buildings constructed after the 1990s alter the local microclimate. Wider buildings, violation of the ground floor pillar system, the presence of closed apartments and balconies, the lack of brises-soleils, and ornamental trees which do not furnish shade, all of which are elements permitted by law, interfere with wind circulation and increase air temperature.

Keywords: urban geometry, microclimate, Brasilia.

1. INTRODUÇÃO

A ocupação do solo numa cidade é fundamentalmente caracterizada por elevada densidade edificada e área aberta pavimentada e impermeável o que contribui para o estabelecimento de um campo mais elevado de temperaturas, designado por ilha de calor urbana. Quanto maior a densidade de construção e a ocupação do solo, maiores as atividades antrópicas, conseqüentemente, maior a captação e difusão da radiação solar para o ambiente climático urbano e menor a ventilação.

Existe consenso, entre os pesquisadores, da necessidade de buscar diretrizes quantitativas para determinar percentuais recomendáveis para área edificada e para a cobertura vegetal (por exemplo a distribuição de cobertura vegetal em pequenas parcelas de forma uniforme por toda a cidade é mais eficiente para a amenização climática do que a concentração desta em poucos lugares muito grandes), assim como para fazer recomendações acerca dos limites na relação entre altura de prédios e largura das vias (H/W). O que baliza esse trabalho.

O alcance e o caráter das atividades externas estão muito influenciadas pela configuração física. Uma grande crítica dos espaços das cidades modernas é que os espaços são grandes e impessoais, verificam-se grandes distâncias entre os edifícios, e ainda nesses espaços não existe muita coisa para experimentar do exterior e as poucas atividades que acontecem se dispersam no tempo e no espaço. Em Brasília, no espaço residencial, esse problema apontado como crítica ao espaço moderno é evitado pelas áreas do comércio local, localizadas ao lado das residências e com um comércio diversificado, o que inclui bares e cafés, com permanência prolongada dos usuários, transformam o espaço em uma vitrine viva de atividades de lazer.

O processo de urbanização e as características peculiares ao meio urbano aumentam a temperatura do ar nos espaços intra-urbanos em relação ao seu ambiente vizinho. A elevada capacidade de armazenamento calorífico dos materiais das edificações, a produção do calor antropogênico, a diminuição da umidade do ar devido à pavimentação do solo, a redução na velocidade do ar originada pela rugosidade da superfície, o aumento da absorção da radiação solar e conseqüente diminuição do albedo, contribuem para a formação da ilha de calor urbana. A ilha de calor é maior durante a noite, em situações de ar calmo e sem nuvens. Está também relacionada com o tamanho da cidade, mas mesmo nas cidades pequenas, a ilha de calor é sentida, assim como no entorno de shoppings ou pequenos grupos de edifícios, como nas superquadras de Brasília.

1.1.- Percepção ambiental e geometria urbana, a relação W/H

A geometria urbana (W/H – relação entre largura das vias e a altura dos edifícios) é fundamental no controle da ilha de calor, por ter influência no processo de absorção da radiação solar e da radiação de ondas longas emitida pelas superfícies dos edifícios e do solo, na redução das perdas de calor devido aos ventos e na produção antropogênica de calor.

De um modo geral, quanto maior a densidade ($W = 1/4 H$ ou inferior, que significa relação W/H igual ou inferior 0,25), mais longe do solo se dará a absorção da radiação solar.

O resultado da proporção entre a distância dos prédios e suas alturas possibilitou a classificação dos espaços urbanos, desde o ponto de vista da percepção, de três formas: claustrofóbicos, de recolhimento e expansivos.

Os espaços claustrofóbicos, em áreas de densidade alta, com as proporções $W=1/8H$, $W=1/4H$ $W=1/2H$ absorvem calor muito acima do nível do solo. Existe um amortecimento do ciclo térmico e normalmente a temperatura permanece estável (calor ou frio) durante o dia e só é alterada por um fator extremo.

Em espaços de recolhimento, de densidade média, com proporções $W=H$, $W=2H$ e $W=3H$ a absorção de calor se dá próxima ao nível do solo. Existe uma menor possibilidade de inversão térmica, ou seja, a temperatura no interior dos edifícios tende a ser igual à da parte exterior.

Nos espaços expansivos, de densidade baixa, com proporções $W \geq 4H$ a maior parte da radiação é refletida. A possibilidade de inversão térmica é mínima e a temperatura no interior dos edifícios tende a ser igual à exterior.

1.2.- Balanço energético e Conforto ambiental

O urbano apresenta variados desempenhos térmicos, com base em dois indicadores físicos: a absortância e a emitância efetiva do edificado. Esses parâmetros são indicativos, respectivamente, da capacidade natural de um bloco inserido numa malha urbana para “aquecer”, através da exposição solar do mesmo, e para “resfriar” através das perdas por trocas de radiação de onda longa. No caso de Brasília, nas áreas excessivamente sombreadas o resfriamento decorre por construções vizinhas ou pela arborização

existente. A insolação atinge a superfície terrestre, sendo parte absorvida e parte refletida, em proporções variáveis consoantes às propriedades dos materiais onde incide. Se a radiação incidente é absorvida por uma superfície seca, ela se transforma em calor sensível, com um conseqüente aumento da temperatura, já as superfícies úmidas e as folhas das plantas a convertem em calor latente, sem aumento de temperatura.

Mas as trocas dependem da forma da estrutura urbana. A poluição pode também contribuir para a retenção de calor, ao minimizar as trocas radiativas entre os edifícios e a abóbada celeste. Todo o calor absorvido pelas estruturas urbanas irregulares e de elevada densidade fica assim retido e dificilmente é reenviado para a atmosfera, motivo pelo qual provoca um aumento da temperatura urbana, em virtude de se converter em calor sensível. Nas regiões tropicais, a ventilação natural é um processo pelo qual é possível resfriar os edifícios, tirando partido da diferença existente entre temperaturas do interior e do exterior, em determinados períodos.

Os diferentes parâmetros de disposição de edifícios criam conformações urbanas com grande permeabilidade, com média permeabilidade podem ocorrer barreiras ao vento e com baixa permeabilidade e com grande possibilidade de ocorrência de efeitos barreira e de canalização.

Ao longo de um ciclo diário, as superfícies que constituem a rua experimentam diferenças espaciais e temporais de temperatura, devido aos diferentes níveis de exposição solar. Os materiais de construção são também, tal como a vegetação, elementos com uma elevada absorção e baixa refletividade e, como tal, uma grande parte da radiação solar que neles incide é absorvida.

Quanto maior a compacidade da área de edificações, mais é reduzida a radiação solar direta por sombreamento, e aumentada a radiação difusa devido a inter-reflexões entre edifícios; também maior a retenção da radiação de onda longa no espaço urbano.

Regiões mais opacas (não porosas) acumulam mais calor devido às propriedades térmicas dos materiais, necessitando de maior ventilação para realizar trocas térmicas. A porosidade do tecido urbano possibilita a ventilação natural em ambientes internos (ventilação cruzada), quando a abertura de entrada de ar sofre pressão positiva e a abertura de saída de ar sofre pressão negativa. Este diferencial de pressão através de uma construção é a força motriz da ventilação. Existem mais possibilidades de ventilação quando se deixa $6H$ entre os blocos, se o bloco tiver o pilotis desimpedidos a distância pode ser $< 6H$.

Regiões com maior porosidade são melhor ventiladas do que as pouco porosas; nas muito porosas há melhores trocas térmicas, renovação do ar e possibilidade de ventilação cruzada, o que é o ideal para regiões quentes.

1.3.- Cânions urbanos

Nos cânions urbanos, boa parte da abóbada celeste que seria “vista” pelas superfícies, é bloqueada pelos outros edifícios e as perdas por radiação de ondas longas são reduzidas, contribuindo para o aquecimento noturno - daí a compreensão da ilha de calor como fenômeno tipicamente noturno.

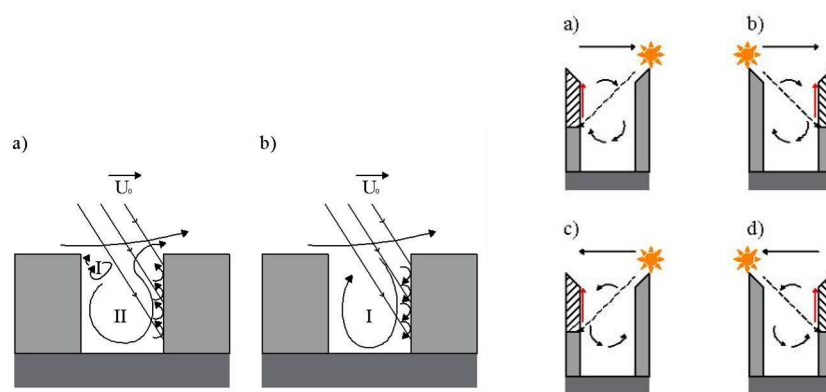


Figura 1 – Regimes de escoamento do ar no interior do cânion urbano
 Fonte: Adaptado de Ferrão Gonçalves e Panão, (2006, p.10) e de Grimmond et al (2007, p.286) por Silveira (2007).

No cânion urbano há uma estreita relação entre o padrão de temperatura das superfícies e a geometria das ruas. Podemos citar, por exemplo:

- Próximo às fachadas se forma uma camada de ar cuja temperatura depende da temperatura da superfície da fachada e do transporte vertical do ar, Figura 1.
- No meio do cânion, no solo, a temperatura do ar é diferente daquela próxima às fachadas e depende também do transporte horizontal do ar. A temperatura no meio do cânion é menor que a temperatura

correspondente da camada de ar próximo às fachadas e, em todos os casos, a temperatura da camada de ar é maior que a do ar acima dos edifícios.

A circulação do ar dentro de cânions profundos não é devida somente ao fluxo de ar sobre o cânion, mas também é influenciada pela estratificação do ar dentro do cânion e pelo mecanismo de advecção nos cantos dos edifícios.

Dependendo da velocidade do vento calmo no cânion na proporção ($H/W > 2$), um vórtex secundário pode ser observado e também em algumas proporções mais altas ($H/W > 3$) um terceiro vórtice fraco. Isto é observado para o caso de cânions com configurações simétricas e escalonadas.

O uso de materiais de albedo alto reduz a quantidade de radiação solar absorvida pelo envelope de edifícios e estrutura urbana e mantém as suas superfícies mais frias. Materiais com alta emissividade e boa emitância de radiação de onda longa liberam rapidamente a energia absorvida de radiação de onda curta. Superfícies frias diminuem a temperatura do ar porque a intensidade do calor de convecção desde uma superfície fria é menor. (SANTAMOURIS, 2001)

Estudos de Santamouris demonstram que existe uma grande diferença segundo a orientação das paredes do cânion. Também esses estudos encontraram que a temperatura do ar acima do cânion era maior que a do cânion porque muitos cânions eram profundos e a penetração solar era limitada (diferença de 5 graus). Para velocidades de vento perpendiculares ao eixo do cânion, o fluxo de ar dentro do cânion fica caracterizado como vórtices. Quando o fluxo fora do cânion é paralelo ao eixo do cânion e valores acima do limite de 4m/s o fluxo dentro do cânion corre na mesma direção.

Embora a orientação da rua determine a quantidade de radiação recebida pelas superfícies do cânion, estudos feitos por Santamouris (2001), mostram que a temperatura do ar no meio do cânion não é influenciada pela orientação da rua, nem de dia nem à noite, mas sim controlada pelo processo de circulação do ar. A orientação da rua tem grande influência, porém na temperatura das superfícies do cânion e na temperatura da camada de ar junto às fachadas, isto vem confirmar mais uma vez que a capacidade de resfriamento das superfícies urbanas está relacionada à obstrução do seu horizonte.

1.4.- Sobre o Plano Piloto e as superquadras

Ao projetar as superquadras, Lucio Costa pensou em células semi-autônomas no tocante à educação, saúde, lazer e cultura/ religião. Concentrou as residências em altura, retirou as construções do nível do solo pelo recurso aos pilotis e separou pedestres e veículos por meio da especialização de vias, dando assim origem a extensos espaços públicos. Uma moldura de vegetação em todo o entorno, forma um cinturão verde de 20 metros de largura em cada quadra. Citando Akbari e Taha (1992), árvores e arbustos estrategicamente plantados perto dos edifícios podem reduzir o custo do consumo de ar condicionado no verão em 15 a 35%.

As árvores também podem mitigar o efeito estufa, filtrar os poluentes, mascarar os ruídos, prevenir a erosão, e ter um efeito calmante nas pessoas. O desempenho da vegetação depende de sua intensidade, forma, dimensões e localização. As árvores absorvem os gases poluentes, seja absorvendo diretamente o ozônio, seja ao reduzir a temperatura do ar, que a sua vez reduz a emissão de hidrocarbono e a formação de ozônio. Árvores reduzem e filtram os ruídos, Akbari e Taha (1992), falam que as folhas, galhos e ramas absorvem os sons de alta frequência que são os mais incômodos para os humanos. Os mesmos autores dizem que um cinturão de 33 m de largura e de 15m de altura pode reduzir o ruído de uma estrada em 6 a 10 dB.

Estudos de Ficher et al (2003) apontam que os requisitos do primeiro Código de Obras de Brasília, em 1960 induziam a integração do andar térreo com suas adjacências. Os sucessivos códigos autorizam o fechamento, ainda que necessariamente descontínuo, de até 40% do térreo para uso do próprio bloco.

Contradição maior não parece possível: constrói-se uma cidade para que seja inteiramente aberta, transparente, sem fronteiras internas além da distância e começa-se a gradeá-la sistemática e compulsivamente, como se todos os prédios se rejeitassem mutuamente. A tendência, em todo o Distrito Federal, é que cada bloco residencial, apesar de ter sido construído sobre pilotis justamente para permitir a livre circulação dos transeuntes, se feche inteiramente por meio de cercas vivas e/ou alambrados.

O clima foi um dos itens considerados na escolha do sítio para a construção de Brasília, assim como na elaboração do projeto pelo arquiteto Lúcio Costa, mas em consequência da urbanização acelerada, hoje percebem-se algumas diferenças no clima do sítio:

“As temperaturas não sofreram grandes diferenças; as precipitações e a umidade diminuíram; janeiro não é o mês mais úmido (e sim dezembro) nem setembro é o mês mais seco (e sim agosto). A velocidade dos ventos aumentou, mas suas direções mantiveram-se as mesmas. A insolação tem diminuído de um modo geral, mas tem aumentado no verão”. ROMERO (2001, p. 130)

2.- OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar exame, a partir dos dados obtidos por medições e simulações, do desempenho das estruturas urbanas e da relação entre os atributos do espaço urbano e o microclima, especialmente a relação W/H e os cânions urbanos, buscamos detectar a formação de ilha de calor no espaço residencial do Plano Piloto de Brasília.

3.- MÉTODO

Os parâmetros utilizados na pesquisa são o resultado de diversos trabalhos empíricos realizados ao longo de dois anos, apresentados no Relatório de Pesquisa Universal 2006 (www.unb.br/fau/pesquisa/sustentabilidade). As medições específicas aqui apresentadas fizeram parte da estrutura didática da disciplina de graduação intitulada “Estudos Ambientais” na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UnB, indicadores de sustentabilidade urbana foram aplicados, pelos graduandos, em diversas superquadras do Plano Piloto, a partir de suas unidades de vizinhanças.

O desempenho ambiental foi analisado de acordo com a apreciação da temperatura, da ventilação, da umidade e da radiação solar e ganhos de calor pela morfologia do espaço. O albedo e a emissividade foram verificados a partir dos resultados das simulações realizadas com os softwares Ecotect, ENVI-MET e o EIS.

Apresentamos conceitos acerca da correlação entre o microclima e as variáveis relacionadas ao uso do solo; destacamos a percepção ambiental e o balanço energético nos recintos urbanos à guisa de explicação dos princípios teóricos que subjazem a metodologia utilizada. Refletimos acerca da idéia original do projeto de Lucio Costa e suas alterações ao longo do tempo, como parâmetro de comparação com a situação de deturpação do projeto hoje em dia. Mostramos os resultados do método empírico de medições e simulações utilizado na pesquisa de desempenho ambiental e de sustentabilidade no espaço residencial do Plano Piloto e traçamos algumas conclusões com base nessas evidências.

Para estimativa H/W, foi considerado que a altura média da via é a média das alturas das edificações estudadas (H), sendo cada pavimento correspondente a uma média de 3 m de altura, foi levado em conta, ainda, a altura da cobertura da edificação (ou seja, aproximadamente 2m a mais que o pé direito). A largura da via (W) pode ser facilmente medida ou extraída de plantas, devendo ser incluída nela a largura dos passeios.

Os edifícios das superquadras, na sua maioria, foram implantados isoladamente e de forma paralela ou perpendicular ao Eixo Rodoviário e Monumental. Em consequência, segundo Silva (2007) existe predominância de edifícios retangulares com fachadas opostas cujas orientações são: 108°/288° (Leste/Oeste) e 18°/198° (Norte/Sul).

Sobrepondo a forma da edificação predominante à carta solar, conforme as orientações observadas (Figura 2) Silva verificou que nos edifícios com orientação 108°/288° (aproximadamente Leste/Oeste), a fachada leste (108°) recebe a insolação durante toda a manhã ao longo do ano, sendo mais intensa nos meses de dezembro a fevereiro, onde o sol incide diretamente das 05h30min às 12h, aproximadamente. A fachada oeste (288°) recebe o sol da tarde durante todo o ano, principalmente nos meses mais frios, a partir das 11h.

Já nos edifícios com orientação 18°/198° (aprox. Norte/Sul), na fachada sul (198°), a radiação difusa atinge as superfícies o dia inteiro durante o solstício de verão, recebendo radiação direta principalmente durante à tarde. A fachada norte (18°) se beneficia com a insolação nos meses mais frios do ano, mas, no entanto, no equinócio de outono recebe sol até às 15h.

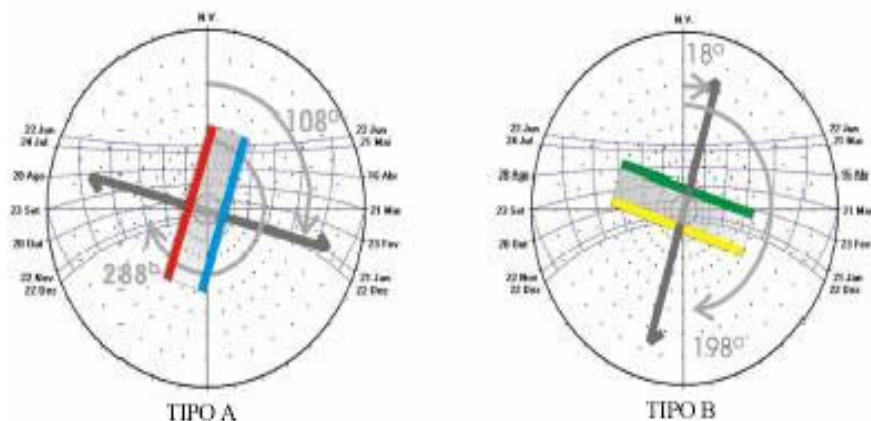


Figura 2. - Orientações predominantes nos edifícios existentes.
Fonte: Silva, 2007

3.1.- Sobre as medições

Foram realizadas Medições de Variáveis Térmicas, tais como medidas de temperatura externa, umidade, e de temperaturas superficiais para cálculos de temperaturas radiantes, ao longo de diversas estações típicas do Clima tropical de Altitude. O albedo e a emissividade foram verificados a partir dos resultados das simulações realizadas com os softwares Ecotect, ENVI-MET e o EIS.

Para a medição da temperatura superficial, foram utilizados pirômetros a laser, em graus Celsius, ao longo do dia, às 9:00, 15:00 e 21:00; em dias claros e em dias nublados e em diversas estações típicas do Clima tropical de Altitude. Os pontos de posição das medidas foram definidos em croquis, próximos das superfícies quentes ou altamente reflexivas (vidro, veículos, estradas), mas cuidando para que a radiação fosse bloqueada.

Para as medidas de temperatura (bulbo seco) e umidade do ar, foram utilizados dois Polímetros, em graus Celsius e em percentuais, respectivamente; foram realizadas medições simultâneas ao longo dos dias e em diversas estações típicas do Clima Tropical de Altitude, às 9:00, 15:00 e 21:00. Trabalhou-se com os dados médios horários do período de dias estudados.

As medições foram realizadas na época da seca e na época da chuva, em três pontos: (1) à sombra; (2) ao sol; (3) ao sol, mas protegido em relação ao vento, as 9:00, 15:00 e 21:00 horas (em função dos horários de leituras do INMET). A escolha dos pontos foi semelhante nos espaços selecionados para o trabalho empírico (quadras situadas na mesma situação de orientação e localização, mas com configuração urbana diferente).

Na quadra 308 norte de morfologia regular e blocos paralelos e perpendiculares às orientações leste/oeste os pontos escolhidos estavam respectivamente: 1. – no estacionamento exposto e amplo da área posterior dos blocos, aberto à ventilação leste vinda do lago; 2.- no espaço de praça com vegetação e, 3.- no estacionamento arborizado e sombreado, na direção dos ventos predominantes, mas com uso intenso e aumento do calor e poluentes da cavidade.

Na quadra, 309 norte de morfologia oblíqua, blocos paralelos às vias na parte periférica da quadra e em ângulo no interior. Os pontos escolhidos estavam respectivamente: 1. – no estacionamento exposto e amplo da área posterior dos blocos, na mesma orientação do 1 da SQN 308; 2.- no espaço de praça com vegetação e, 3.- no estacionamento estreito e sombreado, com uso intenso e aumento do calor e poluentes da cavidade.

4.- RESULTADOS

Abordar a questão da potencialidade do clima local para o aproveitamento da ventilação natural visa contribuir para a redução do consumo de energia, uma vez que a utilização de ar condicionado está amplamente aceita pela população como o único elemento eficaz para a climatização dos espaços internos e em especial os dormitórios.

Contraditoriamente a legislação urbana de Brasília trata a questão da ventilação de forma genérica e que os critérios para o dimensionamento das aberturas sempre esteve associado à iluminação natural e toma como base a fração da área do piso dos compartimentos, contrariamente ao proposto nos escritos ambientais que se baseiam em áreas de parede.

O Código de Obras da cidade já passou por três modificações entre 1960 e a atualidade. A mais significativa ocorreu em 1998 e permitiu que a largura dos blocos passasse de 12,5 metros para 18,5 m. Observamos que os prédios ficaram mais próximos uns dos outros, o que dificulta a circulação de ar. A ventilação também fica prejudicada e o ar aquecido fica estagnado na cavidade que se forma entre os edifícios próximos. Além disso, o que era para ser um espaço de circulação dos pedestres – o chão embaixo dos pilotis – acaba sendo uma obstrução não somente à passagem, mas também as brisas do lugar.

Com as mudanças feitas no código em 1998, os blocos residenciais passaram de 48 apartamentos para 96 o que quadruplicou a necessidade de estacionamentos. Por isso, espaços que antes eram vazios e gramados passaram a ser pavimentados. O asfalto também contribui para formar ilhas de calor entre os edifícios. Nesse sentido, desde o ponto de vista das áreas expostas a radiação solar e que aumentam a temperatura do ar, as garagens subterrâneas são menos impactantes porque elas não afetam o microclima das superquadras e resolvem o problema dos estacionamentos.

O nível de conforto foi pesquisado nas superquadras, 105, 108, 405, 207, 504, 714, 102, 109, 308, 410, 703, 713 da Asa Sul e nas 308 e 309 da Asa Norte. Figuras 3 e 4. Com base na análise da direção dos ventos predominantes, a captação de luz com carga térmica baixa, a umidade relativa do ar e, os ganhos térmicos por insolação, medidos e simulados, é possível concluir que há uma grande área exposta à radiação, eventualmente amenizada pela vegetação e pelos pilotis, visualizado nas cores azul, marrom e vermelho. É possível ainda observar (ver site: www.unb.br/fau/pesquisa/sustentabilidade) que as áreas de passagem

apresentam maior área verde, enquanto os espaços públicos de convivência apresentam maior exposição à insolação. Há ilhas de calor entre os blocos residenciais.

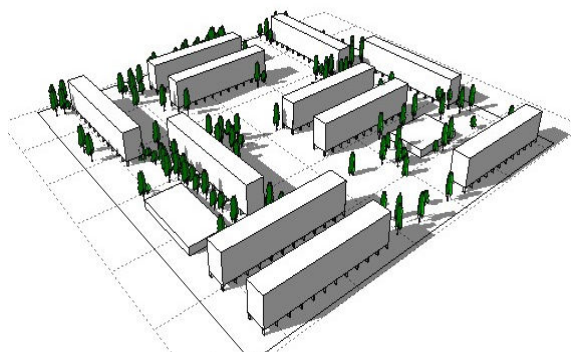


Figura 3.- SQS 108 – Análise da Exposição à radiação solar em 22 de dezembro, às 16 hrs. Área do playground em destaque. Modelagem feita no Ecotect

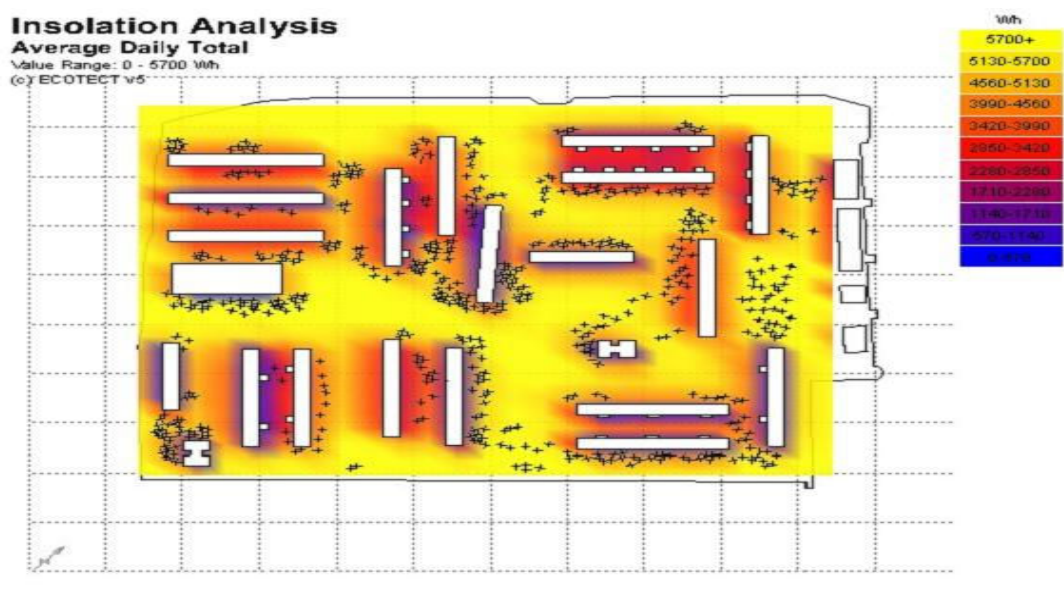


Figura 4.- SQS 108 – Análise da Exposição à radiação solar. Modelagem feita no Ecotect.

No caso de Brasília, nas áreas excessivamente sombreadas o resfriamento decorre por canalizações de ventos, o que pode gerar efeitos termodinâmicos provocados por diferenças de temperatura, portanto interferindo na ventilação local.

Em uma das análises realizadas, a superquadra norte 308, os edifícios ao sul da quadra, por estarem muito próximos, sofrem sombra de vento uns dos outros, principalmente dos edifícios mais baixos e paralelos entre si. O paralelismo em localização e em altura contribui para a formação de zonas de baixa velocidade do vento para conforto térmico, podendo gerar até mesmo estagnação do vento, como foi, de fato, verificado em alguns pontos no aglomerado de edifícios ao sul.

Tanto na quadra 308 norte (Figura 5 e 6), de morfologia regular e blocos paralelos e perpendiculares, as orientações leste/oeste quanto na quadra 309 norte de morfologia oblíqua, blocos paralelos às vias na parte periférica da quadra e em ângulo no interior principalmente nos estacionamentos estreitos e sombreados, com uso intenso e aumento do calor e poluentes da cavidade foram realizadas medições em pontos destacados. Quadras apontadas pelo “ranking” realizado pela pesquisa base de este artigo, como as que apresentam os melhores índices e podem ser consideradas ótimas.

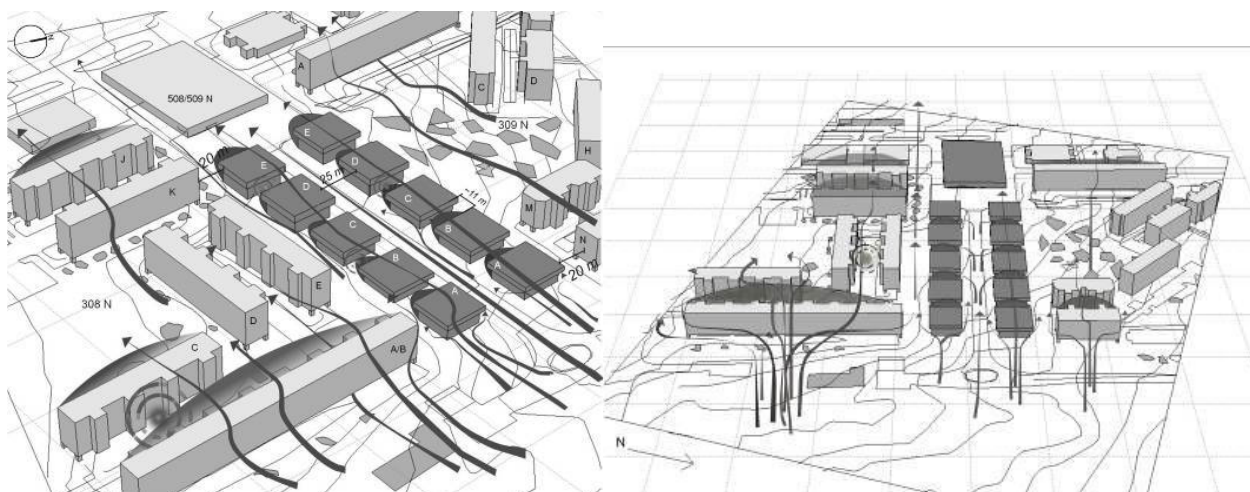


Figura 5. Distribuição do vento, segmento do comercio local das superquadras 308/309 norte.
 Figura 6.- Edifícios comerciais da SQN 308/309, sombra de vento a oeste em todas as alturas.

Quanto mais distantes um edificio em relação ao outro, menor a influência de sombra de vento. Entretanto, por ter reentrâncias em sua forma, as áreas voltadas para estas partes sofrem velocidade do vento quase que nula ou em redemoinho, com exceção da reentrância a leste que recebe diretamente o vento leste. Nos edificios cujo comprimento é bem maior do que a largura, e voltados para leste, verifica-se o efeito esquina, acelerando a velocidade do vento. Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

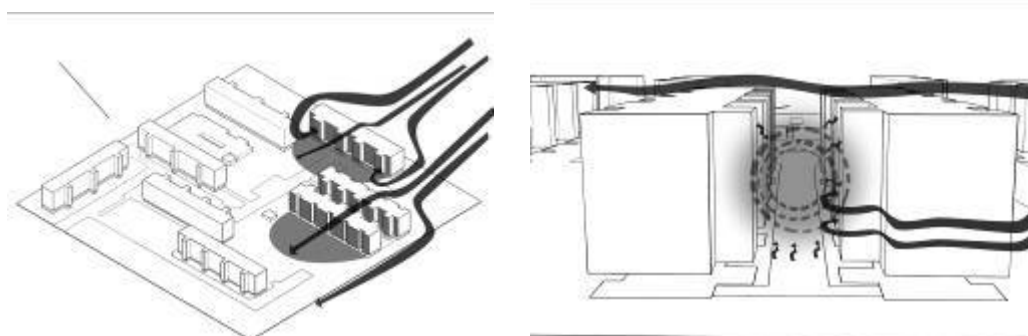


Figura 7.- Distribuição do vento formação de cavidade aquecida no cânion.

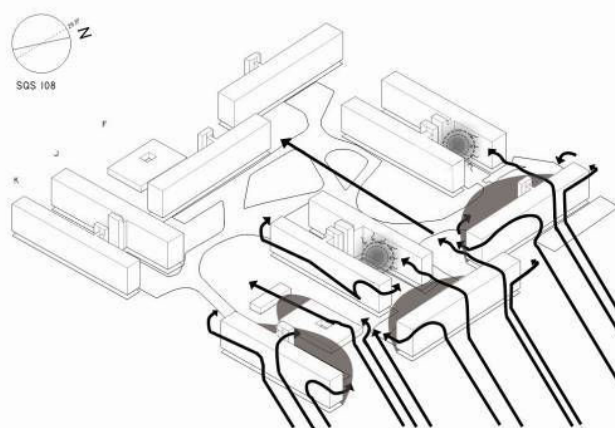


Figura 8.- Superfícies expostas "aquecidas" e sombra de vento e ar quente confinado na 108 sul

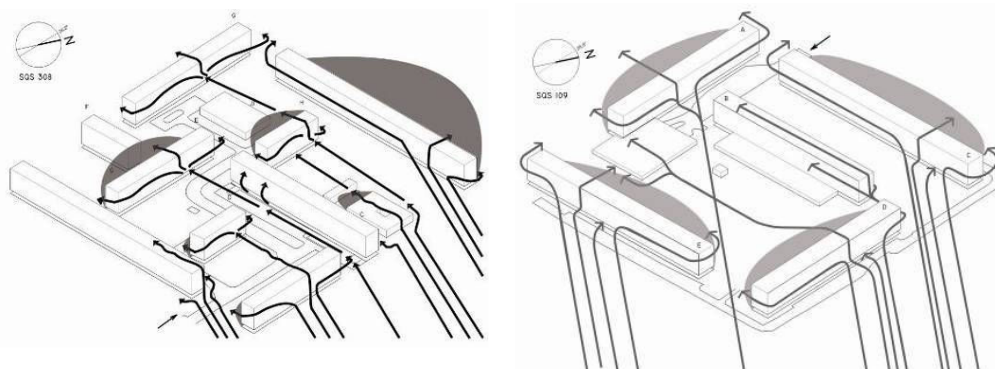


Figura 9.- Exposição solar e perdas por trocas de radiação de onda longa sombra de vento na 308 sul.
 Figura 10.- Trocas radiativas maximizadas e sombra de vento na 109 sul

Nas praças, verificou-se a menor temperatura superficial, enquanto a temperatura do ar permanece. Essa situação verifica-se mesmo na época da retração da vegetação, na época seca, porque as árvores continuam fornecendo sombra, mesmo quando a grama está totalmente seca e em partes desaparece pelo excessivo trânsito de pedestres, o que não influencia na diminuição de seu efeito como amenizador térmico. A exceção fica por conta da sombra rala fornecida pelas árvores caducifólias que perdem a folhagem justamente no “inverno” de Brasília, que corresponde à época da seca, com altíssimas temperaturas durante o dia.

A vegetação, entretanto, não absorve toda a radiação solar recebida. Parte da radiação que incide sobre a planta é refletida, parte é absorvida de modo a tornar-se fisiologicamente eficaz, e o restante é irradiado de volta a atmosfera. Nesse sentido, Cantuária (1995) aponta que do ganho total de calor solar, cerca de 30% é refletido, 50% é absorvido e apenas 20% é transmitido de volta para o meio. Não obstante, o percentual transmitido é interceptado pela próxima camada de folhas, de modo que o ganho na superfície do solo é praticamente nulo.

Nos espaços excessivamente expostos, e cujo material superficial é impermeável (pavimento), as trocas térmicas de calor latente são menores, reduzindo assim, a perda de calor por evapotranspiração. A correlação linear entre as *áreas impermeáveis* e a temperatura é positiva, ou seja, a maior quantidade exposta, maiores foram às temperaturas registradas.

Analisando as áreas menos expostas nota-se a correlação negativa entre os dados, ou seja, onde o espaço entre as edificações fica menor e confinado (maior obstrução da visão do céu) maiores são as temperaturas, especialmente na superquadra com a disposição oblíqua dos blocos (Figura 11). Isto porque a fachada voltada para leste recebe sol pela manhã e após o meio-dia só recebe radiação difusa de ondas curtas e à tarde recebe radiação refletida pela fachada oposta. O piso recebe radiação direta ao redor do meio-dia em maior quantidade que as paredes, pois o albedo é menor. À noite o balanço da radiação de ondas longas de todas as superfícies é menor do que em outras superfícies horizontais, em função do fator de céu visível menor no cânion urbano.

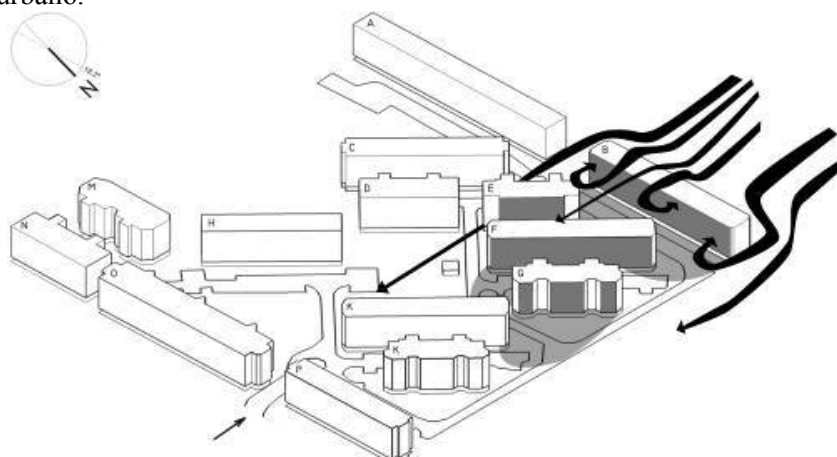


Figura 11.- Superquadra 309 norte

A correlação linear entre as *áreas verdes* (árvores de médio porte) e a temperatura foi negativa para os três horários analisados: 9, 15 e 21 horas, ou seja, a existência de vegetação de copa densa no espaço aberto diminui a temperatura ambiente, quando fornece sombra bloqueando a radiação direta no piso.

Os resultados da medição de variáveis térmicas sugerem que as árvores devem ter copas densas e altas para sombrear a superfície das fachadas bloqueando a radiação solar direta e proporcionando um clima ameno nas moradias. Se fosse retirada a cobertura arbórea das superquadras colocado asfalto no lugar, teríamos um aumento de até 5° C na temperatura. Alertamos que a mudança da espessura das paredes externas dos blocos das superquadras, que antes era de 15 cm e passou a ser de 9 cm, não é mais suficiente para retardar a passagem da radiação e diminuir o calor no interior.

5.- CONCLUSÕES

A recente perda dos espaços públicos em Brasília, quando é fechado o espaço público com o conseqüente esvanecimento do clima de convivência cidadã na capital da República compromete a sustentabilidade do espaço urbano. A questão é preocupante, pois o projeto original está em processo de crescente deturpação. As superquadras mais preservadas são as 207, 105, 104, 308 sul e 308 norte e os projetos mais deturpados correspondem as superquadras mais novas, como a 212 e 214 norte.

Os resultados reforçam o alerta que realizamos acerca da perda de conforto térmico nas superquadras, e o aparecimento da ilha de calor como fenômeno noturno, quando o calor armazenado durante o dia pelas construções é dissipado no período noturno, elevando-se a temperatura.

Ainda nessas situações existem agravantes fornecidos pelo desenho atual dos blocos que já não mais apresentam-se vazados, ao comportar apartamentos nas duas fachadas e com superfícies espelhadas; aliás, em muitos casos encontramos criada uma nova superfície “oeste”.

O método empírico permite gerar indicações em relação à morfologia urbana (afastamentos das edificações em função da altura, alocação da vegetação em função dos percursos e das brisas etc.), favorecendo a inclusão de questões técnicas na definição dos índices urbanísticos. Mediante essa inclusão, possivelmente, a temperatura seria amenizada, a umidade aumentada (na época seca), introduzindo, no tecido urbano, sombra com baixa transmissividade no nível dos pedestres e resfriamento nas proximidades da edificação. Fica demonstrado que o regime dos ventos em Brasília pode ser completamente aproveitado. O efeito da rugosidade da superfície, que se traduz na transição dos diferentes regimes de escoamento e, portanto, nos coeficientes de arrasto, no caso dos corpos analisados estes contribuem para o aproveitamento pleno, estando muitos deles com uma posição privilegiada quanto à orientação aos ventos.

Fica demonstrado também que as características específicas do edifício somadas às do vento nele incidente (imediatamente a montante no ângulo de incidência relativo ao plano que contém as fachadas e à volumetria do edifício propriamente dita) regem o campo do escoamento do vento atmosférico em seu entorno.

Em definitiva, são necessárias ações para construir espaços capazes de conjugar interioridade e exterioridade e somente uma política de tratamento paisagístico em sentido amplo e uma retomada da arborização intensiva manterão a uniformidade do conjunto urbano que, em definitiva, é o que dá sustentação e qualidade urbanística à superquadra.

6.- REFERÊNCIAS

- AKBARI e Taha,. "The impact of trees and White surfaces on residential heating and Cooling Energy use in four Canadian cities". *Energy*, vol.17, Nº 2, pp. 141-149. 1992
- CANTUÁRIA, G. A. C. Microclimatic Impact of Vegetation on Building Surfaces. Londres, 1995. Dissertação de Mestrado – Environment and Energy Studies Programme: Architectural Association Graduate School. 1995
- COSTA, Lúcio. **Registro de uma vivência**, Empresa das Artes, São Paulo. 1995.
- FERRÃO, P.M.C.; Gonçalves, H.J.P.; Panão, M.J.N.: *Indicadores do Desempenho Térmico de edificações Urbanas*, Pluris 2006
- FICHER, S., Leitão, F., Batista, G., França D. "Uma análise dos blocos residenciais das superquadras do Plano Piloto de Brasília", mimeo, Brasília. 2003.
- GRIMMOND, S. State of art observational techniques and use of data in urban modeling, 2006
- ROMERO, Marta Bustos. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**, Editora UNB, Brasília. 2001
- _____. "Desempenho das Constantes Morfológicas. Índices de Adequação Ambiental da Periferia do DF", in **Brasília – gestão urbana: conflitos e cidadania, Coleção Brasília**, org. Aldo Paviani, Editora UNB, Brasília. 1999.
- SANTAMOURIS, M. Energy and climate in the urban built environment. London: James & James (Science Publishers); 2001.
- SILVA, Joene Saibrosa da. A eficiência do brise-soleil em edifícios públicos de escritórios: estudo de casos no Plano Piloto de Brasília, Dissertação de Mestrado PPGFAU/UNB. 2007
- SILVEIRA, Ana Lúcia. Parâmetros Bioclimáticos para avaliação de conjuntos habitacionais na região tropical sub úmida do Brasil, Tese de Doutorado, PPGFAU/UNB. 2007.