

Esfera microclimática: ventilação, conforto e moradia

Overall local microclimate: ventilation, comfort and dwellings

Jordana Letícia Löw*, Gilder Nader^a

^a Instituto de Pesquisas
Tecnológicas do Estado de São
Paulo S.A., Laboratório de Vazão.
São Paulo-SP, Brasil.

*E-mail: jordanalow@gmail.com

Palavras-chave:
conforto térmico, ENVI-
met 3.1, favela, política
habitacional, Vila Prudente.

Keywords:
thermal comfort,
ENVI-met, shanty town,
housing policy, Vila
Prudente.

Resumo

Favelas possuem crescimento e organização particulares, acarretando, tipicamente, em condições desfavoráveis ao conforto ambiental. Para que o espaço urbano funcione de modo a proporcionar qualidade de vida às pessoas, existem vários aspectos a considerar no seu planejamento, como o conforto ambiental, a garantia da mobilidade e da existência de espaços públicos, bem como um planejamento sobre ocupação arbórea. Dessa forma, neste trabalho foi analisado a melhora na condição microclimática da favela de Vila Prudente, a mais antiga de São Paulo – SP, Brasil, caso tivessem sido utilizados conceitos de planejamento urbano. Os estudos foram realizados por meio de simulação computacional tridimensional, utilizando o software ENVI-met 3.1, considerando o desempenho térmico e de ventilação, do local, segundo a disposição das moradias e áreas externas na configuração atual e também foi formulada uma proposta urbanística com blocos de edifícios numa configuração em que foram consideradas a direção preferencial dos ventos, a influência de áreas de circulação, o acréscimo de áreas arborizadas e a densidade demográfica. No modelo planejado, obteve-se uma melhora nas condições microclimáticas, com aumento da velocidade do vento, diminuição em até 1 °C na temperatura do solo entre as edificações e redução das ilhas de calor.

Abstract

Shanty towns present particular growth and organization patterns that usually lead to poor environmental comfort. The planning of urban areas which provides quality of life to the dwellers involve several aspects such as environmental comfort, mobility and the availability of public spaces and vegetation. We analyze the improvement of the microclimate of the Vila Prudente shanty town, the oldest one in São Paulo, Brazil, considering whether urban

planning concepts had been used prior to its development. Three-dimensional computational analysis using the ENVI-met 3.1 software was applied to estimate local ventilation and thermal performance according to dwelling disposition and outdoor spaces. The actual configuration and the proposed urban plan were compared. The proposed plan took into consideration preferential winds, circulation areas, vegetation and demographic density. In the planned model, microclimatic conditions were improved, resulting in a better ventilation, a decrease of up to 1 °C of soil temperature between buildings and a reduction of heat islands.

1 Introdução

A partir do fortalecimento da industrialização, o urbanismo paulistano formulou-se espelhado na estética europeia, amparado em um sistema viário como elemento estruturante, promovendo bairros planejados de alto padrão, de iniciativa privada, bem como loteamentos aleatórios que se dispuseram nas áreas periféricas (BONDUKI, 2014).

A incongruência entre o desenvolvimento da cidade de São Paulo e um planejamento urbano efetivo culminou na estratificação de seus espaços. As habitações de interesse social (HIS), com sua construção em escala industrial, desconsideram, majoritariamente, as particularidades locais necessárias para que se obtenha uma moradia com conforto ambiental (BONDUKI, 2014). A arquitetura deve assegurar ao indivíduo condições térmicas de conforto de maneira que, independentemente das condições climáticas externas, seu organismo funcione apropriadamente (FROTA; SCHIFFER, 2003). Uma vez garantida a homeotermia, mesmo com as trocas de calor entre o ambiente e o corpo humano, a sua temperatura interna é mantida na faixa dos 37 °C (FROTA; SCHIFFER, 2003).

Ao se considerar as carências fisiológicas humanas, ter o conhecimento prévio das características climáticas locais, dos atributos e do comportamento térmico dos materiais a serem empregados na construção, aumentam-se as possibilidades de se assegurar conforto térmico na elaboração de um projeto arquitetônico (FROTA; SCHIFFER, 2003).

As favelas, espaços estabelecidos segundo uma lógica organizacional própria, não se assemelham à configuração da cidade formal, nem mesmo às características das HIS, de forma que nesse trabalho se analisou o conforto ambiental numa favela, comparando sua situação atual com uma proposta habitacional modelada. Para esse estudo, foi escolhida a Favela de Vila Prudente da cidade de São Paulo, que embora esteja consolidada, coopera para a demonstração de que a antecipação na proposição do modo de ocupação do espaço urbano propenso à formação de favelas, quando, balizada também pelos aspectos térmicos e suas particularidades, favoreceria a qualidade de vida de seus habitantes, uma vez que se somariam à conjugação microclimática que o cerca.

A Favela de Vila Prudente foi a primeira estabelecida na cidade de São Paulo – SP, Brasil, e está localizada na proximidade das vias Professor Luís Inácio de Anhaia Melo e Avenida do Estado, condição de contorno que impacta na qualidade do ar no local devido à baixa ventilação natural (GASPARINI JÚNIOR, 2006). Portanto, reúne atrativos para este estudo, seja por seu valor histórico ou por sua representatividade ocupacional, uma vez que apresenta alta densidade demográfica, de 0,116 habitantes por metro quadrado (MARQUES; TORRES; SARAIVA, 2003), e marcas evidentes de seu processo de consolidação.

A ventilação natural coopera com a ergonomia urbana (NAKATA; SOUZA; FARIA, 2010), assim, foi analisada a maneira como o vento interage com as edificações na Favela de Vila Prudente e como interagiria caso tivesse sido implantado, no mesmo local, um modelo ocupacional com habitações de interesse social, de forma a assimilar o mesmo contingente populacional local. A proposta de ocupação para o espaço possui 50 blocos com 12 m de altura e 16 apartamentos, aos moldes de uma habitação de interesse social que dispensasse o uso de elevadores.

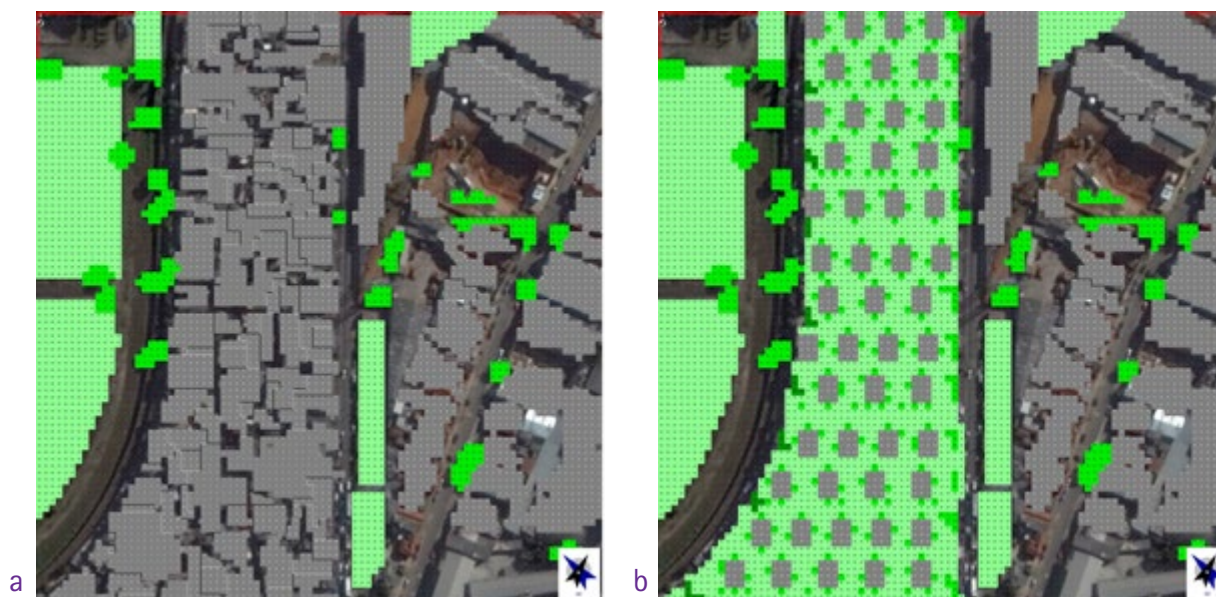
Os resultados apresentados neste artigo são produto da observação e análises dos gráficos gerados a partir de simulação numérica computacional. As simulações tridimensionais de microclima urbano foram realizadas usando o *software ENVI-met* na versão 3.1 (ALMEIDA JUNIOR, 2005; CASTELO BRANCO, 2009).

2 Métodos

Foi realizada uma análise comparativa por meio do *software Envi-met* 3.1, que cria modelos tridimensionais de microclima urbano. A partir de foto aérea foi modelada uma seção centralizada da Favela de Vila Prudente com dimensões de 300,14 m x 300,14 m de largura por comprimento. A imagem, depois de georreferenciada, serviu como substrato para a inserção de dados que geraram uma malha. A partir dela, foram acrescentadas informações sobre a altura dos edifícios, tipo de vegetação e solo.

Inicialmente, foi modelada a disposição atual da favela, como mostrado na **Figura 1(a)**, contendo as edificações, as áreas verdes próximas e ruas dessa seção. Para a realização de um modelo habitacional mais eficiente sob o aspecto térmico foi utilizada a configuração mostrada na **Figura 1(b)**, sendo necessário dimensionar apropriadamente a seção de maneira que fossem dispostos blocos de edifícios segundo os dados de área favelada: 81.193 m²; densidade da população: 0,116; densidade de domicílios: 0,029; população: 9.389 (MARQUES; TORRES; SARAIVA, 2003) de maneira a criar áreas de circulação arborizadas, gerando áreas de sombreamento e propiciando renovação do ar no período noturno, por meio da ventilação natural.

Figura 1 - a) Condição atual da Favela, b) modelo de disposição proposto



Fonte: elaborado pelos autores

Para realizar as simulações de cada caso, foi definido um período de 24 h, para que fosse possível observar todas as nuances microclimáticas ocorridas durante o dia e a noite, como por exemplo, os horários de maior aquecimento, de maior ventilação, de maior dispersão de contaminantes e também como variava a umidade relativa ao longo do dia. O dia 14 de fevereiro de 2017, foi instituído para início da simulação, por ser um dia no período do verão, o que traz mais desconforto aos habitantes. Os parâmetros climáticos externos modelados no *Envi-met* 3.1 marcaram temperatura de 28 °C (301 K), umidade relativa do ar de 79 %, valores médios característicos do mês de fevereiro, com dados obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (2017), transmissão de calor nas paredes igual a 3,5 W/(m²K) e nas coberturas 2,0 W/(m²K), NBR 15220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS, 2005) e velocidade do vento de 1,5 m/s com incidência pelo sudeste (SE). A temperatura média adotada no interior das edificações foi de 25 °C (298 K). Esses parâmetros e mais alguns estão listados na **Tabela 1**. As comparações entre a situação atual da Favela de Vila Prudente e o modelo proposto foram realizados em três horários: 8h00, 15h00 e 21h00, a fim de que o intervalo assimilasse os horários críticos.

Tabela 1 – Dados inseridos na aba do Editor de Configuração do *Envi-met 3.1*

Dados de Entrada	Valores
Dia de início da simulação	14.02.2018
Hora de início da simulação	21h00
Tempo total de simulação (h)	24
Salvar o ensaio a cada (min)	60
Direção do vento (0:n..90:L..180:S..270:O..)	135
Velocidade do vento a 10 m do solo (m/s)	1,5
Temperatura atmosférica inicial (K)	301
Umidade relativa a 2 m (%)	79
Umidade específica em 2500 m (g de água / kg de ar)	7
Temperatura interna (K)	298
Transmitância nas paredes (W/(m ² K))	3,5
Transmitância nos telhados (W/(m ² K))	2
Albedo paredes	0,2
Albedo telhados	0,3

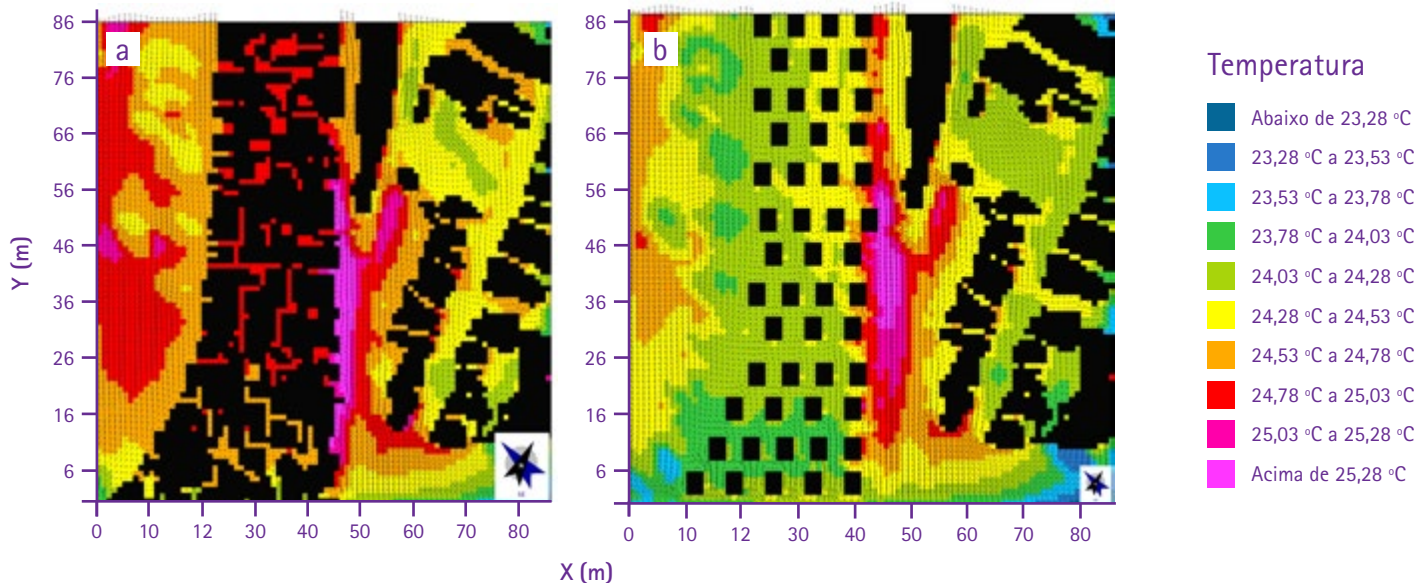
Fonte: elaborado pelos autores

3 Resultados

Para as 8h00, comparando-se a condição atual da Favela de Vila Prudente, ver **Figura 2(a)**, com o modelo proposto mostrado na **Figura 2(b)**, nota-se que no modelo proposto houve uma menor temperatura ao nível do solo, provavelmente em decorrência de sua maior cobertura vegetal, que se comporta como uma barreira em relação à incidência solar direta e inibe o rápido aquecimento do ar próximo a si.

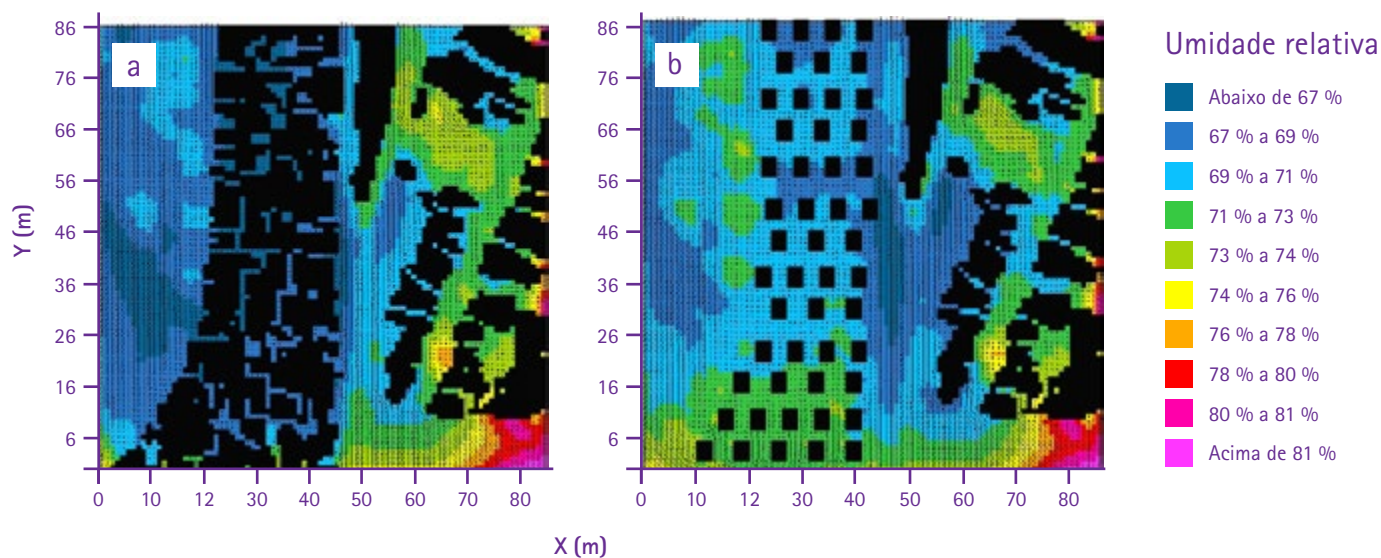
Verificou-se também que no modelo proposto houve uma maior umidade relativa (acréscimo de 5,19 % em U.R.), ver **Figura 3**, e um aumento na velocidade do vento, passando de uma média de 0,12 m/s para 0,25 m/s no interior da favela à altura de 0,80 m do solo, que é a altura em que se mede conforto devido à ventilação.

Figura 2 – Mapa de temperatura do solo e velocidade do vento na favela Vila Prudente às 8h00:
a) condição atual; e b) modelo proposto



Fonte: elaborado pelos autores

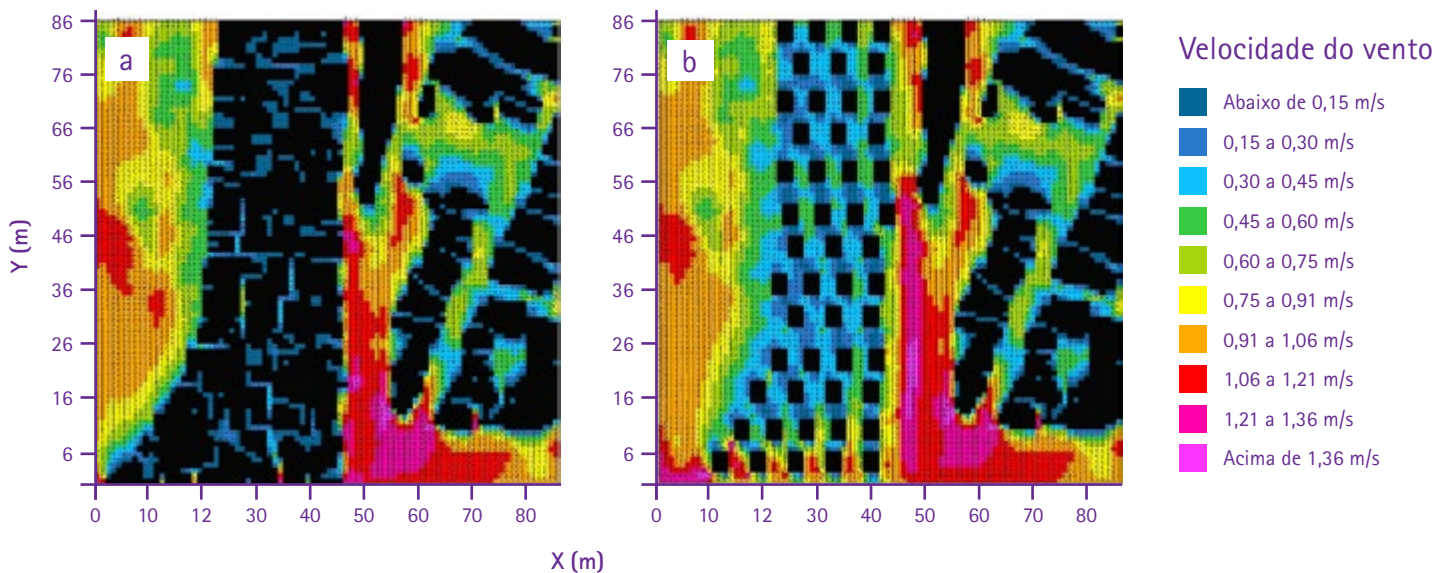
Figura 3 – Mapa de umidade relativa e velocidade do vento na favela Vila Prudente às 8h00:
a) condição atual; e b) modelo proposto



Fonte: elaborado pelos autores

No entanto, para as 15h00, a variação entre as simulações foi pouco divergente para as médias de umidade relativa e temperatura. Destaca-se, porém, para esse horário das 15h00, que no modelo proposto a velocidade do vento foi maior, pois havia maior espaço para a circulação do ar (**Figura 4**), ficando em um intervalo de 0,30 m/s a 0,61 m/s. Na situação atual da Favela, a velocidade do vento ficou em 0,15 m/s devido ao fato de apresentar poucas áreas abertas, construções com alturas variadas, o que prejudica a ventilação natural, além de, possivelmente, cooperar com o acúmulo de poluentes em suspensão, advindos das emissões veiculares da malha viária circunvizinha.

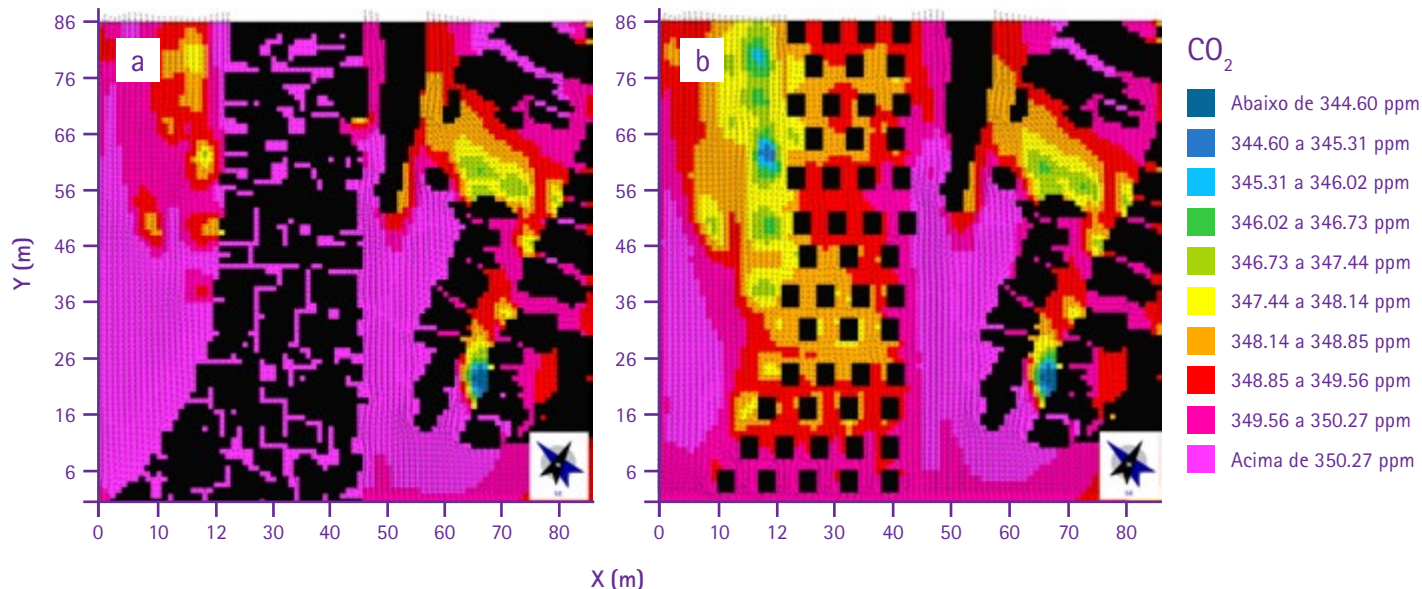
Figura 4 – Mapa de velocidade do vento na favela Vila Prudente às 15h00:
a) condição atual; e b) modelo proposto



Fonte: elaborado pelos autores

A análise de concentração de dióxido de carbono (CO₂) ocorreu no horário das 21h00 (**Figura 5**). Neste caso, as concentrações de CO₂ em ambas as simulações se encontraram dentro dos limites aceitos (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2004), sendo que no modelo proposto o nível foi menor devido à arborização que por meio da fotossíntese produziu e aumentou a liberação de oxigênio e consumiu o CO₂ e devido também a maior distância entre as edificações que facilita a dispersão do CO₂.

Figura 5 – Mapa de concentração de CO₂ e de velocidade do vento na favela Vila Prudente às 21h00:
a) condição atual; e b) modelo proposto



Fonte: elaborado pelos autores

4 Conclusões

Ao comparar o modelo atual da favela Vila Prudente, que teve crescimento e urbanização desordenados, com o modelo urbanístico proposto, levando em consideração um plano arbóreo e baixo impacto de vizinhança, obteve-se como resultado uma melhora no conforto ambiental, pois a velocidade do vento no nível do pedestre aumentou. Além disso, a presença de vegetação ao longo de toda a área favoreceu a redução da temperatura próxima ao nível do solo e produziu aumento da umidade relativa. Considerando-se que, em áreas tropicais, a temperatura é inversamente proporcional à umidade relativa, esses resultados confirmam que a arborização é uma boa medida para o combate às ilhas de calor.

Pensar em soluções que favoreçam a circulação do ar de forma eficiente no interior das habitações é algo simples, mas várias vezes essas soluções são ignoradas pelos projetistas. É necessário pensar no todo, na área interna e também externa à moradia e, também, nas formas de se otimizar o conforto térmico em relação ao habitante. Avaliando os desdobramentos decorrentes da disposição dos blocos de edifícios, orientados considerando-se o vento sudeste, preferencial da região, e também os efeitos da inclusão de áreas verdes, nota-se o impacto positivo que medidas pontuais poderiam ter na qualidade de vida de pessoas em regiões periféricas dos grandes centros urbanos. O estudo mostrou que a proposição contribuiu com a melhoria da ventilação natural, que auxilia no conforto térmico e dispersão de contaminantes, caracterizando maior conforto ambiental e aumento da salubridade na área estudada.

5 Referências

- ALMEIDA JÚNIOR, N. L. **Estudo de clima urbano**: uma proposta metodológica. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- BONDUKI, N. **Os pioneiros da habitação social** – v. 1: cem anos de construção de política pública no Brasil. São Paulo: Unesp / Sesc, 2014. 387 p.
- CASTELO BRANCO, L. M. B., **Microclimas urbanos no Plano Piloto de Brasília**: o caso da superquadra 108 sul. 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Caracterização das Estações da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP**: Estação Congonhas. São Paulo: Cetesb, 2004. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/qualidade-ar/wp-content/uploads/sites/37/2013/12/Rel_Congonhas.zip>. Acesso em: 07 abr. 2017.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. 8. ed. São Paulo: Editora Nobel, 2003.
- GASPARINI JÚNIOR, R. A. **Qualidade dos espaços públicos viários**: ergonomia em escala urbana. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2006.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Série Histórica - Dados Diários - Temperatura Máxima (°C) - São Paulo (Mirante de Santana). Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Brasília: INMET, 20 Jul. 2017.
- MARQUES E.; TORRES, H. G.; SARAIVA, C. Favelas no Município de São Paulo: Estimativas de População para os Anos de 1991, 1996 e 2000. **Revista Brasileira de Estudos e Regionais**, v. 5, n. 1., p. 15-30, maio 2003.
- NAKATA, C. M.; SOUZA, L. C. L.; FARIA, J. R. G. Simulação do conforto térmico do pedestre no ambiente urbano. **Ação Ergonômica - Revista da Associação Brasileira de Ergonomia**, v. 5, n. 2, p. 1-9, 2010.