



POROSIDADE E VENTILAÇÃO DAS QUADRAS: MODELAGEM DE CENÁRIOS COM USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.

LISANA KATIA SCHMITZ¹

Resumo: Os Eixos Estruturais de Curitiba-PR caracterizam-se por ocupação adensada e verticalizada que impacta o microclima e o conforto urbano nessas áreas. A tipologia edificada está diretamente relacionada com a porosidade da quadra, a qual interfere na temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa e, sobretudo na ventilação. Nesse sentido, o objetivo principal do estudo é a estimação da influência de diferentes arranjos de ocupação de quadras urbanas e seus reflexos sobre a ventilação local. A investigação se dá pela modelagem de diferentes cenários de ocupação das quadras da área de estudos, situadas no Bairro Batel, e os resultados obtidos por meio de simulação computacional utilizando o software ENVI-met.

Palavras chave: Porosidade, Ventilação, Modelagem de cenários, ENVI-met.

Abstract: The Structural Axes of Curitiba-PR are characterized by dense occupancy and verticality that impact the microclimate and the urban comfort in those areas. The built typology is directly related with the porosity of the block, which interferes in the temperature of the air, mean radiant temperature, relative humidity and, above all in the ventilation. In that sense, the main objective of the study is the estimate of the influence of different arrangements of occupation of urban blocks and their reflexes on to local ventilation. The investigation feels through the modeling of different sceneries of occupancy of the blocks in the studies area, located in the Batel's neighborhood, and the results obtained through computational simulation using the software ENVI-met.

Key words: Porosity, Ventilation, Modeling of sceneries, ENVI-met.

1 – Introdução

A cidade de Curitiba experimenta um processo de crescimento que impulsiona à verticalização e à consolidação da ocupação nas áreas próximas aos eixos de transporte coletivo. Nesses, o coeficiente de aproveitamento de 4 a 5 vezes a área do lote, aliado a uma taxa de impermeabilização do solo de 75%, e afastamentos entre torres na proporção de um sexto da sua altura, conduzem ao adensamento, à verticalização e alto grau de impermeabilização do solo. Constituindo-se numa área altamente desenvolvida, com média densidade, edificações enfileiradas ou isoladas, mas próximas composta por conjuntos residenciais, lojas e apartamentos. A qual, segundo a classificação da zona climática urbana proposta por Oke (2006, p.11), enquadra-se no grupo 3: classe de rugosidade 7, relação h/w (altura da estrutura urbana [h], pelo distanciamento horizontal [w]) entre 0,5 e 1,5 e percentual construído impermeável entre 70 e 85%.

¹ Doutoranda do Programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná.
Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo – UFPR. ikschmitz@ufpr.br.



Essa tipologia edificada, predominantemente ortogonal às vias e reduzido espaçamento entre torres, conforma maciços edificadas nas quadras, e cânions nas vias, interferindo na ventilação, formando barreiras e canalizações dos ventos e, em ocasiões de estagnação, propiciando o confinamento de poluentes lançados pelo intenso trânsito de veículos automotores (DANNI-OLIVEIRA, 2000, p.105). Nesse sentido, buscando arranjos mais favoráveis de ocupação das quadras, situa-se o objetivo principal do estudo: a estimativa da influência de diferentes arranjos de ocupação de quadras urbanas e seus reflexos sobre a ventilação local.

Neste trabalho é tratada a relação entre porosidade da ocupação urbana, ventilação e conforto térmico urbano; a simulação computacional do microclima urbano por meio do software ENVI-met versão 3.1 e a modelagem de cenários que permitam investigar essas interações. Analisa-se então, num dado recorte espacial, o impacto de diferentes modelos de porosidade da quadra sobre o clima intraurbano. A partir da simulação dos cenários seus reflexos sobre o clima e o conforto térmico urbano são quantificados e mensurados.

1.1 – A porosidade e a ventilação urbana

As variáveis climáticas se apresentam de forma diversificada dentro da malha urbana, variando de acordo com a espacialização do uso e ocupação do solo, o qual, por sua vez está diretamente ligado tanto à forma urbana como um todo, quanto aos arranjos morfológicos. Dessa maneira, a forma urbana pode alterar o perfil urbano microclimático, condicionando o clima urbano através das relações estabelecidas entre o ambiente construído, a rugosidade da superfície, a geometria urbana e propriedades dos materiais de superfície (BARBIRATO, 2005; SHASUA-BAR e HOFFMAN, 2000).

A porosidade pode ser entendida como a permeabilidade do tecido urbano aos ventos, sendo conformada em função das distâncias entre as edificações e da largura das vias. Ela é expressa por meio da relação entre espaços abertos e espaços confinados, ou seja, corresponde tanto ao espaçamento entre os edifícios como aos diferentes arranjos morfológicos e à diversidade de alturas relativas entre edifícios e demais superfícies urbanas. É fortemente condicionada pela estrutura de parcelamento de quadras e lotes, pelo grau de ocupação desses e pela existência de vazios não edificadas.

A porosidade na malha urbana pode modificar substancialmente o comportamento dos ventos dentro da cidade, uma vez que sua direção e velocidade são controladas pela forma e disposição dos edifícios e o afastamento entre eles, pelo aumento do gabarito das edificações, pelo padrão de arruamento e espaços abertos, além das condições topográficas do sítio urbano. (OLIVEIRA, 1988). Marques e Araújo (2009) analisaram o impacto de diferentes ocupações do solo na ventilação natural na orla da cidade de Natal/RN e



concluíram que ao diminuir a porosidade, isto é, reduzir os recuos entre edificações e aumentar a altura das mesmas, a velocidade do vento é reduzida.

Conforme ressalta Higuera (1998, p.20) a velocidade do vento no ambiente urbano sofre influência significativa de diversos fatores geográficos dentre os quais, da massa edificada e por esse motivo será muito particularizada. E, segundo Oke (1978), dentro da camada urbana essa é normalmente menor que na área rural, mas adverte que em duas situações esta premissa não é verdadeira: (1) quando a ventilação é canalizada ao longo de vias orientadas na direção do fluxo de ar e (2) quando os ventos regionais são muito leves ou há calmaria.

A elevação da altura dos edifícios, associada à redução na taxa de ocupação do solo, permite uma melhor distribuição no fluxo de ar nos ambientes, tanto externamente quanto internamente. (BITTENCOURT et al,1997). Oliveira (1988) acrescenta ainda que, quanto maior for o contraste de alturas da estrutura urbana, tanto maior será a velocidade dos ventos na parte da massa edificada próxima aos volumes mais altos (quando combinada à porosidade) e maiores serão as trocas térmicas com o ambiente atmosférico, ocasionando menores ganhos térmicos e, conseqüentemente, menores temperaturas do ar.

Portanto, analisando a porosidade segundo os padrões de implantação dos edifícios mais utilizados nas cidades, Olgyay (1998) verificou que o arranjo escalonado (na forma de tabuleiro de xadrez) apresenta um melhor aproveitamento do vento em relação à malha ortogonal normal, pois é aquele que melhor reduz o efeito da sombra de vento². Por outro lado, o arranjo caracterizado pela ocupação inclinada a 45 graus mostra-se, na maioria das vezes, o mais desfavorável em relação aos ventos predominantes.

2.3 – Simulação computacional de investigação do microclima urbano

O ENVI-met permite a simulação, em regime transiente, do desempenho de áreas urbanas, trabalhado com dois sistemas – superfície terrestre e atmosfera – numa altitude máxima de 2500 metros. Seu funcionamento é baseado em uma estruturação de quatro campos ou módulos que trabalham de modo interativo: (a) atmosférico (campo de velocidades, temperatura, vapor, umidade e poluentes); (b) solo (temperatura e umidade no solo, copos d'água); (c) superfície (fluxos nas superfícies horizontais e verticais, pavimentos, telhados e paredes dos edifícios); e, (d) Vegetação (temperatura da folhagem, trocas de calor sensível e latente ao nível das copas). (BRUSE, 1998; 2010; SPANGENBERG, 2004).

Para executar uma simulação o ENVI-met necessita dois passos básicos: (1) edição da planta baixa da área urbana, projetada em três dimensões onde são colocados edifícios, árvores, vegetação e diferentes superfícies, gerando um arquivo de área de entrada (*Area Input File*, *.IN) através da interface de modelagem, a extensão *ENVI-met Eddi*; (2)

² Sombra de vento: fenômeno caracterizado pela separação do fluxo de ar ocasionando a formação de zonas turbulentas de recirculação de ar e vórtices (TORRES, 2006).



configuração das informações para as condições iniciais da simulação, tais como a temperatura, a velocidade do vento, umidade além das bases de dados com os tipos de solo e de vegetação, digitadas no editor de configuração (*ENVI-met Configuration Editor*), gerando um arquivo de configuração (de extensão *.CF). Uma vez configurados os arquivos de área de entrada e de configuração (*.CF) os mesmos são carregados pela a ferramenta *ENVI-met V3.1 Default Config* a partir da qual é iniciada a simulação.

2 – Discussão

É na microescala, tipicamente relacionada a dimensões de edifícios individuais, árvores, estradas, quintais, parques, etc., com extensões variando de um metro a centenas de metros (OKE, 2006) que se desenvolve a investigação, a construção de modelos e cenários futuros e quantificação dos resultados obtidos.

2.1 – Recorte espacial e temporal de investigação

O estudo desenvolve-se na cidade de Curitiba-PR, em área localizada no bairro Batel, nas proximidades do Eixo Estrutural Sul, na Zona de Uso e Ocupação do Solo denominada Setor Especial Estrutural, cujos parâmetros de uso e ocupação garantem verticalização e adensamento característicos (figura 01).

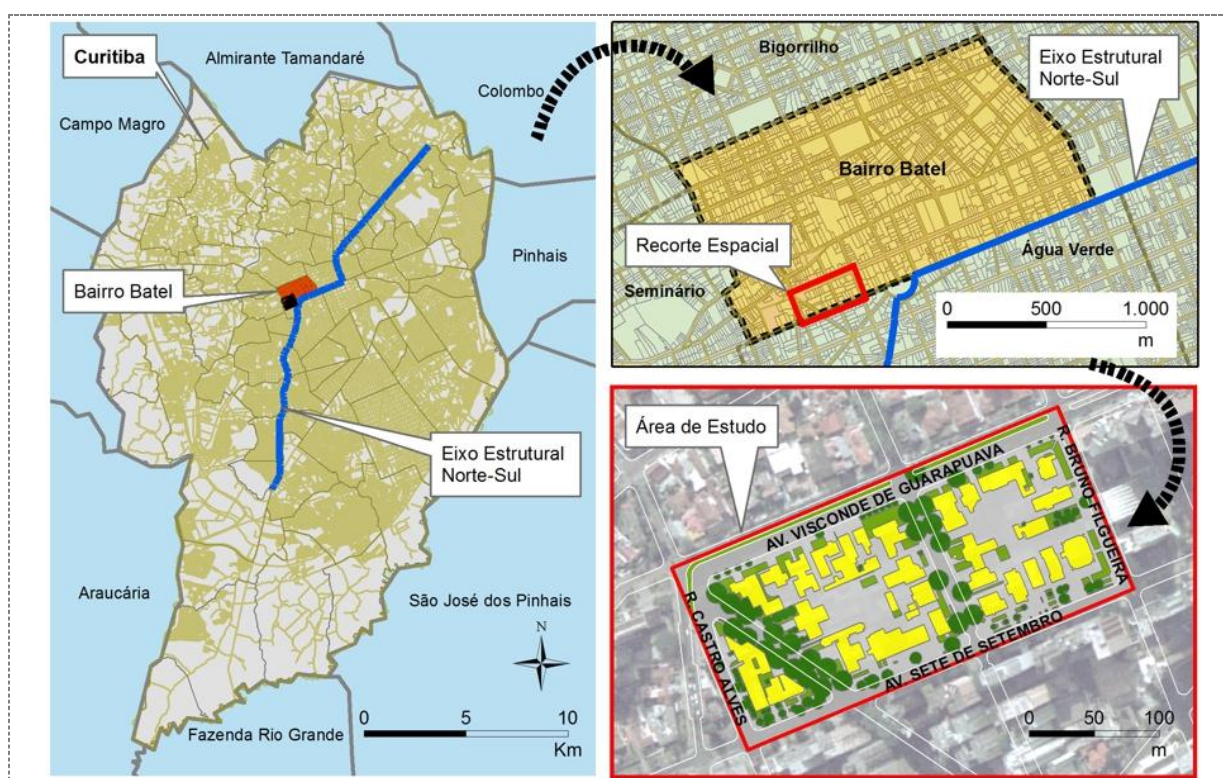


Figura 01: Recorte espacial da pesquisa em Curitiba-PR, Bairro do Batel.

Fonte dos dados: IPPUC (2012).

Organização: O Autor (2014).



O recorte temporal abarca cenários do presente, referente aos monitoramentos de verão (fevereiro) e inverno (agosto) realizados no ano de 2011, assim como cenário futuro de evolução da ocupação e da temperatura média para o ano de 2061.

O clima pertence ao grupo C – “Mesotérmicos Controlados por Massas de Ar Tropicais e Polares, denominado CW – Tropical de Altitude com Inverno Seco e Chuvas de Verão, sendo do tipo Cfb com verão fresco” (MONTEIRO, 1968; *apud* MENDONÇA 2001, p.129). Apresenta médias térmicas de 12,9°C no mês mais frio e 22,5°C no mês mais quente. Trata-se de um tipo climático com verões frescos, sem estação seca e com ocorrência frequente de geadas severas no inverno, quando as precipitações médias anuais atingem 160 mm. (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 181). Os ventos dominantes no verão orientam-se pelo quadrante Sudeste-Leste-Nordeste (GOULART *et al.*, 1998), no inverno direcionam-se pelo quadrante Nordeste-Norte-Noroeste e nesse caso deve-se evitar a orientação das ruas no sentido Nordeste, pois na ocorrência de construções uniformes e alinhadas, geram o efeito de canalização do vento, aumentando sua velocidade e não penetrando nas edificações, apenas causando desconforto. (DANNI-OLIVEIRA, 2000).

2.2 – A metodologia de pesquisa

A metodologia baseia-se no Sistema Ambiental Urbano (S.A.U.), um sistema complexo e aberto, subdividido em três subsistemas: natural, construído e social (MENDONÇA, 2004). Os subsistemas Natural e Construído formam o input (entrada), o subsistema Social corresponde aos atributos, os três, por sua vez, podem ser subdivididos numa considerável quantidade de subsistemas ou instâncias daqueles. Da interação de subsistemas e subsistemas surgem os problemas ou output e sua solução consiste na aplicação do sistema. Portanto, o SAU possibilita tanto a investigação dos cenários climáticos, quanto da otimização do microclima e do conforto térmico urbano.

O roteiro metodológico da pesquisa contemplou as etapas: a) caracterização da ocupação urbana na área de estudo; b) monitoramento de variáveis em campo; c) simulação climática e determinação do grau de incerteza implícito; d) simulação de cenários futuros de ocupação urbana; e) estabelecimento do grau de conforto térmico nos vários cenários.

2.3 – Monitoramento das variáveis climáticas em Campo

O monitoramento de variáveis climáticas envolveu 6 pontos de coleta na quadra (nas quatro fâcies e em dois de seus cruzamentos), escolhida com base no zoneamento em que se insere, no grau de consolidação da tipologia existente e na compatibilidade com a tipologia predominante ao longo do Eixo Estrutural Sul. O monitoramento foi feito em dois períodos: de 22 a 25/02/2011 (verão) e 10 a 12/08/2011 (inverno), em três horários: 07h00-08h00, 15h00-16h00 e 19h00-20h00, em intervalos de 20 minutos.



Utilizaram-se abrigos meteorológicos em madeira, nos quais foram instalados equipamentos armazenadores de dados (*data loggers*) do tipo HOBO para coletar dados de temperatura do ar, bem como os sensores dos termohigrometros digitais, ambos fixados à altura de 150 centímetros. Nos abrigos, com pés em cruz, foi fixada fita para leitura da direção do vento. Utilizaram-se anemômetros digitais para a verificação da velocidade do vento e termômetros infravermelhos a laser para a leitura das temperaturas de superfície.

2.4 – A construção de cenários e modelos de estudo do clima urbano

No estudo em foco foram modelados os edifícios, a vegetação, e as superfícies. Para tal, na interface de edição do ENVI-met (*ENVI-met Eddi*) foram utilizados domínio (162x62x26 unidades) e resolução espacial (2,5x2,5x3,0 metros) compatíveis com a melhor reprodução das dimensões dos edifícios, recuos do alinhamento predial, afastamentos das divisas, largura de vias, altura das edificações e parâmetros de uso e ocupação dos lotes.

Fez-se a comparação dos resultados simulados pelo ENVI-met com os dados monitorados em campo em 2011 (figura 02a) e foi calculado o coeficiente de determinação (R^2). Considerando 48 valores, obteve-se R^2 de 0,91 para o inverno (11/08/2011) e 0,50 para o verão (22/02/2011), ou seja, incerteza de 9% para o inverno e de 50% para o verão.

Quanto à ocupação, no período de aproximadamente quatro décadas de vigência da Lei de Uso e Ocupação do Solo do Setor Estrutural 67% dos lotes foram consolidados, então, depreende-se que nos próximos 50 anos os terrenos com edifícios de até dois pavimentos (12 lotes do recorte estudado) receberão torres habitacionais ou de uso misto.

Quanto à temperatura média, o relatório *5th Assessment Report - AR5* (IPCC, 2013, AI-37) preconiza a elevação de 1,0 a 2,0°C na temperatura para o período 2046-2065 com base no período 1986-2005, aplicado ao sul do Brasil. Esse significará acréscimo aproximado de 1,67°C para o ano de 2061 em relação aos valores de 2011 no percentil de 75%, ou seja, na previsão mais pessimista, a qual foi utilizada para simular o cenário para 2061. A figura 02b mostra o modelo para 2061 simulado pelo do ENVI-met.

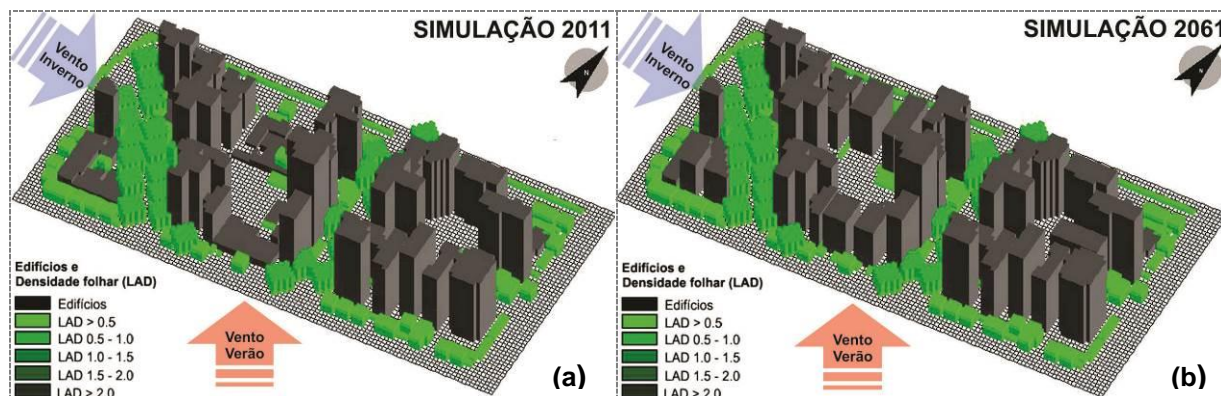


Figura 02: Simulação do cenário de 2011 (a) e do cenário de 2061 (b). Software Leonardo.



3 – Resultados

Na investigação do comportamento do vento e do conforto térmico foram analisadas a velocidade do vento (V_a), umidade relativa do ar (UR), temperatura do ar (T_a), temperatura radiante média (T_{rm}) e temperatura equivalente UTCI. Essas processadas através de modelos 3D, matrizes de espacialização, além de tabelas de síntese. Em face do maior desconforto, os resultados apresentados atêm-se ao verão (simulação 22/02/2011).

3.1 – Simulação de ocupação das quadras e estudo da velocidade do vento.

Foram elaborados quatro modelos com diferentes tipologias de ocupação, nos quais foi mantido o número de células ocupadas pelos edifícios. A altura foi padronizada em 39 metros ou 13 pavimentos para garantir a mesma massa construída (área e volume) em todas as simulações. Os resultados foram, então, comparados aos cenários de 2011 e 2061:

- Simulação ortogonal: edifícios organizados segundo a ocupação atual (figura 03a);
- Simulação em xadrez: edifícios organizados de modo ortogonal, mas com afastamentos alternados em relação ao alinhamento predial (figura 03b);
- Simulação em 45 graus: edifícios orientados a 45 graus nas quadras (figura 04a);
- Simulação periférica: edifícios laminares conformando a quadra e deixando um miolo livre, numa ocupação típica de cidades europeias (figura 04b).

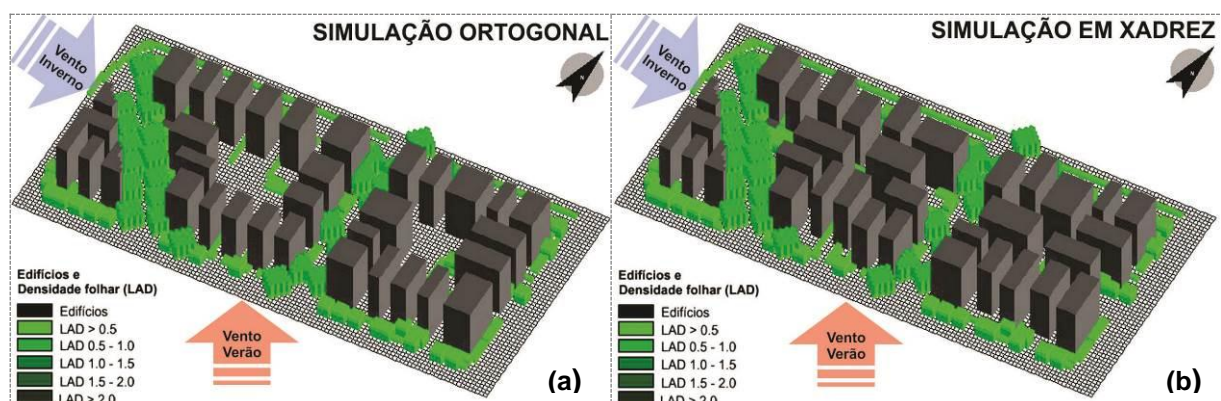


Figura 03: Simulação ortogonal (a) e Simulação em xadrez (b). Software Leonardo.

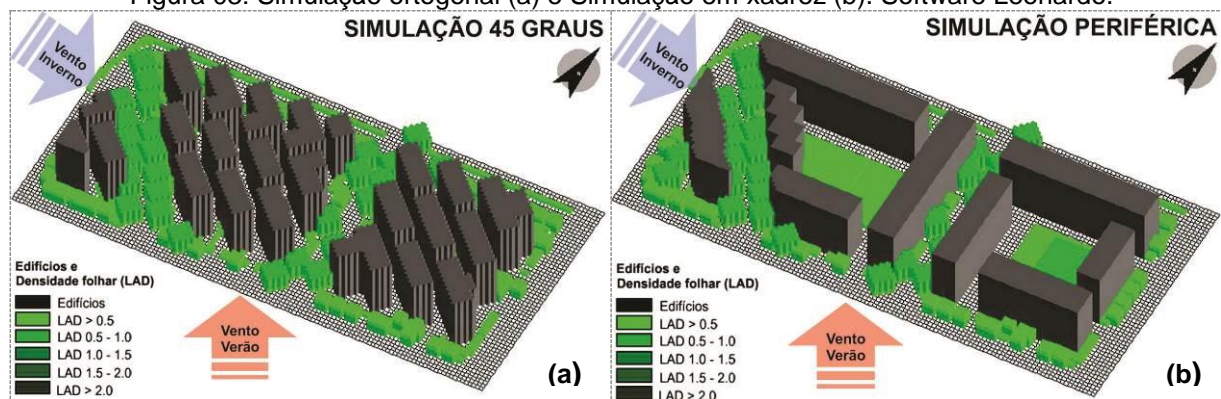


Figura 04: Simulação em 45 graus (a) e Simulação periférica (b). Software Leonardo.



Os resultados foram analisados por meio de tabelas geradas pelo ENVI-met e pela espacialização dos dados com o Software Leonardo. A figura 05 mostra a velocidade do vento em 2011, apresentando as menores velocidades na periferia edificada e miolo de quadra. As maiores velocidades (1,7 a 3,07 m/s), aparecem nas ruas e calçadas em tons de amarelo e vermelho. A figura 06 apresenta a distribuição do vento em 2061 e percebe-se, tanto uma discreta elevação na velocidade mínima (de 0,34 m/s em 2011 para 0,35 m/s em 2061), assim como a persistência nas baixas velocidades entre edifícios e miolo de quadra.

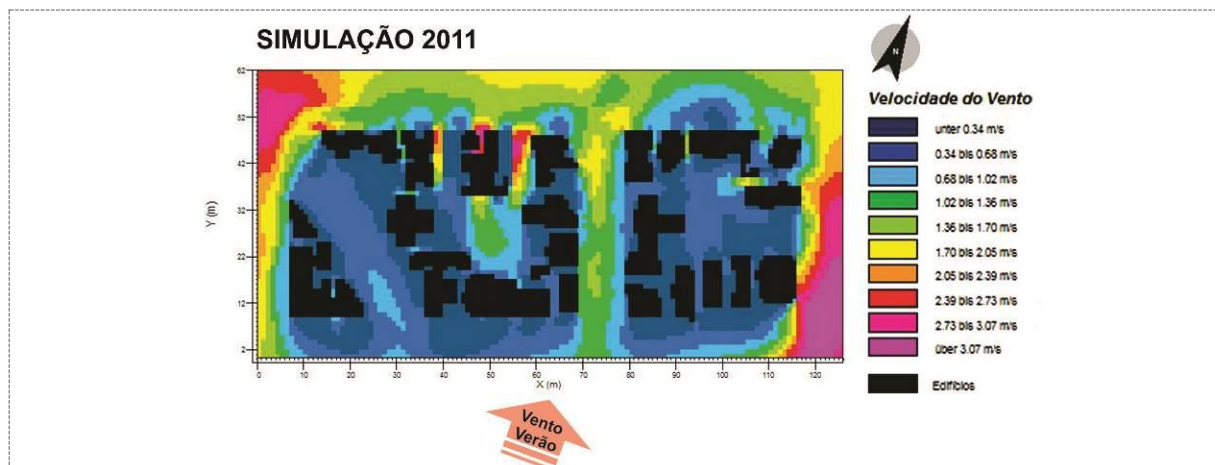


Figura 05: Velocidade do vento nas quadras estudadas, simulação 2011. Software Leonardo.

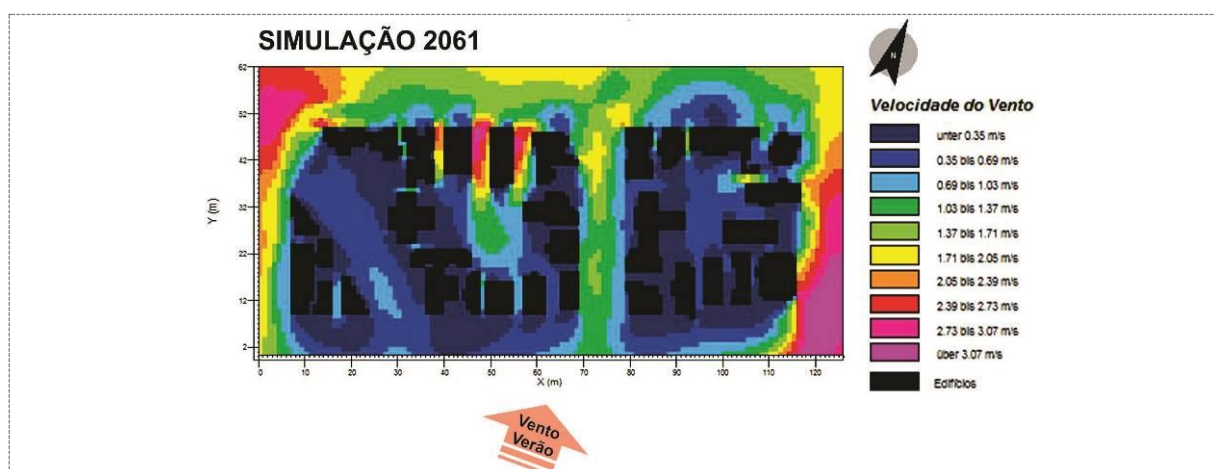


Figura 06: Velocidade do vento nas quadras estudadas, simulação 2061. Software Leonardo.

Na figura 07, simulação ortogonal, verifica-se a redução na velocidade mínima do vento (de 0,34 m/s em 2011 para 0,31 m/s) e também na velocidade máxima (de 3,07 m/s em 2011 e 2061 para 2,67 m/s) em função do maior espaçamento entre os edifícios que nessa simulação é de 5 metros (na simulação de 2011 varia de 2,5 a 5,0 m), além da altura média ser de 39 metros e não mais variando de 3 a 72 metros como em 2011 2061.

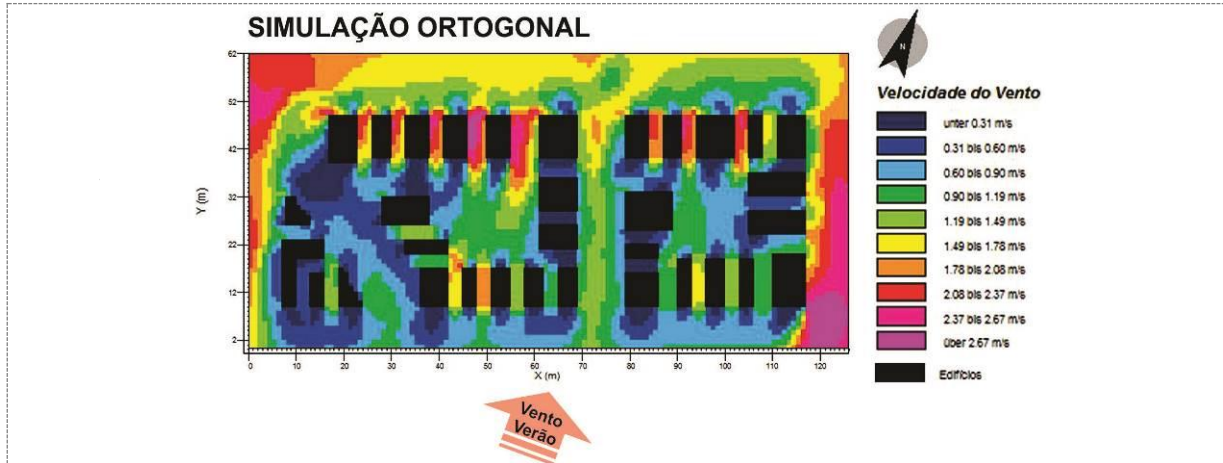


Figura 07: Velocidade do vento na simulação ortogonal. Software Leonardo.

Na figura 08, simulação em xadrez, nota-se tanto a elevação da velocidade do vento, mínima e máxima (para 0,32 m/s e 2,79 m/s, respectivamente), como a menor porosidade da quadra. Essa possui menor penetração entre os edifícios e o miolo da quadra, embora altura como o espaçamento das edificações sejam os mesmos da simulação ortogonal. Na figura 09, simulação em 45 graus, percebe-se que o arranjo em diagonal dificulta a penetração da ventilação por entre os edifícios e constata-se elevação na velocidade. Na figura 10, simulação periférica, observa-se novamente a elevação das velocidades mínima e máxima do vento (para 0,39 m/s e 3,08 m/s respectivamente).

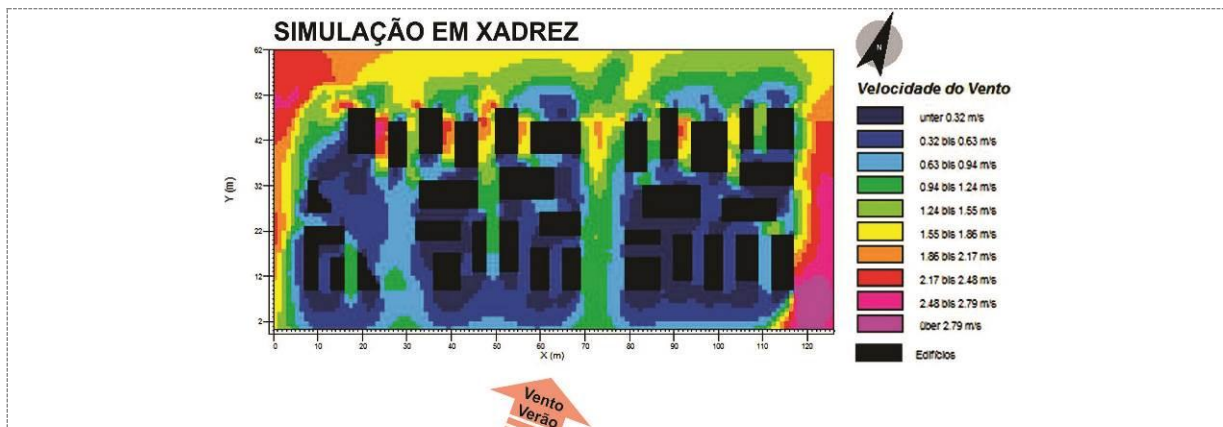


Figura 08: Velocidade do vento na simulação em xadrez. Software Leonardo.

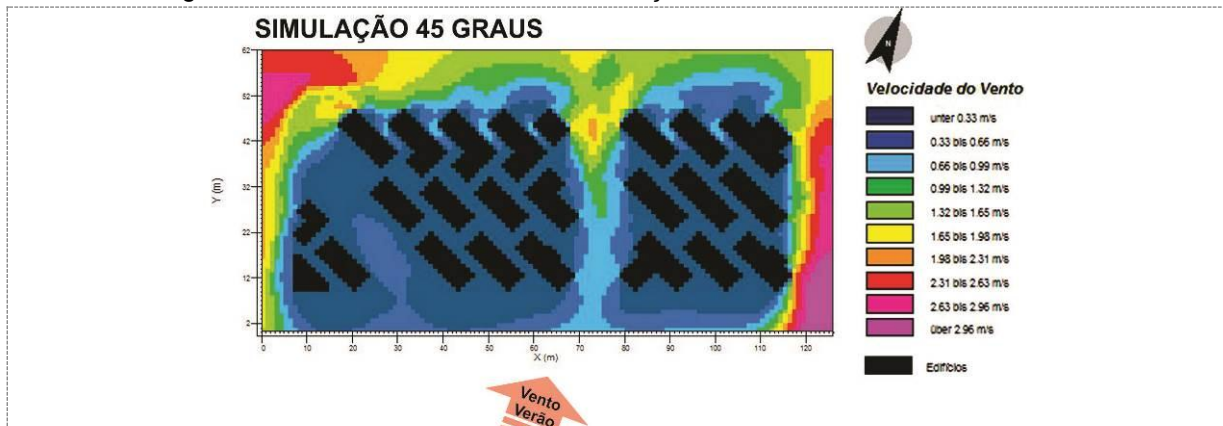




Figura 09: Velocidade do vento na simulação em xadrez. Software Leonardo.

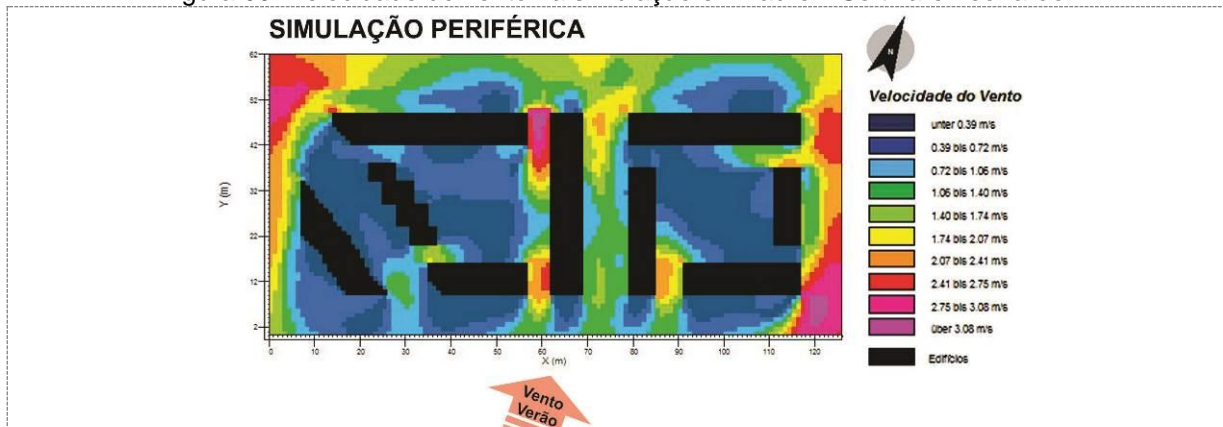


Figura 10: Velocidade do vento na simulação periférica. Software Leonardo.

Verifica-se de modo evidente o papel desempenhado pelos longos edifícios como barreiras à ventilação. E embora haja passagem do vento pelas aberturas entre edifícios, esse não é suficiente para dinamizar a ventilação no miolo de quadra.

3.2 – Análise das médias de Ta, Trm, Va e Ur resultantes das simulações.

A simulação ortogonal apresentou a melhor ventilação: circulação e velocidade mais equilibrada entre os edifícios, no miolo da quadra e ruas. O bom resultado na Va não retorna, todavia, ganho significativo para o conforto térmico, pois os resultados de outras variáveis apresentam algumas perdas (figura 11): acréscimo de 0,04°C na Ta e de 0,06°C na Trm. E ganhos (figura 11): na Va houve acréscimo de 0,41 m/s comparados ao inverno de 2061 e de 0,16 m/s em relação ao verão de 2061. A UR apresentou pouca variação, de 0,05 a 0,23%, portanto, a Va contribuirá mais diretamente para o conforto térmico urbano.

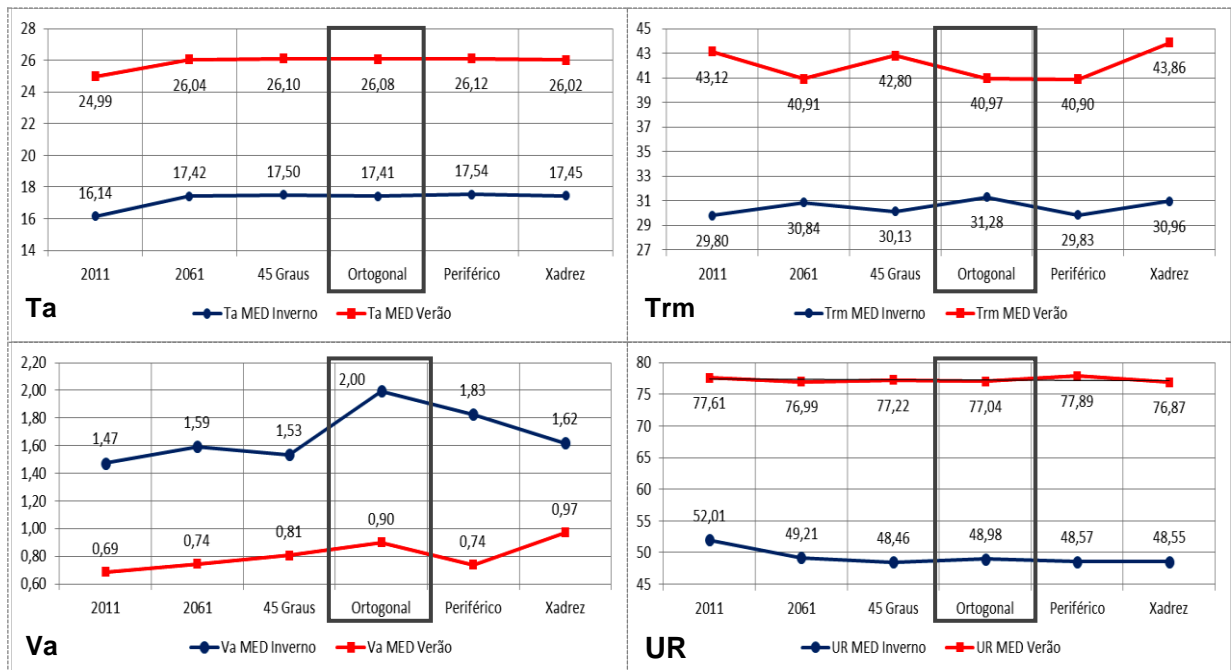


Figura 11: Valores médios (inverno e verão) resultantes de Ta, Trm, Va e UR.



3.3 – Análise do conforto térmico resultantes das simulações.

O Índice Universal de Conforto Térmico (UTCI) elaborado pela Sociedade Internacional de Biometeorologia, baseia-se no modelo termorregulatório multimodal implementado por Fiala, Lomas e Stohrer (1999, 2001, 2003, 2007) e Fiala *et al.* (2011). Segue o conceito da temperatura equivalente e apresenta para o ambiente de referência as seguintes definições: 50% de UR (pressão de vapor não excedendo 20hPa³); Ta igual a Trm; e, Va de 0,5 m/s, medida a 10m de altura. (ROSSI, 2012, p.43).

Através da temperatura equivalente UTCI percebe-se que, na situação de inverno, a diferença entre os vários modelos é bastante sutil. Na figura 12 são apresentados os valores mínimos UTCI, os quais mostram pouca variação, registrando uma redução de até 0,64°C em relação ao prognóstico para o ano de 2061. Nesse caso, no horário entre 07h00 e 19h00, não foi registrado nenhum valor que signifique desconforto por frio (abaixo de 15°C).

Na situação de verão os resultados apresentados ressaltam um pequeno ganho em termos de conforto térmico para o modelo ortogonal, no qual se verifica redução de 0,1°C em relação ao valor para o cenário futuro de 2061 (reduzindo-se de 36,5°C para 36,4°C) e de exatos 1,1°C em relação ao conforto do cenário de 2011 (reduzindo-se de 37,5°C para 36,4°C).

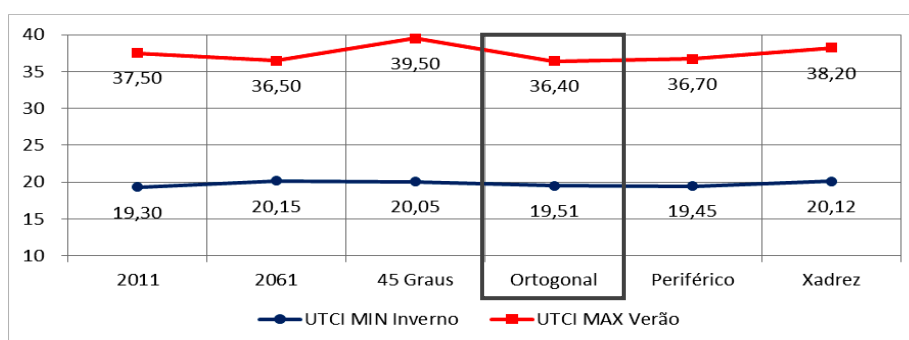


Figura 12: Valores mínimos (inverno) e máximos (verão) da temperatura equivalente UTCI.

4 – Conclusões

A simulação de diferentes cenários de ocupação das quadras estudadas permitiu verificar de modo evidente a influência da tipologia de ocupação da quadra sobre as variáveis climáticas e mais especificamente da ventilação. Se por um lado a redução na altura e a ampliação no afastamento entre os edifícios proporcionados pelos modelos ortogonal, xadrez e periférico melhoram a circulação geral da ventilação, por outro lado expõem mais as superfícies e aumentam a Trm, a qual tem papel determinante para o grau de conforto térmico. Estudos futuros incluirão estratégias de sombreamento e uso de materiais de alto albedo.

O software Leonardo permitiu a apresentação dos modelos em vista 3D, além da espacialização do fenômeno sobre a área estudada, elementos que contribuem para a compreensão dos resultados. O ENVI-met mostrou-se limitado para simulações com grande

³ hPa: unidade de medida relativa à pressão atmosférica.



amplitude térmica em períodos curtos ou mudanças bruscas, como no verão. A necessidade de ajustar o modelo repetidamente para obter melhores resultados, torna o processo de simulação muito complicado e moroso. As simulações de inverno, mais estáveis ao longo do período, retornaram valores de T_a mais acurados, mas ainda muito insatisfatórios para a V_a ou UR.

5 - Referências Bibliográficas

BARBIRATO, G. M.; TORRES, S. T.; **Condição microclimática de espaços públicos Urbanos em uma cidade tropical**. Lisboa, 2005.

BITTENCOURT, L. S. et al. A influência da relação da taxa de ocupação x nº de pavimentos no potencial de ventilação natural dos ambientes internos e externos. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 4, **Anais**. Salvador: ANTAC, 1997. p. 102-106.

BRUSE, M.; FLEER, H. **Simulating surface – plant - air interactions inside urban environments with three dimensional numerical model**. Environmental Modelling and Software, v.13, 1998, p. 373–384.

DANNI-OLIVEIRA, I.M. **A cidade de Curitiba e a poluição do ar: implicações de seus atributos urbanos e geocológicos na dispersão de poluentes em período de inverno**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Florianópolis: PROCEL/Núcleo de Pesquisa em Construção; UFSC, 1998.

HIGUERAS, E. **Urbanismo bioclimático - critérios medioambientales en la ordenación de asentamientos**. Cuadernos de investigación urbanística, 1998.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. 5th Assessment Report (AR5). Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections - Final Draft Underlying Scientific-Technical Assessment, 2013.

IPPUC. **Curitiba Digital 2012**. Curitiba: IPPUC, 2012. CD-ROM.

MARQUES, R. S.; ARAÚJO, V. M. D. A influência das prescrições urbanísticas na ventilação urbana: o caso da orla da praia do meio em Natal/RN. In: X Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 10, 2009, Natal, RN. **Anais...** Natal, RN: ENTAC, 2009.

MENDONÇA, F. **Clima e criminalidade: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência da criminalidade urbana**. Curitiba: Editora UFPR, 2001.

MENDONÇA, F. **Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC de Curitiba**. Desenvolvimento e meio ambiente, n.10, p.139-148, jul/dez, 2004, Editora UFPR.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.



OKE, Timothy R. **Boundary layer climates**. London: Mathuen & Co., 1978.

OKE, T.R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. World Meteorological Organizations: Report N.81, Instruments and observing methods. 2006. Disponível em: <https://www.wmo.int/pages/prog/...81/IOM-81-UrbanMetObs.pdf>. Acesso em: 19/02/2014.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima**: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

OLIVEIRA, P. M. P. **Cidade apropriada ao clima: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade de Brasília. Brasília, 1988.

ROSSI, F.A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba**. 2012. 188f. Tese Doutorado em Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E. *Quantitative evaluation of passive cooling of the UCL microclimate in hot regions in summer, case study: urban streets and courtyards with trees*. **Building and Environment**, Oxford, vol. 39, p. 1087-1099, 2004.

SPANGENBERG, J. **Improvement of Urban Climate in Tropical Metropolis – A case study in Maracanã/ Rio de Janeiro**. Thesis (Master in architecture), University of Applied Sciences, Cologne, Germany, 2004. Disponível em: <<http://www.basis-id.de/science>>. Acesso em: 03/03/2013.

Agradecimentos

Ao CNPq e a Capes, pelo apoio financeiro sob a forma de Projeto Universal, concessão de bolsas de mestrado, doutorado e de doutorado-sanduiche.