



**XII ENCAC** Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído  
**VIII ELACAC** Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído

BRASÍLIA | 25 a 27 de setembro de 2013

## **CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO URBANO EM ESPAÇOS EXTERNOS: PREVISÕES E POTENCIAL DE INSERÇÃO NAS DECISÕES DE PLANEJAMENTO.**

**Maiara S. Cruz (1); Gianna M. Barbirato (2)**

(1) Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, Grupo de Estudos da Atmosfera Climática Urbana – GATU, maiaracruz38@gmail.com

(2) Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, gmb@ctec.ufal.br

Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Grupo de Estudos da Atmosfera Climática Urbana – GATU, Campus A. C. Simões, Cidade Universitária, Maceió - AL, Tel.: (82) 3214 1268

### **RESUMO**

A presente pesquisa objetivou enfatizar, a partir do estudo das consequências microclimáticas de adensamento construtivo urbano e previsão de diferentes comportamentos e sensações térmicas do usuário diante desses ambientes, a inserção e o potencial desse tipo de informação na tomada de decisões no planejamento. Assim, foi analisada uma fração urbana em um bairro litorâneo na cidade de Maceió-AL, seu ambiente térmico urbano e as condições de conforto resultantes. Foi realizada simulação computacional com o programa ENVI-Met das condições climáticas urbanas, em escala microclimática, na área de amostragem selecionada. Os resultados obtidos foram aferidos com registros de dados climáticos tomados em pontos de referência na área de amostragem. Após a aferição e a validação dos resultados obtidos foram efetuadas, ainda, simulações de diferentes cenários para a mesma área amostrada com variação de parâmetros urbanos, de modo a verificar o potencial de predição do programa utilizado frente à expansão urbana na fração estudada. Para a análise do conforto térmico do pedestre, foram realizadas simulações com o Programa Botworld gerando pedestres virtuais e suas sensações térmicas em diferentes localizações. Os resultados obtidos evidenciaram a importância de se considerar o enfoque climático no planejamento urbano.

Palavras-chave: simulação computacional, microclima urbano, conforto térmico do pedestre.

### **ABSTRACT**

The present research aimed to emphasize, from the study of the climatic consequences of urban growth and predicting different human behavior on these environments, the potential of this kind of information in decision-making in the urban planning. So, an urban precinct in the city of Maceió - AL was considered, and the resultant urban thermal environment and human thermal comfort conditions. Computer simulation with the ENVI -Met software for determining urban climatic conditions, at microclimatic scale was carried out, on the selected area. The results with microclimatic measurements taken into several points in the area were compared. After validation of real and simulated results, computer simulations of different scenarios for the same area were made, varying urban parameters, to verify the potential of the computational tool for urban thermal environmental prediction. The Botworld software was applied for analysis of virtual pedestrian behavior and thermal sensation in different locations. The results obtained showed the importance of the climate approach on urban planning.

Keywords: computer simulation, urban microclimate, pedestrian thermal comfort.

### **1. INTRODUÇÃO**

A cidade deve ser vista como um produto da ação humana para beneficiar o homem em suas múltiplas atividades. Partindo desse princípio, o espaço urbano é um objeto de estudo importante para a análise das influências produzidas e recebidas nas trocas entre o homem e a cidade.

Uma das características dos espaços urbanos externos que mais influencia o comportamento humano é seu microclima, resultante, em boa parte, de sua conformação espacial. As características climáticas peculiares das cidades geram condições térmicas que determinam o ambiente térmico ao qual o ser humano está submetido (OKE, 1996).

O estudo do clima urbano, bem como dos seus microclimas é, segundo Katzschner (1997), um instrumento importante para o planejamento das cidades, pois considera a circulação do ar e as condições térmicas como aspectos relevantes para a preservação e/ou projeto do chamado “clima urbano ideal” durante o processo de crescimento das cidades.

A forma urbana é capaz de determinar a vida humana em comunidade. Oliveira (1985) a apresenta como produto das relações estabelecidas pelo homem, e como um dos instrumentos de controle climático para obter condições de conforto e salubridade do espaço citadino. As respostas do ser humano ao microclima podem ser inconscientes, mas conduz frequentemente a um uso diferente do espaço externo em circunstâncias climáticas diferentes (NIKOLOPOULOU, 2001).

Na busca por condições de conforto maiores na cidade, favoráveis ao usuário, há fatores que influenciam a formação do microclima urbano, como a orientação ao sol e ventos, densidade construída, características termodinâmicas das superfícies do entorno, entre outros. Entender o impacto que cada um deles, sozinhos ou combinados entre si exercem na temperatura da cidade é útil para analisar que aspectos do desenho urbano podem ser tratados, para desenvolver projetos urbanísticos que priorizem a qualidade térmica do ambiente e o conforto do pedestre deste.

É inegável a importância do auxílio do enfoque climático no processo de tomadas de decisões no âmbito do planejamento urbano, as quais devem ser baseadas em informações mensuráveis e com respostas imediatas e de fácil entendimento.

Por outro lado, no meio técnico intensificam-se discussões sobre diferenças entre simulações computacionais e observações de campo nos estudos relacionados à climatologia urbana e planejamento urbano, particularmente sobre a complexidade do mundo real e as simplificações da realidade dos modelos numéricos (GRIMMOND, 2005). Certamente conta-se hoje com avanços tecnológicos como o uso de computadores com maior capacidade de processamento de dados e melhores parametrizações como aporte na determinação de parâmetros urbanos (KANDA, 2006).

Nesse contexto, tem-se como exemplo os trabalhos apresentados por Bruse (2003, 2007) que apresentam o desenvolvimento das ferramentas computacionais ENVI-met e BOTworld com aplicação em diversos estudos de simulações de desempenho ambiental térmico e análise do comportamento do pedestre. No Brasil, esses programas, principalmente o ENVI-met, têm sido largamente utilizados, em pesquisas como as de Brandão (2009); Castelo Branco (2009); Silva (2009); Nakata (2010); Dacanal *et al.* (2010) e Nogueira (2011). Os resultados até aqui obtidos mostram que, apesar de limitações na determinação de alguns dados de entrada e, conseqüentemente, nos resultados de simulações da atmosfera climática urbana, os procedimentos metodológicos relacionados à análise e previsão de ambiente térmico e conforto do pedestre através de ferramenta computacional são um caminho importante na consolidação do enfoque climático na área do planejamento urbano.

Torna-se, enfim, cada vez mais importante o desenvolvimento de pesquisas que auxiliem o planejador urbano quanto à possibilidade de trabalhar com simulações que mostrem diversas alternativas de organização dos espaços urbanos, fundamentadas em critérios ambientais, entre os quais, o de conforto térmico dos ambientes urbanos.

## **2. OBJETIVO**

A presente pesquisa tem por objetivo analisar a influência da configuração espacial de uma fração urbana em um bairro de Maceió – AL, com o seu ambiente térmico resultante e a previsão de cenários futuros da fração urbana estudadas, bem como o comportamento e sensação térmica de pedestres virtuais, de forma a discutir o potencial da informação climática nas decisões de planejamento urbano, com vistas ao conforto humano nos espaços da cidade.

## **3. MÉTODO**

A metodologia adotada na pesquisa envolveu as seguintes etapas:

### *3.1. Seleção de fração urbana e caracterização de parâmetros urbanos*

A área de estudo localiza-se na cidade de Maceió, capital de Alagoas, nordeste brasileiro e foi selecionada uma fração no bairro Ponta Verde por ser uma área de grande adensamento vertical, próximo à região

litorânea da cidade. Destaca-se na quadra escolhida a presença de uma praça central muito utilizada por pedestres, e possui diferentes tipos de revestimentos de solo e presença de algumas espécies arbóreas.

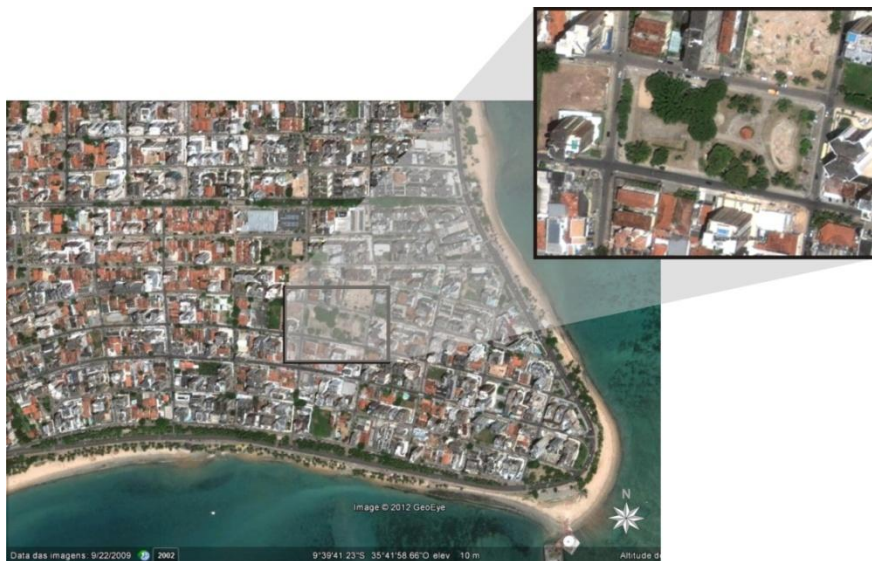


Figura 1- Localização da área de estudo.

Fonte: Google Earth 2012, adaptado.

A quadra é caracterizada pela ocupação do solo predominantemente residencial de alta renda, com edificações multifamiliares de até 11 pavimentos e alguns estabelecimentos comerciais em seu entorno, principalmente próximo a uma via de intenso fluxo de veículos.



Figura 2 – Sequência de imagens mostrando a configuração urbana da quadra analisada e o uso do solo.

Fonte: Autores, 2012.

Na área escolhida foi feito um recorte de 60m x 60m x 30m para simulação no programa Computacional Envi-met, que trabalha com pequenas áreas e quanto menor o valor da malha pré-estabelecida do programa, maior a precisão de dados gerais. Em seguida, foi realizada a análise do conforto térmico do pedestre no software Botworld (BRUSE, 2007).

### 3.2. Medições microclimáticas

Para a verificação do microclima da área estudada e aferição dos dados de saída dos programas utilizados, foram realizadas medições microclimáticas *in loco* em sete pontos (ver figura 3) para a obtenção de dados referentes à umidade relativa do ar, direção dos ventos e temperatura atmosférica. As medições foram realizadas com o instrumento termo-higro-anemômetro; distante a 1,10m do solo e sombreado conforme recomendações técnicas, para os horários 9:00h e 15:00h, nos dias 19, 21 e 22 do mês de dezembro de 2011. Houve o cuidado de se considerar registros realizados sob condições de céu limpo e a ausência de precipitações para a posterior validação dos modelos para os dias simulados.



Figura 3 – Foto aérea da quadra mostrando os pontos medidos.  
Fonte: Google Earth 2012, adaptado.

### 3.3. Simulações computacionais

A princípio foram feitas simulações através do *software* ENVI-Met<sup>®</sup> (BRUSE, 2007), o que permitiu a simulação do fluxo de ar em torno dos edifícios e entre estes; processos de troca de calor e vapor das superfícies do solo, das construções, das vegetações; dispersão das partículas e condições estimadas de conforto térmico. Foram comparados resultados do ambiente térmico simulado e dados reais observados nas medições microclimáticas. Foram realizadas simulações da ocupação do solo atual da fração urbana e de cenários futuros desta.

As simulações no programa Envi-met utilizou como ponto de partida, dados de entrada obtidos pelo INMET (BRASIL, 1992) e outros oriundos das médias dos dados observados nas medições, como foi o caso das temperaturas atmosféricas em cada ponto. A Tabela 1 resume a entrada dos dados simulados.

Tabela 1– Dados de entrada para a simulação da quadra no programa Envi-met.

Configuração Praça Skate	19/12/2011	21/12/2011	22/12/2011
Hora inicial da simulação	06:00	06:00	06:00
Duração da simulação (h)	16	16	16
Salvar o modelo em (min)	60	60	60
Velocidade dos ventos (m/s)	4	4	4
Direção dos ventos	135	135	135
Comprimento de rugosidade	1	1	1
Temperatura atmosférica (k)	306	304,7	302,7
Umidade específica (g água/Kg ar)	6	6	6
Umidade relativa (%)	61,5	66	70
Temperatura interna da edificação (k)	299	299	299
Transmitância paredes	2,3	2,3	2,3
Transmitância telhado	2,0	2,0	2,0
Albedo paredes	0,6	0,6	0,6
Albedo telhado	0,5	0,5	0,5
Norte	12°	12°	12°
Longitude	-35°	-35°	-35°
Latitude	-9°40''	-9°40''	-9°40''

Foram gerados diversos mapas de análise para os sete pontos, nos programas computacionais. Todos os dados obtidos, tanto nas medições *in loco* quanto nas simulações foram aferidos para posterior análise das condições microclimáticas dos espaços estudados e das condições de conforto térmico do pedestre.

A obtenção específica de resultado em cada ponto analisado foi feita a partir do valor referente ao *grid* correspondente (de acordo com as coordenadas da malha produzidas pelo programa). Foram produzidas tabelas comparativas de cada aferição e selecionado um arquivo que apresentasse a menor diferença entre os valores obtidos das medições e das simulações.

A próxima etapa de análise consistiu na comparação entre a situação atual e um cenário hipotético futuro, este último considerando-se uma maior verticalização, os limites e parâmetros urbanísticos vigentes. Foi feita a análise individual do pedestre através da simulação com o programa BOTworld (BRUSE, 2007)

para a previsão do comportamento e o movimento deste sob a influência de diferentes fatores ambientais como a disposição urbana, fontes de tráfego, qualidade do ar e microclima.

### 3.4. Avaliação geral dos resultados obtidos

Foram avaliados os resultados obtidos através das medições e simulações computacionais, de modo a estabelecer relações entre a configuração urbana estudada e o ambiente térmico urbano resultante.

### 4. Análises e resultados

O arquivo escolhido como o mais compatível para o objetivo do trabalho foi o das 9h (em destaque na tabela 2), por apresentar menor diferença entre dados reais e dados simulados, além de um valor de PMV considerado confortável ao pedestre: valor entre o considerado de “neutralidade térmica” (0) e “levemente com calor” (+1). Para os resultados referentes ao PMV, o próprio programa adotou, a partir dos dados de entrada, os valores médios de 0,50 *clo*, em relação à vestimenta, e taxa metabólica de 122,5 W/m<sup>2</sup> para cada *bot* simulado.

Tabela 2– Comparativo de dados do dia 19 de dezembro de 2011 mostrando em destaque o arquivo escolhido para análise.

Dia 19/12/2011	MEDIÇÃO			ENVI-MET		BOTWORLD	DIFERENÇA (valores reais e simulados)	
	RH(%)	T(°C)	V(m/s)	T(°C)	V(m/s)	PMV	T(°C)	V(m/s)
Ponto 1-9h	61,5	33	0,8	26,31	2,1	0,53	6,69	1,3
Ponto 1-15h	66,5	30	0,5	25,74	1,94	0,21	4,26	1,44
Ponto 2-9h	65,5	29,5	2,3	26,31	2,1	0,51	<b>3,19</b>	<b>0,2</b>
Ponto 2- 15h	68,5	29,7	1	25,74	1,94	0,19	3,96	0,94
Ponto 3- 9h	65,5	30	2	26,74	1	0,66	3,26	1
Ponto 3- 15h	67	30,4	1	26,19	0,65	0,39	4,21	0,35
Ponto 4- 9h	60	31,5	1	26,33	3,02	0,62	5,17	2,02
Ponto 4- 15h	66	31	1	25,79	2,81	0,32	5,21	1,81
Ponto 5- 9h	54,5	34,4	0,2	26,43	2,56	0,57	7,97	2,36
Ponto 5- 15h	66	31	2	25,73	2,81	0,25	5,27	0,81
Ponto 6- 9h	59,5	30,5	1,7	26,55	2,1	0,57	3,95	0,4
Ponto 6- 15h	68,7	30,2	1	25,9	1,94	0,26	4,3	0,94
Ponto 7- 9h	57	32,8	1	26,55	1,64	0,67	6,25	0,64
Ponto 7- 15h	67	29,7	1,2	26,1	1,51	0,38	3,6	0,31

### 4.2. Cenário atual X cenário hipotético

Foi realizada a simulação computacional do cenário atual que apresentou melhores resultados para as condições previstas (horário, referência ao *grid* e dia), e depois, elaborado um cenário hipotético futuro (figura 4) com base nos limites estabelecidos pelo Código de Urbanismo e Edificações de Maceió (MACEIÓ, 2007) que permite, para a área, a altura edificada máxima de 15 pavimentos. Assim, foram analisados os efeitos climáticos da conformação urbana hipotética futura, caso a altura limite permitida pela legislação vigente fosse seguida em toda a quadra analisada, com o máximo coeficiente de aproveitamento do solo.

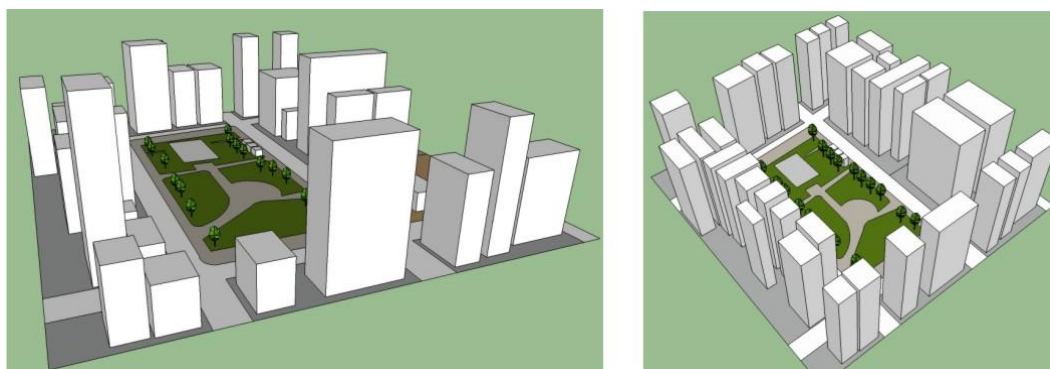


Figura 4 – Cenário atual com edificações de diferentes alturas da quadra e cenário hipotético futuro com edificações atingindo até 15 pavimentos, respectivamente, para o dia 19/12/2011 às 09:00:00. Volumetrias feitas no Sketch-up Pro 8.0 (GOOGLE, 2012).

A Figura 5 mostra os mapas de velocidade dos ventos gerados para o cenário atual e hipotético futuro, nos quais percebe-se a influência da configuração urbana na velocidade dos ventos e direcionamento das correntes de ar na fração estudada: enquanto no cenário atual a escala de velocidade de vento varia entre: maior que 4,38m/s a menos de 0,56m/s, no cenário futuro, essa variação se dá entre 3,27 e 0,39m/s. A configuração do cenário hipotético futuro, desse modo, pode provocar pontos de obstáculo para a fluidez dos ventos. Porém, não afeta de maneira significativa a condição de conforto do pedestre da área.

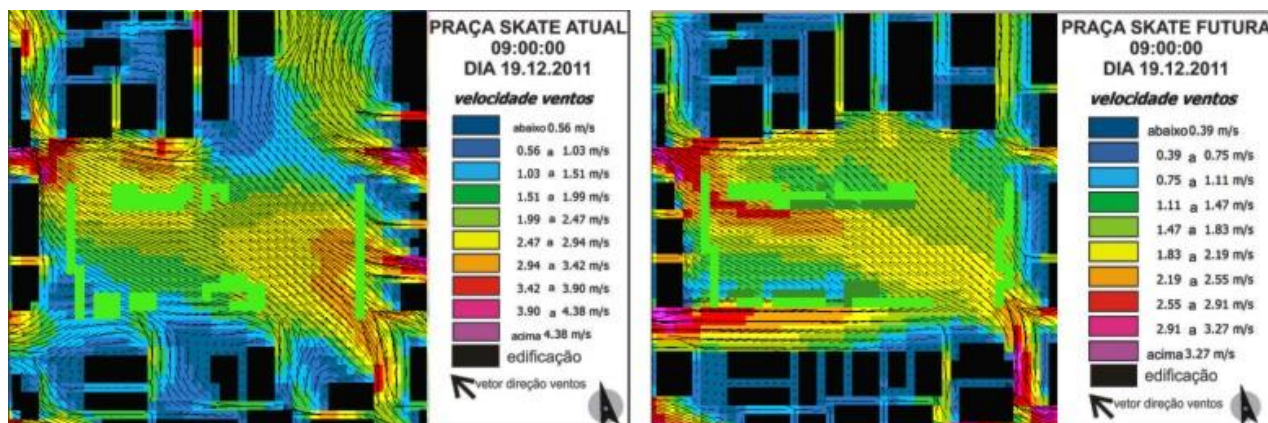


Figura 5 – Figuras geradas do cenário atual e hipotético futuro, mostrando a análise geral de velocidade dos ventos para a quadra estudada. Fonte: Envi-met 2.0 (BRUSE, 2007).

Após as análises feitas na escala da quadra urbana pelo programa ENVI-met, foi determinado o conforto do pedestre, através do uso do programa BOTworld. O programa gerou os chamados *bots* (abreviação usada para *RoBots*) em diversos pontos da quadra, que percebiam condições ambientais diferenciadas na área em estudo. Foi determinado o PMV (Predicted Mean Vote ou Voto Médio Predito), para o cenário atual e futuro.

A análise da figura 6 demonstra que o PMV referente aos pedestres que percorrem este espaço às 9hs da manhã foi considerado dentro da escala de conforto do pedestre, pois os valores encontrados se inserem entre o valor 0 e 1, considerados entre a proximidade da sensação de “levemente com calor” (+1), levemente frio (-1) e “neutralidade térmica” (0). Em ambas as situações, os maiores valores de PMV encontram-se nas regiões entre edificações e nas áreas asfaltadas, e os menores valores se inserem na região pertencente à praça, próximo à copa das árvores. Tal fato mostra a provável influência da altura edificada como fator de sombreamento e, conseqüentemente, conforto térmico para o pedestre.

Sabe-se que se as simulações anteriormente apresentadas fossem feitas no horário da tarde, os resultados seriam diferentes aos aqui apresentados para as 9h, devido ao aumento das superfícies expostas à insolação, o que certamente influenciaria na sensação térmica dos usuários.

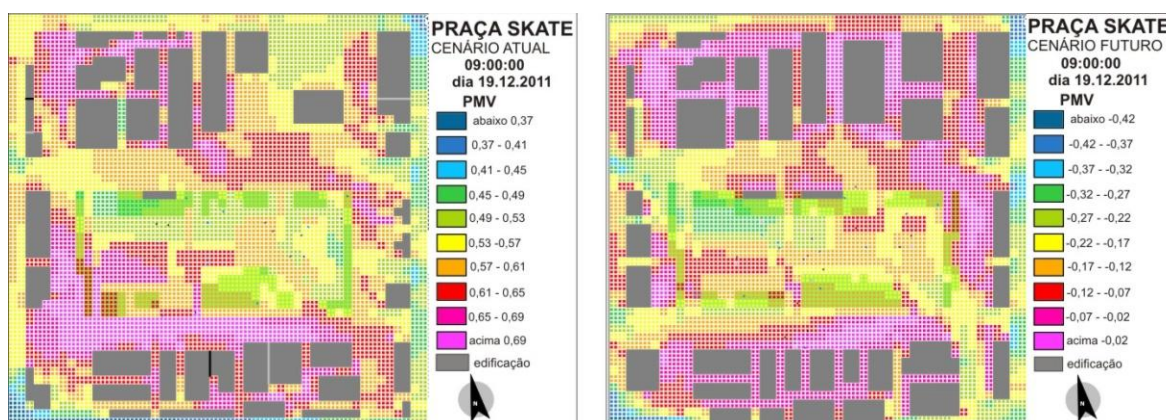


Figura 6 - Imagens do cenário atual e hipotético futuro, respectivamente, mostrando a análise geral de PMV para a quadra estudada. Fonte: Botworld (BRUSE, 2007).

Os *bots* gerados foram programados para percorrerem caminhos virtuais com o objetivo de simular caminhos similares aos feitos por pedestres reais que utilizam a área em estudo. Assim, foram geradas imagens como as vistas na figura 7. Tais imagens mostram que os pedestres escolheram a mesma área para

locomoção: a área correspondente à região da praça. Essa escolha, provavelmente ocorre pelo fato da região apresentar melhores características que beneficiem o conforto térmico, tais como a presença de vegetação, maior área de porosidade e fluidez de ventos, e materiais de revestimentos de baixa transmitância térmica comparando-se ao asfalto, como o solo exposto e o revestimento de piso português.

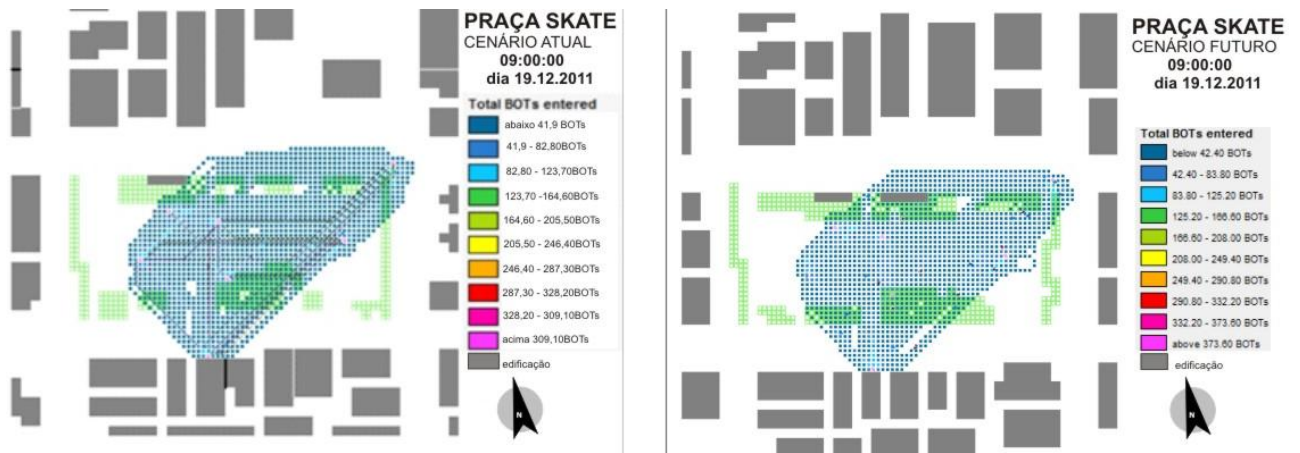


Figura 7 - Imagens do cenário atual e futuro, respectivamente, mostrando a área mais utilizável pra passagem dos BOTs.  
Fonte: Botworld (BRUSE, 2007).

#### 4.3. Análise do conforto do pedestre

O programa BotWorld permite a visualização de resultados individuais dos *bots* gerados. Para o caso estudado, dentro do universo de *bots* e trajetões percorridos por eles, foram escolhidos trechos considerados diferenciados em relação aos elementos transformadores do microclima, permitindo análises de condições ambientais distintas para a mesma área estudada. Foram escolhidos para análise os *bots* denominados como ‘Logan’ e ‘Patricia’.

Um trecho de cada área total de sentido ‘A-B’ foi ‘percorrido’ pelo *bot* ‘Logan’ no cenário atual (Figura 8) e ‘F-G’ pelo *bot* ‘Patricia’ no cenário futuro (figura 9). Estes trechos foram selecionados para análise de comportamento dos pedestres sob as condições definidas para cada situação.

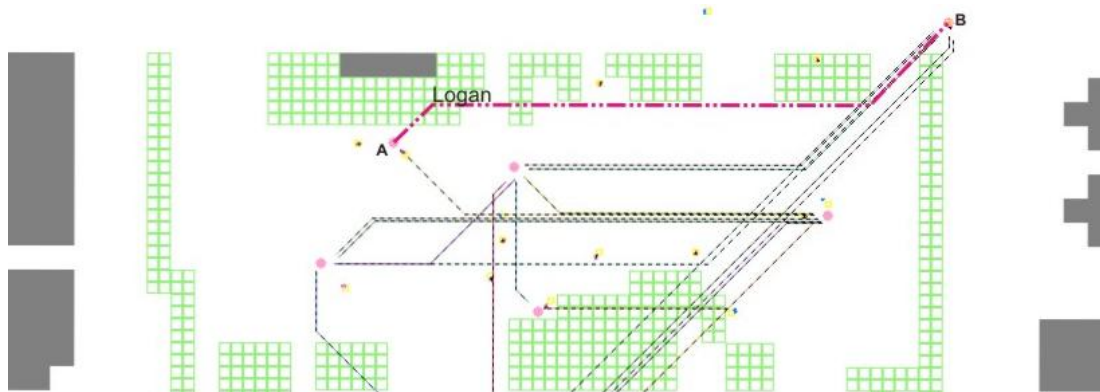


Figura 8: Trajetos A-B escolhido por ‘Logan’ na simulação do cenário atual.  
Fonte: programa Botworld.

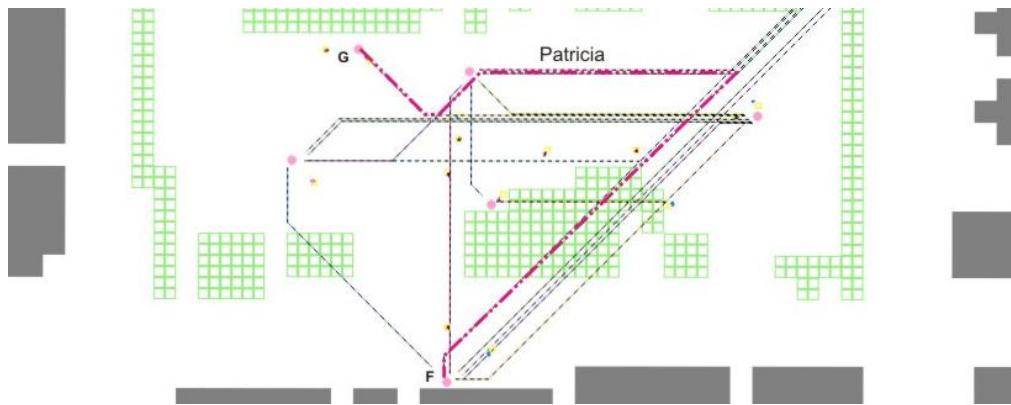


Figura 9: Trajetos F-G escolhido por 'Patrícia' na simulação do cenário futuro.  
 Fonte: Programa Botworld (BRUSE, 2007).

'Logan' percorreu um caminho linear sob as sombras das árvores e presença de vegetação da praça em direção à rua asfaltada. Já 'Patrícia' percorreu um caminho mais longo, passando sobre a área asfaltada e pelo revestimento em concreto da praça, mais afastado da vegetação.

A Figura 10 representa os dados de saída referentes a cada *bot*, na forma de fichas de identificação térmica, nas quais são informados dados ambientais, temperatura da pele ( $T_{sk}$ ), Temperatura do corpo (central) –  $T_{core}$ , temperatura da vestimenta ( $T_{clo}$ ), taxa metabólica e dados referentes às características e tipo do pedestre.

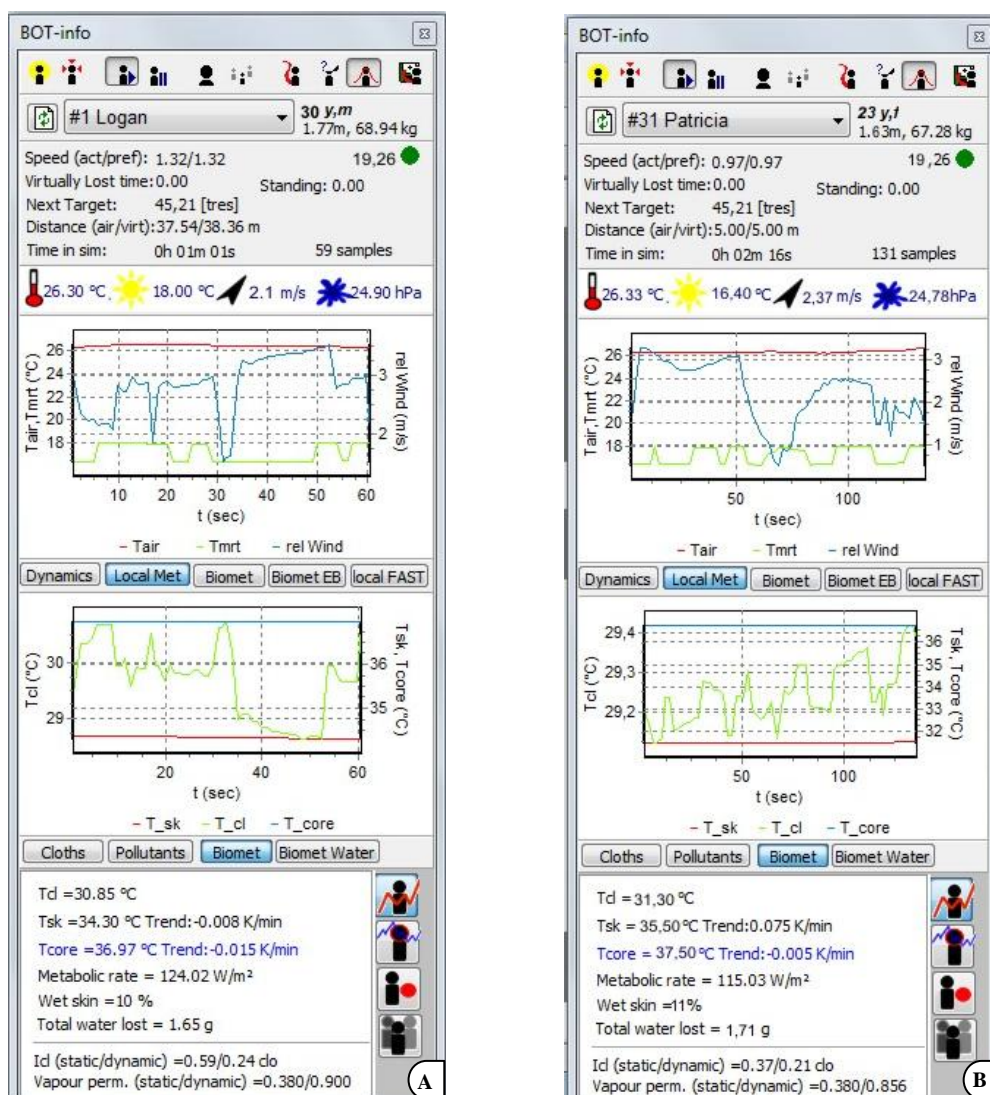


Figura 10: Dados de saída individuais do bot 'Logan'(A) e 'Patrícia'(B), na simulação com o programa BOTworld (BRUSE, 2007), da sensação térmica do pedestre para o cenário atual e cenário hipotético futuro, respectivamente, para o dia 19.12.11, às 09:00:00.



A Figura 11 representa o estado interno e opinião sobre a sensação térmica de cada *bot*, para a situação local durante o percurso simulado.

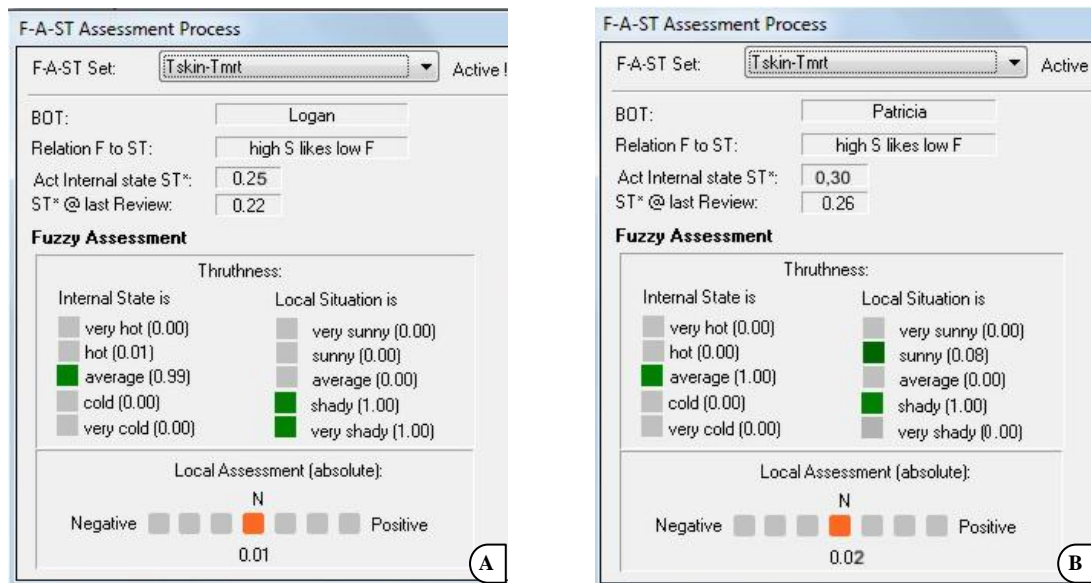


Figura 11: Avaliação de estado interno e opinião de situação local dos bots ‘Logan’ e ‘Patricia’(B) respectivamente, apresentado pela simulação com o programa computacional BOTworld (BRUSE, 2007) para o cenário atual e hipotético futuro.

O *bot* ‘Logan’ escolheu percorrer um caminho mais curto e linear em 61 segundos, o que representa também uma escolha por um trajeto mais confortável por aproveitar o sombreamento que as copas das árvores lhe ofereceram. Analisando-se os gráficos ilustrados na ficha individual do *bot* (figura 10, A), a temperatura de pele foi gradativamente se refrescando até se aquecer levemente devido à proximidade do *bot* com a região asfaltada, enquanto que a sua opinião sobre a situação local (figura 11, A) foi de sombreado (*shady*) a muito sombreado (*very shady*).

O *bot* ‘Patricia’ percorreu seu caminho em 136 segundos, porque optou por um trajeto mais recortado e longo. Assim, teve sua temperatura de pele (figura 10, B) levemente elevada no decorrer do percurso e uma opinião de situação local (figura 11, B) variando de sombreado (*shady*) a ensolarado (*sunny*). A opinião de ‘ensolarado’ provavelmente se deve ao aumento do calor na área mais modificada pela maior verticalização. No entanto, os dois *bots* apresentam estado interno neutro/médio (*average*) ao invés de calor ou frio, podendo ser explicado pelas condições locais climáticas do lugar, escolha de percurso e principalmente, pela presença de vegetação.

## 5. CONCLUSÕES

O estudo concluiu que a conformação urbana, junto com a presença da vegetação, foram fatores de grande influencia no ambiente térmico resultante e no comportamento do pedestre no ambiente externo estudado, ressaltando a contribuição positiva da vegetação urbana como fator de sombreamento e de pontos de porosidade na cidade para o conforto térmico do pedestre e qualidade térmica do ambiente. A análise em apenas um horário, considerado o mais compatível entre dados simulados e dados reais, é fator limitador dos resultados, mas ao mesmo tempo, norteador de futuras análises mais apuradas.

As informações produzidas nesta pesquisa podem servir de exemplo para a necessidade de uma maior articulação entre as legislações urbanísticas responsáveis pelo ordenamento das cidades e as características climáticas de ambientes externos, por meio da elaboração de diretrizes que incorporem o enfoque climático nos instrumentos de planejamento urbano (planos diretores), com vistas a um planejamento urbano-ambiental climaticamente adequado.

Sabe-se que os instrumentos de planejamento urbano, como os planos diretores municipais e códigos de edificações e de urbanismo raramente revisam e incorporam prescrições baseadas nas condições climáticas locais. Nesse sentido, é importante que as informações produzidas no âmbito acadêmico sejam integradas às ações de gestão pública, contribuindo na resolução de problemas ambientais urbanos, com a incorporação de parâmetros urbanísticos que reflitam a existência de espaços construídos mais adequados às condições climáticas locais.

O emprego dos programas de simulação computacional utilizados, no caso apresentado nessa pesquisa, constituiu-se em uma ferramenta auxiliar útil na demonstração das dinâmicas do microclima

urbano em busca do conforto térmico urbano.

Desse modo, os procedimentos metodológicos aqui realizados evidenciam o potencial da inserção da questão climática na prática do planejamento urbano, quer seja na previsão das condições microclimáticas que devem ser preservadas quando o crescimento urbano é necessário, ou na simulação de alternativas de propostas de planejamento e seus possíveis efeitos no comportamento térmico, modificações microclimáticas possíveis e desejáveis com o crescimento urbano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brasil, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Dep. Nacional de Meteorologia. (1992) **Normais climatológicas 1961-1990**. DNMET, Brasília.
- BRANDÃO, R. S. **As interações espaciais urbanas e o clima**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.
- BRUSE, Michael (2003): **Assessing Urban Microclimate using Multi-Agent Simulations: A new approach to answer an old problem?**, ICUC5, Lodz 1-5- September 2003.
- BRUSE, Michael. **Simulating human thermal comfort and resulting usage patterns of urban open spaces with a Multi-Agent System**. In: PLEA 2007 – The 24th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Proceedings... Singapore, 491-498 p., 2007.
- CASTELO BRANCO, L. M. B. **Microclimas urbanos no plano piloto de Brasília – o caso da Superquadra 108 Sul**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília. Brasília, 2009.
- DACANAL, C.; PEZZUTO, C. C.; LABAKI, L.; E. Avaliação do efeito da ventilação nos espaços urbanos abertos através de simulações e medições experimentais. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Canela-RS, 2010. **Anais...**Canela, 2010.
- GOOGLE, Programa Google Earth, 2012.
- GOOGLE, Programa Google Sketchup Pro versão 8.0, 2012.
- GRIMMOND, C.S.B. Progress in measuring and observing the urban atmosphere. **Theoretical and Applied Climatology**, n. 84, 3-22, 2005.
- KANDA, M. Progress in the scale modeling of urban climate: Review. **Theoretical Applied Climatology**, n 84, p.23–33, 2006.
- KATZCHNER, L. **Urban climate studies as tools for urban planning and architecture**. In: Anais - IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Salvador: Editores Jussana M. F. G. Nery, Tereza M. M. Freire e Roberto Lamberts, 1997, p.49-58.
- MACEIÓ, **Lei Municipal Nº 5.593, de 08 de Fevereiro de 2007**. Institui o Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió. Disponível em <<http://www.maceio.al.gov.br>> Último acesso em 15 de julho de 2012.
- MACEIÓ, **Lei nº. 5528 de dezembro de 2005**. Institui o Plano Diretor de Maceió, estabelece diretrizes gerais de política de desenvolvimento urbano e dá outras providências. 2005. Disponível em: <<http://www.maceio.al.gov.br>> Último acesso em 15 de abril de 2012. NAKATA, Camila M. **Comportamento do pedestre e ambiente térmico urbano**. Dissertação (Mestrado em Design). UNESP – Universidade Estadual Paulista, 2010.
- NIKOLOPOULOU, Marialena. **The effect of climate on the use of open spaces in the urban environment: Relation to tourism..** Acesso: [http://www.mif.unifreiburg.de/isb/ws/papers/14\\_nikolopoulou.pdf](http://www.mif.unifreiburg.de/isb/ws/papers/14_nikolopoulou.pdf). In: Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation. Report of a Workshop Held at Porto Carras, Neos Marmaras, Halkidiki, Greece, p. 185–194, 5-10 October 2001.
- NOGUEIRA, A.M.P. **Configuração urbana e microclimas: estudo em loteamento horizontal de Maceió-Alagoas**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, 2011. 184f.
- OKE, T. R. **Boundary layer climates**, 2. ed., New York: Routledge, 1996.
- OLIVEIRA, P. **A Cidade Apropriada ao Clima: a forma urbana como instrumento do clima urbano**. Dissertação (Mestrado) Departamento de Urbanismo da Universidade de Brasília: Universidade de Brasília- UNB, Brasília - DF, 1985.
- SILVA, Caio Frederico. **Caminhos bioclimáticos: desempenho ambiental de vias públicas na cidade de Teresina – PI**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida e à Camila Mayumi Nakata pelo suporte com os programas computacionais utilizados.