



COMPARAÇÃO MICROCLIMÁTICA ENTRE TRÊS MORFOLOGIAS URBANAS DISTINTAS EM CURITIBA/PR NO PERÍODO DE INVERNO

Flávia C. Osaku Minella (1); Eduardo L. Krüger (2); Taís Prigol

(1) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE/UTFPR),
flavia.osaku@gmail.com

(2) Doutor, Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, ekruger@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Av. Sete de Setembro, 3165 - CEP 80230-901 – Curitiba/PR
Tel.: (41) 3310-4725

(3) Engenheira civil, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UTFPR),
tais_p@hotmail.com

RESUMO

Em razão dos planos urbanos aplicados na cidade de Curitiba, foram atribuídas a três localidades dessa cidade paisagens típicas e distintas entre si. Esse artigo tem por objetivo analisar o microclima do Setor Estrutural localizado na Avenida Sete de Setembro, do Setor Estrutural do eixo metropolitano da BR-116 (Avenida Linha Verde), e da Zona de Transição Nova Curitiba (região denominada 'Ecoville'). Foram realizados monitoramentos de campo durante três dias em cada localidade, sempre no período das 10h até às 15h, totalizando seis horas de dados coletados por dia de medição. A partir dos dados da estação de referência, as variáveis microclimáticas foram normalizadas, permitindo a comparação entre os dados. O nível de estresse térmico é avaliado pelo índice de conforto térmico denominado Temperatura Fisiológica Equivalente (PET). Os resultados mostram maior desconforto térmico em situação de inverno na Avenida Sete de Setembro em razão de sua morfologia urbana, caracterizada por um cânion urbano cujas edificações projetam sombra na via.

Palavras-chave: morfologia urbana, microclima, conforto térmico externo, PET.

ABSTRACT

As a result from different Master Plans for Curitiba, three locations have presently distinct urban landscapes. This article aims to analyze the microclimate at the 'Setor Estrutural' on Sete de Setembro Avenue, at the 'Setor Estrutural' on the so called 'Linha Verde' Avenue, and at the 'Zona de Transição Nova Curitiba' (a region named 'Ecoville'). Field monitoring was conducted over three days at each location, between 10am and 3pm, totaling six hours of microclimate data collected at each day. Taking data from a reference station, microclimatic variables were normalized, which allowed a direct comparison of the collected data. The level of heat stress was evaluated with the thermal comfort index Physiological Equivalent Temperature (PET). Results show greater thermal discomfort in winter at the Sete de Setembro Avenue as a consequence of its urban morphology, which is characterized by a deep urban canyon with buildings casting shadows on the street level.

Keywords: urban morphology, microclimate, thermal comfort external PET.

1. INTRODUÇÃO

Uma das consequências da ação humana no meio natural é o que Oke (1987) chama de “alteração climática inadvertida”, uma vez que o processo de urbanização “produz alterações radicais na natureza da superfície e nas propriedades atmosféricas de um dado local” (OKE, 1987, p. 272, tradução livre), contribuindo para a formação de um clima típico, o clima urbano. A morfologia da cidade, os materiais que compõem as superfícies urbanas (como concreto e asfalto) e a supressão da vegetação nativa estão associados às alterações microclimáticas, especialmente às tendências de aquecimento, seja no período diurno ou noturno; fator que ocasionalmente leva a inadequações térmicas nos espaços abertos. Nos centros urbanos, a paisagem típica gerada pela profusão e concentração de edifícios de grande altura provoca alterações nos fluxos aerodinâmicos e nos balanços energético, hídrico e térmico do ambiente urbano, as quais são traduzidas em mudanças microclimáticas. O balanço de radiação afeta, em grande parte, a distribuição da temperatura do ar na camada intra-urbana (SANTAMOURIS, 2001). As temperaturas mais amenas da abóbada celeste funcionam como um receptor para a radiação de onda longa vinda da camada urbana e tornam possível o resfriamento desta (SOUZA; RODRIGUES; MENDES, 2003); de forma que a geometria urbana e quaisquer elementos que obstruam a visão do céu influenciam na formação do campo térmico urbano.

Em Curitiba, a configuração geométrica da cidade é resultado dos planos urbanísticos aplicados desde a década de 1940, quando ocorreram as primeiras iniciativas formais de planejamento urbano. Em 1943, foi disponibilizado à Prefeitura o Plano Diretor de Urbanização de Curitiba, também chamado de Plano Agache, o qual pretendia ordenar o crescimento físico e espacial da cidade e, sobretudo, estimular seu desenvolvimento. Os ideários da Carta de Atenas influenciaram de maneira decisiva tanto o Plano Agache, que propunha a setorização da cidade nas quatro grandes funções da Carta, como a iniciativa seguinte, o Plano Preliminar de Urbanismo (PPU), também conhecido como Plano Serete, que “redimensionava tais funções e propunha, em sua versão original, o conceito de cidade-jardim, proposto no planejamento progressista de Le Corbusier” (DANNI-OLIVEIRA, 2003, p. 156). O Plano Serete foi entregue em 1965, contendo as seguintes diretrizes: uso e ocupação do solo diferenciada; configuração linear de expansão; criação de eixos estruturais; hierarquização do sistema viário; descongestionamento da área central; estabelecimento de limites físico-territoriais; policentrismo; disponibilização de serviços coletivos e criação de uma identidade à paisagem urbana (INSTITUTO..., 2004). Pactuando com as diretrizes do Plano Serete, o Plano Diretor é sancionado em 1966 (Lei 2.828 - CURITIBA, 1996). Com a intenção de garantir a expansão linear da cidade, além de descongestionar a área central, foram criados os eixos estruturais, um ao Norte e outro ao Sul, criando-se, então, alternativas de deslocamentos independentes da área central. Os projetos do sistema viário e do transporte de massa estavam integrados com as normativas de Uso e Ocupação do Solo formando um tripé organizacional (INSTITUTO..., 2004).

O Plano Diretor de 1966 passa pela primeira revisão em 1969. Os Setores Estruturais passam a ser descritos pelas zonas especiais e, embora a proposta inicial estimulasse o adensamento nos eixos estruturais, havia uma limitação quanto às normas de ocupação do solo. Conforme o Artigo 37 da Seção II – Do Zoneamento do Plano Diretor, nos setores estruturais permitia-se a construção de até três torres de habitação coletiva em lotes com área de no mínimo 2000 m²; devendo as torres atender os seguintes requisitos: ter obrigatoriamente 63 m de altura, não ocupar mais de um terço do lote, ter recuo mínimo de 10 m do alinhamento predial, distar uma torre da outra em pelo menos 30 m e ter no mínimo 1000 m² de garagem. As áreas remanescentes deveriam ser ajardinadas e mantidas pelo condomínio.

Danni-Oliveira (2000) observa que essa tipologia poderia ter tido efeitos benéficos sobre a qualidade climática local, favorecendo a insolação dos edifícios, as condições de iluminação natural, as trocas de calor e umidade, a ventilação dos pavimentos construídos, a dispersão de poluentes e a desobstrução das vistas. Porém, “os rearranjos a que o Plano Serete foi submetido ao longo dos seus 25 anos de implementação foram conceitualmente pautados nas ideias de formas-tipo e de geometria do urbanismo progressista manifestados na estruturação e nas edificações das Vias Estruturais”, atendendo à pressão das forças político-econômicas locais e abandonando a ideia das torres-jardins (DANNI-OLIVEIRA, 2000, p. 105). Pressões que, na segunda metade da década de 1970, se manifestaram na adoção do Plano Massa, o qual priorizava o máximo adensamento ao longo dos eixos estruturais sem maiores considerações sobre a preservação da qualidade ambiental (MINELLA; RASIA; KRÜGER, 2009).

O Plano Massa foi instituído pelo decreto 408/76, vindo a ser um elemento definidor da paisagem urbana dos eixos estruturais. Nesses, as edificações são caracterizadas por torres construídas sobre embasamento comercial ou de serviço de dois pavimentos, cuja altura máxima deve ser de 10 m. O segundo pavimento deve se projetar sobre o alinhamento predial, enquanto o recuo mínimo de 4 m limita o pavimento térreo, constituindo, assim, em toda a extensão da testada do lote, uma galeria longitudinal coberta com pé-direito mínimo de 3,50 m. O embasamento deve estar de acordo com o decreto 190 do Plano Massa, o qual

permite, também, a projeção do embasamento sobre toda a área do terreno, além de não ser considerado no cálculo do potencial construtivo. Para a projeção da torre em relação ao lote, é considerado um limite de, no máximo, a metade da área do lote. Para os recuos laterais da torre é aplicado, inicialmente, um valor mínimo de 2,50 m. A torre pode ser de uso residencial, comercial ou de serviço.

Para que o transporte público cumprisse seu papel de indutor do crescimento e absorvesse a demanda necessária, foi desenvolvido um sistema trinário de vias, inovador para a época. Nestes eixos estruturais, o transporte coletivo, mais especificamente a linha expressa, é privilegiado por um corredor central exclusivo. Essa via central é ladeada por duas vias de tráfego lento que atendem as atividades lindeiras, contendo uma pista de estacionamento e uma ou duas pistas de rolagem. Paralelamente, existem as vias rápidas, uma para deslocamento bairro-centro, e outra no sentido oposto, com três ou mais pistas de rolagem. Todo este conjunto forma o sistema trinário (INSTITUTO..., 2004).

Em Curitiba, a legislação segue o padrão chamado de *floor ratio area*, no qual o potencial construtivo depende da área do lote multiplicada pelo coeficiente de aproveitamento, que para os Setores Estruturais é de 4 (quatro). Não há limite de altura para as edificações nas estruturais, reforçando a tendência destes eixos configurarem cânions urbanos. No ano de 2000, o Plano Diretor é revisto, resultando na Lei 9.800/00 (CURITIBA, 2000). Os conceitos de divisão do território em zonas funcionais, adensamentos diferenciados e hierarquização da malha viária são mantidos juntamente com a compatibilização do tripé: uso e ocupação do solo, sistema viário e transporte coletivo. Como uma das principais novidades, cita-se a criação de um eixo de desenvolvimento metropolitano na BR-116, com a transformação de um trecho da rodovia federal em via urbana, visando facilitar as ligações intra-urbanas, havendo uma importante alteração dos parâmetros de uso e ocupação do solo e inserção de arborização urbana. O zoneamento da BR-116 passa de Setor Especial de Serviços para Setor Estrutural BR-116. Inserido no contexto de planejamento regional, o eixo metropolitano da BR-116, também chamado de 'Linha Verde', foi implantado como sexto eixo estrutural.

Uma mudança significativa que atinge o mercado imobiliário, compreendida na Lei 9.800/00, é a imposição de um novo critério para o afastamento das divisas, no qual o recuo lateral deve corresponder a um sexto da altura da edificação (afastamento lateral de $H/6$). A condição de atrelar o afastamento lateral à altura da edificação teve por objetivo melhorar as condições de ventilação e insolação, mantendo livres as áreas laterais e o fundo das edificações. A paisagem urbana resultante da aplicação desse novo critério difere dos paredões de edificações nas áreas sujeitas à aplicação do Plano Agache. Um exemplo é a paisagem da Zona de Transição Nova Curitiba (prolongamento Oeste do Setor Estrutural Norte), na qual foi utilizado um expediente semelhante de cálculo do afastamento lateral (CAMPOS, 2005). A elaboração do projeto desta região, localizada na porção leste da cidade, data da década de 1970, mas sua ocupação teve início a partir da década de 1990. Nessa área, também conhecida como 'Ecoville', os lotes possuem dimensões generosas, resultado da fusão de lotes em um processo que envolveu a reorganização da estrutura fundiária. As edificações são verticalizadas e de uso predominantemente residencial, estando envoltas por áreas verdes e de lazer, que agregam alto valor de mercado a estas edificações. Em suma, são analisadas neste artigo, quanto ao ambiente térmico local, três localidades com morfologias urbanas distintas: o Setor Estrutural Av. Sete de Setembro (Figura 1a), o Setor Estrutural BR-116 (ou, simplesmente, Av. Linha Verde – Figura 1b), e a Zona de Transição Nova Curitiba (ou, simplesmente, Ecoville – Figura 1c).

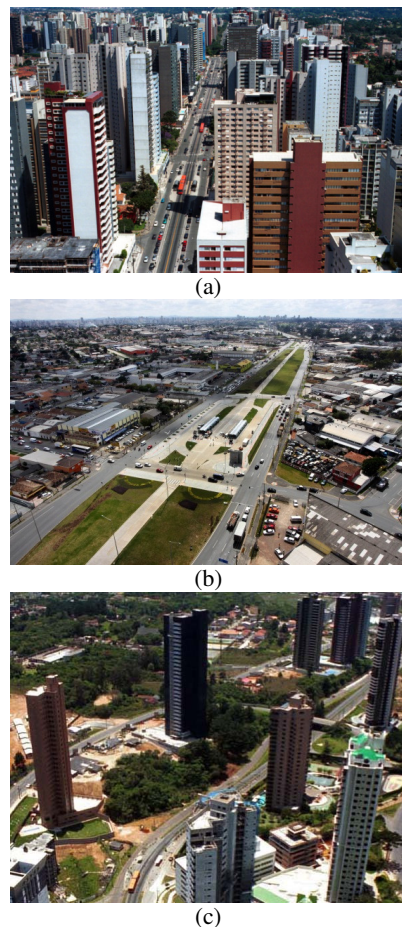


Figura 1 – (a) Trecho da Sete de Setembro; (b) Trecho da Av. Linha Verde e (c) Trecho do Ecoville
Fonte: IPPUC (2009, 2013)

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é comparar o ambiente térmico de três localidades com morfologias urbanas distintas na cidade de Curitiba, em situação de inverno.

3. MÉTODO

Curitiba abrange uma área de 435 km² e possui uma população de aproximadamente 1.800.000 habitantes (IBGE, 2010), sendo a cidade mais populosa do sul do Brasil e a sétima em nível nacional. A cidade está situada na região sul do Brasil (25°31' S, 49°11' W, 917 m acima do nível do mar), abaixo do Trópico de Capricórnio, no primeiro planalto paranaense. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima de Curitiba é predominantemente mesotérmico com verões frescos (Cfb). Medições meteorológicas oficiais são realizadas pelo INMET em uma estação no Centro Politécnico da UFPR, na região leste da cidade, denominada neste artigo como 'estação de referência'. Entre as médias mensais, a temperatura máxima é de 26 °C e a mínima é de 7,4 °C, sendo que ventos advindos do Leste são comuns durante o ano todo (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998). Segundo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ABNT, 2004), Curitiba está na Zona Bioclimática I, a mais fria das oito zonas, correspondente a 0,8% do território nacional.

Os pontos na Sete de Setembro (orientação aproximada NE-SO), Linha Verde (orientação aproximada NE-SO) e Ecoville (orientação aproximada L-O) foram monitorados no período de inverno.

Nesses locais (Figura 2), foram selecionados pontos representativos da morfologia urbana e ocupação do solo, isto é, locais consolidados e adensados. Para cada ponto, considerou-se três dias de medições em situação de inverno, sempre no período das 10h até às 15h, totalizando seis horas de monitoramento a cada dia de medição (Tabela 1), preferencialmente com céu claro. A adoção de mais um dia de medição permite o descarte de condições de baixa estabilidade atmosférica, como mostrado a seguir.

Tabela 1– Dias e locais de medição

Dia	Local
18/06/2011	Sete de Setembro (dia 1)
20/06/2011	Ecoville (dia 1)
21/06/2011	Ecoville (dia 2)
24/06/2011	Ecoville (dia 3)
25/06/2011	Sete de Setembro (dia 2)
27/06/2011	Linha Verde (dia 1)
28/06/2011	Linha Verde (dia 2)
07/07/2011	Linha Verde (dia 3)
09/07/2011	Sete de Setembro (dia 3)

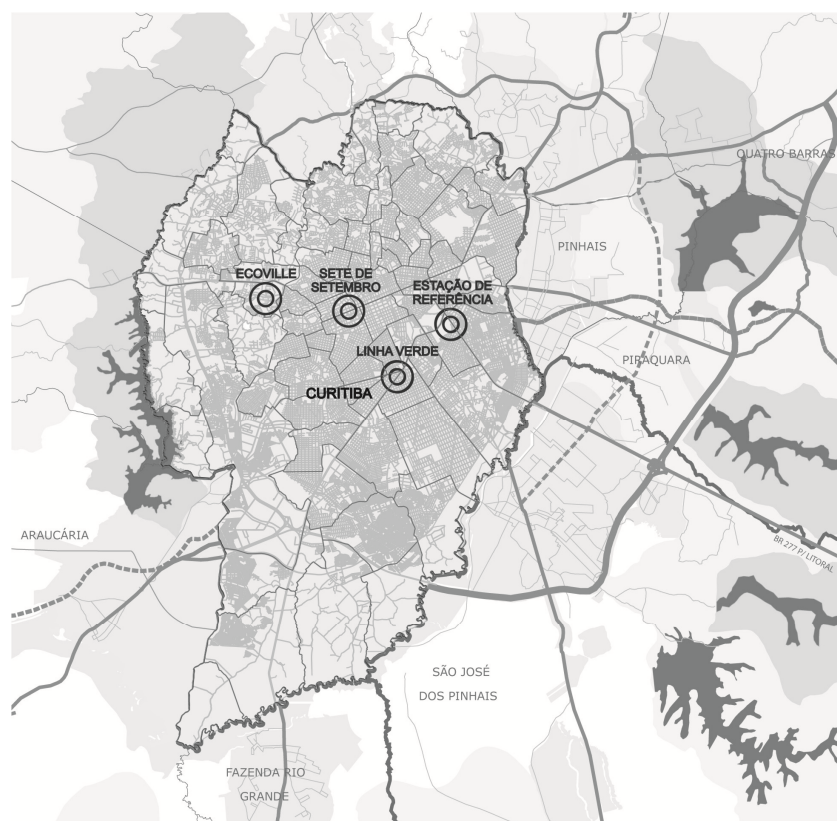


Figura 2 – Localização dos pontos de medição e da estação de referência

Em cada localidade foram posicionadas uma estação meteorológica na posição central da via e um sensor de temperatura e umidade do ar em cada passeio, representados esquematicamente na Figura 3. Estes últimos não aparecem na foto da Figura 3b devido à restrição no campo de visão. Em cada passeio foi posicionado um *datalogger* HOBO H8 RH/Temp, devidamente protegido da radiação solar direta e naturalmente ventilado, o qual foi fixado em um pedestal a 1,3 m de altura. Os passeios foram denominados segundo as testadas das edificações.



Figura 3 – (a) Sete de Setembro; (b) Linha Verde; (c) Ecoville;

A estação meteorológica utilizada (posicionada o mais próximo possível do centro da via) é da marca HOBO modelo H21-001, estando equipada com os seguintes instrumentos: sensor de temperatura e umidade (S-THB-M002) a 1,3 m de altura; piranômetro de silício (S-LIB-M003) a 1,3 m de altura; sensor de direção e velocidade do vento (S-WCA-M003) a 1,9 m de altura. Para a obtenção da temperatura radiante média (T_{rm}), foi utilizado um termômetro de globo de cobre, com $\varnothing=2''$, pintado na cor RAL-7001 (THORSSON et al., 2007), no qual foi encapsulado um sensor do tipo PT-100 (HOBO 12-Bit *Temperature Smart Sensor*), sendo o conjunto fixado a 1,1 m do solo, conforme ISO 7726 (1998). A T_{rm} foi calculada pela fórmula para convecção forçada, definida pela mesma norma. A temperatura de superfície em cada ponto foi obtida com termômetro de infravermelho em forma de pistola da marca RayTemp 38 a uma distância de 1,00 m do solo. A coleta de dados foi realizada a cada 30 minutos em quatro pontos pré-fixados ao redor da estação, sendo consideradas as médias aritméticas desses valores. As faixas de precisão desses instrumentos satisfazem as recomendações da norma ISO 7726 (1998), que dispõe sobre os instrumentos para a medição de variáveis físicas.

Para avaliar o nível de conforto térmico é utilizado o índice denominado PET (Temperatura Fisiológica Equivalente – *Physiological Equivalent Temperature*), o qual foi desenvolvido por Höppe com base no modelo *Munich Energy-balance Model for Individuals* (MEMI) em 1984. O PET, expresso em °C, baseia-se no balanço térmico do corpo, sendo "um índice para cálculo do conforto térmico, adaptado às condições externas, que considera não só a temperatura, umidade e vento, mas também a temperatura radiante média e é baseado na equação de equilíbrio térmico humano em estado de uniformidade" (MAYER; HÖPPE, 1987, citado por LOIS; LABAKI, 2001). Segundo Höppe (1999), o PET é definido como a temperatura fisiológica equivalente, em um determinado ambiente (interno ou externo), à temperatura do ar de um ambiente interno de referência, no qual o balanço térmico humano é mantido com temperatura da pele e do centro do corpo iguais àquelas das condições em avaliação.

Os dados climáticos do ambiente de referência e os dados individuais são estabelecidos da seguinte forma: velocidade do ar de 0,1 m/s; temperatura radiante média igual à temperatura do ar; pressão de vapor de água de 12 hPa (umidade relativa de 50% a uma temperatura do ar de 20 °C); metabolismo 80 W (atividade leve) e vestimenta de 0,9 clo. De acordo com a Tabela 2, o conforto térmico para um ambiente padrão seria correspondente a uma faixa entre 18 °C e 23 °C (MAYER; MATZARAKIS, 1998).

Tabela 2– Sensação térmica e nível de estresse térmico para o índice PET

PET	Sensação Humana	Nível de estresse térmico
4 °C	Muito frio	estresse extremo ao frio
8 °C	frio	estresse forte ao frio
13 °C	pouco frio	estresse moderado ao frio
18 °C	leve frio	estresse leve ao frio
23 °C	confortável	sem estresse térmico
29 °C	leve calor	estresse leve ao calor
35 °C	pouco calor	estresse moderado ao calor
41 °C	calor	estresse forte ao calor
	muito calor	estresse extremo para calor

Fonte: Mayer e Matzarakis (1998)

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Para a escolha do dia de análise em cada localidade, usou-se o critério do dia com maior média diária de pressão atmosférica, variável relacionada com a estabilidade atmosférica.

Na Sete de Setembro, foi escolhido o dia 09/07/2011 (dia 3 – 915 hPa); no Ecoville, o dia 24/06/2011 (dia 3 – 914 hPa); e, na Linha Verde, o dia 28/06/2011 (dia 2 – 915 hPa). Nota-se que as médias diárias de pressão atmosférica em todos os dias de monitoramento apresentaram valores muito próximos (Figura 4).

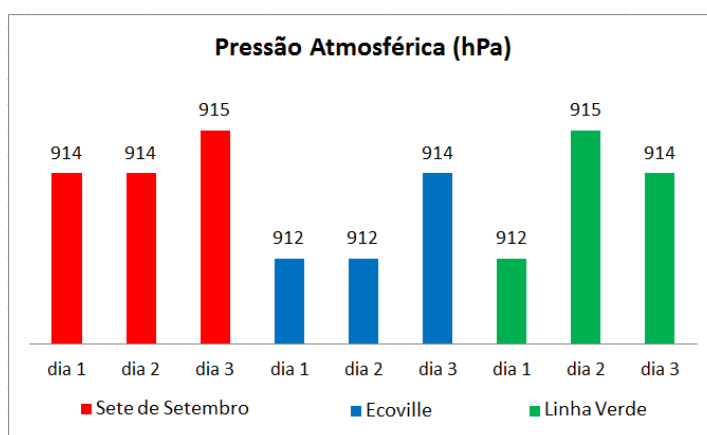


Figura 4 – Valor média de pressão atmosférica nos dias monitorados

Com o objetivo de comparar as variáveis microclimáticas de cada ponto foi necessário normalizar os dados, uma vez que as medições não foram simultâneas. Inicialmente, com auxílio do programa Rayman Pro versão 2.1 (MATZARAKIS; RUTZ; MAYER, 2010), foram calculados a temperatura radiante média (T_{rm}) e o índice de conforto térmico PET para a estação de referência. Tais cálculos foram realizados a partir das seguintes variáveis microclimáticas: temperatura (T_a) e umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (v) e radiação solar global (I_g). As informações pessoais foram baseadas nos dados de um homem padrão segundo a norma ISO 8996 (2004), sendo consideradas as seguintes características: idade 30 anos, altura 1,75m e peso 70 kg. Posteriormente, para cada hora de medição, foi realizada a média da variável da estação de referência a ser normalizada, considerando os três dias de monitoramento selecionados (09/07/2011, 24/06/2011 e 28/06/2011), obtendo-se, assim, o chamado 'fator de normalização'. O processo de

normalização dos dados procedeu-se da seguinte forma: a variável microclimática medida *in loco* foi multiplicada pelo fator de normalização horário correspondente e, então, dividida pela variável obtida na estação de referência no horário correspondente (para cada dia separadamente); obtendo-se, assim, dados passíveis de serem comparados. Para os dados de velocidade do vento foi necessário aplicar uma equação logarítmica (Equação 1) para duas alturas conforme citada por Oke (2006, p. 25), viabilizando a comparação dos dados de vento da estação de referência (medidos a 10 m de altura) com os obtidos nas áreas urbanas a uma altura de 1,9 m.

$$u_1 / u_{ref} = \ln(z_1 / z_0) / \ln(z_{ref} / z_0) \quad \text{Equação 1}$$

Sendo u_1 a velocidade corrigida, u_{ref} a velocidade obtida na estação de referência, z_1 a altura de correção, z_{ref} a altura do instrumento na estação de referência e z_0 o coeficiente de rugosidade.

Para o coeficiente de rugosidade foi considerado o valor de 0,1, referente a espaço aberto com obstáculos ocasionais (OKE, 2006, p. 21). Faz-se a ressalva de que a Equação 1 negligencia a influência da estratificação térmica no perfil da velocidade do vento.

A temperatura do ar (Figura 5) na Linha Verde (média de 16,3 °C) foi mais alta comparativamente as outras quatro localidades, inclusive em relação à estação de referência (média de 14,5 °C). A Ta média no Ecoville foi de 14,1 °C e na Sete de Setembro foi de 13,5 °C. No ponto na Linha Verde a velocidade do vento (Figura 6) foi mais alta e com menor variação comparativamente aos pontos analisados. A velocidade do vento média foi de 1,2 m/s, enquanto no Ecoville e na Sete de Setembro foi de 1,0 e 0,7 m/s, respectivamente. Na estação de referência a velocidade média do vento (corrigida a altura para 1,9 m) foi de 0,4 m/s.

A radiação solar global (Figura 7) na Linha Verde apresentou maior valor médio, com 537 W/m², e, conseqüentemente, maior valor médio de temperatura radiante média (Figura 8), com 41 °C. O ponto situado no Ecoville está sujeito ao sombreamento gerado pelos edifícios do entorno durante alguns períodos, resultando em uma radiação solar global média de 276 W/m² e em uma Trm média de 26 °C. O ponto na Sete de Setembro é sombreado pelas edificações dos entorno após as 11h00, resultando em valores baixos de Ig, correspondendo a um valor médio de 96 W/m² e em uma Trm de 16 °C. Na estação de referência, os valores de Ig foram bastante semelhantes aos da Linha Verde, com uma diferenciação do valor da Trm às 15h, em função de diferenças na velocidade do vento em cada local.

A Tabela 3 corresponde aos valores horários de PET calculados nos três locais de análise.

O ponto na Sete de Setembro, por estar sujeito ao sombreamento provocado pelas edificações do entorno, possui maior desconforto térmico no período de inverno, com sensação térmica variando de frio até confortável e nível de estresse térmico médio em moderado estresse térmico ao frio (PET=12 °C). O Ecoville possui nível mais elevado de conforto térmico comparativamente ao ponto na Sete de Setembro, com PET médio de 14 °C, correspondente ao nível de estresse 'estresse leve ao frio'. A Linha Verde, por estar em local aberto, possui valores mais altos de PET, com sensação térmica variando entre 'leve frio' até 'leve calor'. O PET médio nesse ponto foi de 22 °C, indicando que esse local é mais confortável termicamente no período de inverno do que os pontos na Sete de Setembro e no Ecoville.

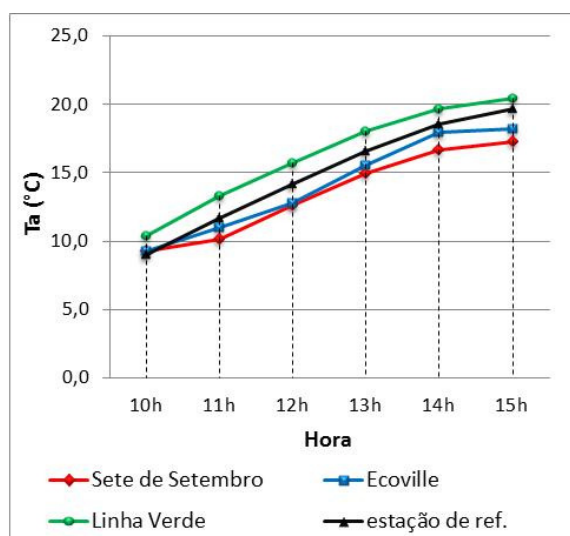


Figura 5 – Comparação entre os dados normalizados de temperatura do ar

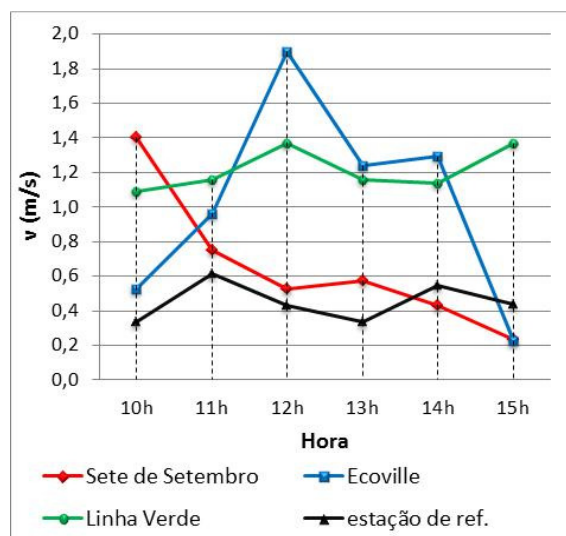


Figura 6 – Comparação entre os dados normalizados de velocidade do vento

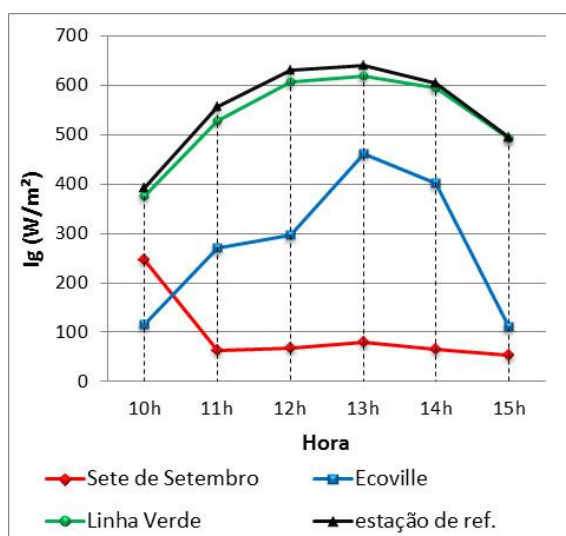


Figura 7 – Comparação entre os dados normalizados de radiação solar global

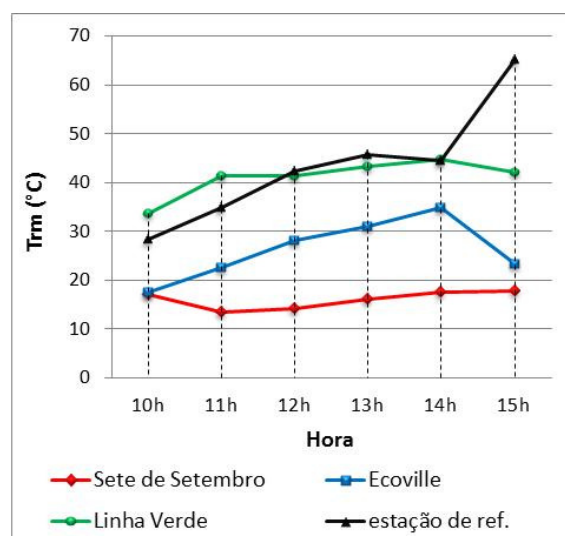


Figura 8 – Comparação entre os dados normalizados de temperatura radiante média

Tabela 3– Resultados do índice PET calculado e normalizado para os três pontos de análise

Hora	Sete de Setembro		Ecoville		Linha Verde	
	PET (°C)	Sensação Humana	PET (°C)	Sensação Humana	PET (°C)	Sensação Humana
10h	6	frio	10	pouco frio	14	leve frio
11h	8	frio	11	pouco frio	20	confortável
12h	11	pouco frio	13	pouco frio	20	confortável
13h	13	pouco frio	18	leve frio	24	leve calor
14h	15	leve frio	20	confortável	27	leve calor
15h	19	confortável	15	leve frio	26	leve calor
média	12	pouco frio	14	leve frio	22	confortável

Foram monitoradas, também, a temperatura do ar (Tabela 4) e a temperatura de superfície (Tabela 5) nos passeios e realizada uma comparação com os dados do sensor posicionado mais próximo da parte central da via. Ressalta-se que esta análise se refere à comparação entre os três pontos monitorados em cada via (passeios e centro da via) e não entre as três localidades (Sete de Setembro, Ecoville e Linha Verde), ou seja, sem haver normalização de dados. Na Tabela 4 é possível verificar que na Sete de Setembro a Ta no centro da via foi mais alta que nos passeios, com exceção da testada sudeste às 11h. A maior diferença média foi verificada entre o centro da via e a testada noroeste, com 1,2 °C. No Ecoville, o centro da via e a testada nordeste registraram valores próximos de Ta. Nesse local, a maior diferença média de Ta ocorreu entre o centro da via e a testada sudoeste, com 1,5 °C. Na Linha Verde, o ponto central e os pontos nos passeios apresentaram valores próximos de Ta média, com maior diferença entre o centro da via e o passeio sudeste (0,5 °C). As diferenças foram insignificantes neste caso, pois a largura da via e a altura das edificações apresentam características de uma área com baixo adensamento.

Tabela 4 – Valores médios de Ta monitorados no centro da via e nos passeios

Hora	Ta (°C) - Sete de Setembro			Ta (°C) - Ecoville			Ta (°C) - Linha Verde		
	Centro da via	Testada Noroeste	Testada Sudeste	Centro da via	Testada Sudoeste	Testada Nordeste	Centro da via	Testada Noroeste	Testada Sudeste
10h	8,5	7,5	7,9	13,2	12,7	12,7	6,9	5,8	6,2
11h	10,0	9,1	10,7	14,2	13,3	13,8	9,6	8,9	9,2
12h	12,1	11,2	12,4	16,3	15,0	16,0	12,1	11,4	11,7
13h	14,7	13,5	14,1	19,1	17,0	18,9	14,2	13,9	13,7
14h	16,5	15,1	15,8	21,5	18,8	21,2	16,1	16,4	15,4
15h	17,1	15,6	16,8	21,5	19,9	21,0	17,0	17,8	16,7
média	13,2	12,0	13,0	17,6	16,1	17,3	12,6	12,4	12,2

Uma característica que difere nas três localidades analisadas e que pode ter influência nos valores registrados de Ta nos passeios é o recuo frontal dos edifícios. Na Sete de Setembro, o recuo é de 4m em relação ao alinhamento predial, mas o primeiro pavimento, ao se projetar sobre o alinhamento forma uma galeria coberta (conforme resolução do Plano Massa, citado na seção 1). A configuração geométrica das galerias e dos próprios edifícios na Sete de Setembro, que, no local de medição, possuem pouco ou nenhum recuo lateral, acabam projetando sombra em toda a via, e principalmente no passeio testada noroeste. No Ecoville, os edifícios possuem recuo frontal de pelo menos 5 m em relação ao alinhamento predial, além de estarem relativamente “isolados” em lotes de grandes dimensões (Figura 1c). No entanto, há de se considerar que tais edifícios estão protegidos por muros (intercalados por alvenarias e grades) no alinhamento predial, os quais podem projetar sombras nos passeios. O ponto central do Ecoville está sujeito à influência do sombreamento de alguns edifícios durante alguns períodos do dia. Na Linha Verde, além da via possuir maior largura, pois abriga duas pistas de rolamento a mais que na Sete de Setembro e no Ecoville, os edifícios têm maior recuo frontal. Em quase todo o tempo de medição os pontos de medição estavam expostos à radiação incidente, apresentando valores de Ta semelhantes aos do ponto central da via.

Tabela 5 – Valores médios de Ts monitorados no centro da via e nos passeios

Hora	Ts (°C) - Sete de Setembro			Ts (°C) - Ecoville			Ts (°C) - Linha Verde		
	Centro da via	Testada Noroeste	Testada Sudeste	Centro da via	Testada Sudoeste	Testada Nordeste	Centro da via	Testada Noroeste	Testada Sudeste
10h	8,2	5,7	12,3	14,1	12,6	12,3	13,2	15,2	15,2
11h	9,7	8,0	20,6	19,5	14,5	16,7	19,7	22,8	22,0
12h	11,3	9,6	15,8	20,9	13,7	17,8	24,6	28,1	26,9
13h	11,4	10,7	14,9	29,1	14,1	23,1	26,0	29,9	27,1
14h	12,0	10,9	13,9	29,8	14,5	21,3	26,8	29,0	28,8
15h	11,5	10,2	12,2	24,1	15,7	20,0	26,2	28,4	27,6
média	10,7	9,2	14,9	22,9	14,2	18,5	22,7	25,6	24,6

Em relação à Ts (Tabela 5), na Sete de Setembro, esperava-se que essa variável fosse mais alta no centro da via (média de 10,7 °C) em relação à Ts nos passeios (média de 9,2 °C no passeio testada noroeste e de 14,9 °C no passeio testada sudeste). No entanto, no passeio testada sudeste, a Ts foi mais alta (fato que se repetiu nos três dias de medição realizadas naquele local). Tal fato pode estar relacionado ao fator de visão do ponto, com mais obstrução do entorno e, em decorrência disso, menor liberação de calor para o céu. No Ecoville, a Ts no centro da via (média de 22,9 °C) foi mais alta que nos passeios testada sudoeste (média de 14,2 °C) e testada nordeste (média de 18,5 °C), possivelmente em função do tipo de pavimentação adotado (pedra portuguesa nos passeios e asfalto no centro da via) e da geometria urbana. Na Linha Verde, a Ts no centro da via (média de 22,7 °C) foi mais baixa que nos passeios testada noroeste (média de 25,6 °C) e testada sudeste (média de 24,6 °C), possivelmente em razão do efeito do revestimento do solo (área gramada próxima ao ponto central versus área impermeabilizada nos passeios).

5. CONCLUSÕES

A morfologia urbana dos pontos localizados na Sete de Setembro, no Ecoville e na Linha Verde possui características particulares, sendo representantes de planos urbanísticos distintos. Por meio da normalização dos dados foi possível comparar o microclima de tais localidades em situação de inverno. O ponto localizado na Linha Verde possui nível mais alto de conforto térmico no período de inverno que os pontos situados no Ecoville e na Sete de Setembro, fato diretamente relacionado à morfologia urbana e à quantidade de radiação solar incidente em cada localidade. Ressalta-se que a inauguração da Linha Verde em 2009 trouxe consigo mudanças no zoneamento urbano e o plantio de áreas vegetadas, as quais podem acarretar em alterações no ambiente térmico da Linha Verde em um futuro próximo.

É importante reiterar que as condições do campo térmico urbano em cada ponto influenciam não somente o nível de estresse térmico externo, mas as condições de insolação e ventilação das edificações. O presente artigo faz parte de uma pesquisa de doutorado em andamento, a qual pretende incluir análises do período de verão nos mesmos pontos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.220-3 – Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, 2004.

- CAMPOS, R. F. **Análise da influência da orientação da testada dos lotes na ocupação do Setor Estrutural de Curitiba**. 2005. 202f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0062.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2010.
- CURITIBA. **Lei ordinária no 2.828, de 10 de agosto de 1966**. Institui o Plano Diretor de Curitiba e aprova as suas Diretrizes Básicas, para orientação e controle do desenvolvimento integrado do Município. Diário Oficial do Município. Curitiba, 1966.
- CURITIBA. **Lei ordinária no 4.199, de 08 de maio de 1972**. Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no município de Curitiba, revoga as leis nº 4.199/72, 5.234/75, 5.263/75, 5.490/76, 6.204/81, 6.769/85, 7.068/87 e 7.622/91, e dá outras providências. Diário Oficial do Município. Curitiba, 1972.
- CURITIBA. **Lei ordinária no 5.234, de 10 de dezembro de 1975**. Modifica a Lei no 4.199/1972 e dá outras providências. Diário Oficial do Município. Curitiba, 1975.
- CURITIBA. **Lei ordinária no 9.800, de 03 de janeiro de 2000**. Dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba e da providências. Diário Oficial do Município, Curitiba, 2000.
- DANNI-OLIVEIRA, Inês. M. A Cidade de Curitiba e a Poluição do Ar: Implicações de seus atributos urbanos e geoecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno. In: MONTEIRO, CARLOS. A. F.; MENDONÇA, F (Orgs). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. 192 p.
- DANNI-OLIVEIRA, Inês. M. Considerações Sobre a Poluição do Ar em Curitiba-PR Face a Seus Aspectos de Urbanização. Revista **Ra 'E Ga**, Curitiba, n. 4, p.101-110. 2000.
- HÖPPE, Peter. The Physiological Equivalent Temperature: a index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, n.43, p. 71–75, 1999.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil 2010**. v. 70. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). **Website**. <<http://ippuc.org.br>>. Acesso em 11 nov. 2009 e 10 abr. 2013.
- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). **Plano Diretor de Curitiba 2004**. O planejamento urbano de Curitiba. Curitiba: IPPUC, 2004. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/>>. Acesso em 04 jan. 2012.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 7726**: ergonomics of the thermal environment: instruments of measuring physycal quantities. Switzerland, ISO, 1998.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 8996**: Ergonomics of the thermal environment: determination of metabolic rate. Switzerland, ISO, 2004.
- LAMBERTS, R. GOULART, S. FIRMINO, S. **Dados Climáticos Para Projeto e Avaliação Energética de Edificações Para 14 Cidades Brasileiras**. Florianópolis: UFSC, 1998.
- LOIS, Erica; LABAKI, Lois C. Conforto térmico em espaços externos: uma revisão. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: ANTAC, 2001.
- MATZARAKIS, Andreas; RUTZ, Frank; MAYER, Helmut .Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model INT J BIOMETEOROL , vol. 54, no. 2, pp. 131-139, 2010
- MAYER, Helmut; MATZARAKIS, Andreas. Human-biometeorological assessment of urban microclimates' thermal component. In: Int. Symposium on Monitoring and Management of Urban Heat Island. Fujisawa, Japan. **Proceedings...**1998, p.155-168. 1998.
- MINELLA, Flavia C. O.; RASIA, Francisco; KRÜGER, Eduardo L. . Impactos microclimáticos da morfologia urbana: comparação preliminar entre dois modelos de urbanização em Curitiba. In: Entac 2010 - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010, Canela RS. **Anais...** Porto Alegre RS: ANTAC, 2010. v. 1. p. 1-11, 2010.
- OKE, Tim R. **Boundary Layer Climates**. 2 ed. Londres: Routledge, 1987. 435p.
- SANTAMOURIS, Matheos (Org) et al. **Energy andclimate in the urban built environment**. Londres: James and James Science Publishers, 2001.
- SOUZA, Léa C. L.; RODRIGUES, Daniel S.; MENDES, José F. G. Expandindo um SIG-D para aplicação em conforto ambiental em nível urbano. In: VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações,8, 2003, Curitiba. **Anais...**Curitiba: ANTAC, 2003. p. 669-676.
- THORSSON, S. et al. Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. **International Journal of Climatology**. n.27, p.1983 -1993, 2007.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado e ao CNPq pela bolsa de iniciação científica.