



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **IMPACTOS MICROCLIMÁTICOS DA MORFOLOGIA URBANA: COMPARAÇÃO PRELIMINAR ENTRE DOIS MODELOS DE URBANIZAÇÃO EM CURITIBA**

**Flávia Osaku Minella (1); Francisco B. Costa Rasia (2); Eduardo Krüger (3)**

(1) Arquiteta, Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia - PPGTE, Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, PR. E-mail:

arqui\_flavia@yahoo.com.br

(2) Arquiteto, Mestrando, PPGTE/UTFPR. E-mail: chico.ix@terra.com.br

(3) Prof. Dr., PPGTE/UTFPR. E-mail: ekruger@utfpr.edu.br

### **RESUMO**

Os setores estruturais de Curitiba foram concebidos como eixos preferenciais de adensamento e urbanização, ainda nos anos 1970. Quase quarenta anos após sua criação, os eixos estruturais se encontram em variados graus de consolidação; um aspecto particular da morfologia dessas ruas é o Plano Massa – uma tipologia de edifício composto por torre sobre embasamento de dois pavimentos, projetando-se sobre o alinhamento predial e com afastamento facultativo das divisas laterais do lote. Novos eixos de desenvolvimento propostos em fins da década de 1990 trouxeram novos modelos de urbanização. Inspirado na Ville Radieuse de Le Corbusier (década de 1920), a região do Ecoville revisita o setor estrutural, com outra tipologia de ocupação: torres isoladas em lotes de grandes dimensões, aliada à preservação de áreas verdes e bosques nativos. Este estudo visa comparar os efeitos microclimáticos produzidos por essas duas formas contrastantes de urbanização, quanto aos aspectos de circulação do ar, temperaturas (intensidade da ilha de calor diurna), umidade relativa e intensidade de radiação solar, por meio de medições in loco no mês de abril de 2010, comparativamente aos dados da estação meteorológica de referência.

Palavras-chave: clima urbano; morfologia urbana; modelos de urbanização.

## 1 INTRODUÇÃO

Curitiba é internacionalmente reconhecida como exemplo de qualidade de vida e planejamento urbano; na década de 1990, um conjunto de intervenções urbanas e ações de marketing pregaram na cidade o título de “Capital Ecológica” (RABINOVITCH; LEITMAN, 1996). Enquanto algumas iniciativas de incorporação de preceitos de ecoeficiência na lei de uso do solo tenham sido tomadas no início da década de 2000, questões de bioclimatismo e sustentabilidade permanecem largamente ignoradas pelos planejadores.

A influência do ambiente construído sobre os processos atmosféricos tem sido objeto de pesquisa há várias décadas. Entende-se que o ambiente construído “envolve a transformação das características radiativas, térmicas, de umidade e aerodinâmicas, e assim afeta os fluxos solares e hidrológicos naturais” (OKE, 1978, p. 240, tradução livre) das áreas urbanas. Entre os efeitos da urbanização sobre o clima da cidade e da área circundante, têm destaque:

1. Transformação da superfície, ocasionando alterações no balanço de radiação (efeito dos materiais com maior capacidade térmica) e alteração das características aerodinâmicas: as superfícies urbanas são mais rugosas, causando maior fricção e afetando a velocidade dos ventos locais;
2. Os sistemas de drenagem eliminam rapidamente a água da chuva. Menos água é incorporada ao solo, e as taxas de evaporação urbanas acabam sendo menores que as rurais;
3. As atividades urbanas liberam substâncias contaminantes;
4. Geração de calor: dito tecnógeno, dissipado de veículos, equipamentos, instalações, indústrias.

Segundo Santamouris (2001), a distribuição da temperatura do ar na camada intra-urbana é afetada em grande parte pelo balanço de radiação. No processo de balanço térmico, a abóbada celeste, por possuir temperaturas mais amenas do que a superfície terrestre, funciona como um receptor da radiação de onda longa vinda da camada urbana, possibilitando o resfriamento desta superfície (SOUZA; RODRIGUES; MENDES, 2003). Nesse sentido, a geometria urbana e qualquer outro elemento que obstrua a visão do céu influem no controle da temperatura das superfícies e na temperatura do ar. Em consequência da perda de radiação ser mais lenta em áreas urbanas do que nas áreas rurais, há mais ganho solar do que efetivamente perda, sendo este efeito considerado a principal causa da ilha de calor urbana (CHAPMAN; THORNES; BRADLEY, 2001; MOIN; TSUTSUMI, 2004; CHAPMAN, 2007). Desta maneira, a morfologia dos grandes centros urbanos, geralmente representada pelos cânions urbanos, está diretamente relacionada com o fenômeno da ilha de calor.

Para Romero (2001), o vento é o elemento climático mais alterado pela urbanização, mas também o mais passível de controle através do desenho urbano. Segundo a autora, “a orientação das ruas com relação à direção dos ventos, o tamanho, a altura e a densidade dos edifícios, assim como a distribuição dos edifícios altos entre os baixos, etc. têm um grande impacto nas condições urbanas do vento” (ROMERO, 2001, p. 92). Conforme Oke (1978), compreender o ambiente de vento no entorno das edificações é importante para prever proteções contra danos causados pelo vento, para o conforto e segurança dos ocupantes e pedestres e para a dispersão de poluentes. Segundo Romero “as torres, quando dispersas na vizinhança, sempre aumentam a velocidade do ar nas ruas” (ROMERO, 2001, p. 93). A autora afirma ainda que configurações de alta densidade com torres são melhor ventiladas que configurações de menor densidade em edifícios de altura uniforme.

A configuração em torres isoladas é um tema recorrente no urbanismo modernista; por exemplo, a Ville Radieuse de Le Corbusier, do início do século XX; a seleção dos pontos de interesse para esse estudo pretende confrontar, de forma preliminar, esse arquétipo de configuração (adotado na área do Ecoville) e a verticalização com espaçamento mínimo ou nenhum entre as edificações, adotada no eixo estrutural Sete de Setembro, por meio de variáveis microclimáticas monitoradas *in loco* comparativamente à estação meteorológica de referência.

## 2 OS SETORES ESTRUTURAIS DE CURITIBA – TRAJETÓRIA

O início das iniciativas formais de planejamento de Curitiba remonta aos anos 1940, quando é elaborado o plano Agache. Segundo Danni-Oliveira (2009), tanto esse plano quanto a iniciativa

seguinte, o Plano Serete, constituem projetos de planejamento filiados aos ideais progressistas da Carta de Atenas. Para a autora, enquanto o Plano Agache setoriza a cidade nas quatro grandes funções da Carta – “habitar, trabalhar, locomover-se, cultivar o corpo e o espírito” (CHOAY, 1979, p. 21) – o “Plano Serete redimensionava tais funções e propunha, em sua versão original, o conceito de cidade-jardim, proposto no planejamento progressista de Le Corbusier” (DANNI-OLIVEIRA, 2009, p. 156).

O Plano Preliminar foi sancionado em 1966, (lei 2.828 - CURITIBA, 1996), e estão entre suas principais diretrizes: uso e ocupação diferenciada do solo; mudança, do sentido radial de expansão, para uma configuração linear a partir de eixos estruturais que integrariam sistema de transportes e uso do solo; e a criação de uma paisagem urbana típica de Curitiba (CAMPOS, 2005). Apoiava-se no tripé “sistema viário, uso do solo e transporte de massa”, no qual o sistema viário iria desempenhar o papel de indutor e controlador do crescimento da cidade, e não o contrário. Direcionar o adensamento populacional ao longo dos eixos estruturais – onde estariam localizadas as edificações de maior altura, com combinação de uso residencial e comercial e de serviços - foi a alternativa adotada ao crescimento concêntrico da malha urbana. A implantação das vias estruturais – consideradas fundamento básico do Plano Diretor – teve início em 1971. Em 1974, são reformadas as avenidas João Gualberto, Paraná e República Argentina, com a construção das canaletas e início da operação dos ônibus expressos.

A proposta inicial previa o adensamento dos eixos estruturais com uma limitação para a ocupação do solo: o Plano impunha o limite de três edifícios por quadra, naquelas limitadas pelos Eixos Estruturais, com recuos em relação aos limites do terreno; as áreas remanescentes seriam ocupadas com parques, jardins e áreas de lazer, constituindo as Torres Residenciais (DANNI-OLIVEIRA, 2000). 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 idéias 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 idéia das torres-jardins (DANNI-OLIVEIRA 2009, p. 157). Pressões que se manifestaram na adoção, na segunda metade da década de 1970, do Plano Massa, que priorizava o máximo adensamento ao longo dos eixos estruturais sem maiores considerações sobre a preservação da qualidade ambiental.

Forte elemento definidor da paisagem urbana de Curitiba, o Plano Massa foi instituído pelo decreto 408/76. Em alguns trechos das vias centrais dos Setores Estruturais, incentiva-se o adensamento ao se liberar a construção de um embasamento comercial, formado por loja e sobreloja. A sobreloja se projeta sobre o alinhamento predial, enquanto o térreo obedece ao recuo de 4 m, constituindo uma galeria longitudinal coberta, em toda a extensão da testada do lote. Sobre o embasamento se constrói uma torre para uso residencial, comercial ou de prestação de serviços.

Na gestão de Cássio Taniguchi (1997 a 2000), o Plano Diretor é finalmente revisado, ainda que superficialmente. A lei 9800/00 (CURITIBA, 2000) impôs o novo plano diretor, sob críticas<sup>1</sup>. Essa lei traz uma mudança significativa, instituindo o afastamento lateral de H/6 nos Setores Estruturais. Campos ressalta que, com essa medida, “ao invés de serem reduzidos os coeficientes ou as taxas de ocupação, foram alterados os afastamentos das divisas, que passaram [a ser] determinados pela altura da construção dividida por seis (H/6), o que deverá definir uma nova configuração na ocupação do Setor Estrutural” (CAMPOS, 2005, p. 72). Segundo Schmid (2001), essa maneira de cálculo dos afastamentos laterais poderia ser interpretada como uma abordagem simplificada de envelope solar.

Na Zona Nova Curitiba (prolongamento Oeste do Setor Estrutural Norte), foi utilizado um expediente semelhante de cálculo do afastamento lateral (CAMPOS, 2005). Essa área, também conhecida como Ecoville, tem todos os atributos de um “descendente filosófico” dos Setores Estruturais, com uma importante diferença: a ocupação desses trechos envolveu a reorganização da estrutura fundiária, com

---

<sup>1</sup> Criticava-se a proposta de cidade pluriaxial, o incentivo à ocupação ao longo da rodovia BR-116, os novos eixos de adensamento em direção às áreas de mananciais, o projeto controverso do metrô.

a fusão de lotes e a construção de grandes torres de uso majoritariamente residencial, isoladas em lotes de dimensões generosas, sobre os quais se encontram áreas de lazer e áreas verdes, algumas delas bosques de preservação privados. Apesar dos projetos que conscientemente se voltam para dentro, ignorando o espaço público, no Ecoville se realizou em parte a proposta original para os Setores Estruturais: as torres-jardim isoladas em meio ao verde. No entanto, a atenção dedicada pela comunidade científica ao Ecoville é virtualmente nula: estudos sobre a evolução histórica dessa ocupação, seus atributos arquitetônicos e ambientais são, na melhor das hipóteses, escassos.

## 2.1 Estudos realizados sobre os Setores Estruturais

Dada sua importância histórica, econômica e como elemento da paisagem curitibana, não é inesperado que os Setores Estruturais sejam objeto frequente de estudo. Entre os estudos já realizados, têm destaque as questões de partilha da cidade, a evolução da ocupação dos setores estruturais e seus aspectos ambientais.

A partir dos cadernos do Plano Preliminar de Urbanismo (PPU) e outros documentos do IPPUC (Instituto de Planejamento Urbano de Curitiba), Souza (2001) investigou a articulação do saber técnico às estratégias de arregimentação da população, divisão desigual do espaço e orientação diferenciada das políticas urbanas. Para o autor, a leitura da cidade e a classificação das áreas – e seus habitantes – entre aquelas de expansão orgânica (ou natural) e inorgânica visou sobretudo à indução de investimentos e adensamento ao longo dos Eixos Estruturais, adicionando valor suplementar às áreas centrais já valorizadas.

O estudo de Lobo, Scheer e Campos<sup>2</sup>, de 1988, se valeu apenas da análise gráfica, sem quantificação (o que estava acima da capacidade de computação disponível à época). Ainda assim “o resultado final induzia à necessidade de se rever os parâmetros urbanísticos vigentes, a fim de se evitar o comprometimento do Setor Estrutural em diversos aspectos, como insolação, ventilação, circulação e paisagem” (CAMPOS, 2005, p. 76-7).

Em um estudo encomendado pelo IPPUC e posteriormente publicado no formato de artigo, Schmid (2001) utilizou um modelo computacional para avaliar os impactos da então proposta alteração da lei de uso do solo (a Lei 9.800/00) sobre o aproveitamento da luz natural e a irradiação solar nos interiores de edifícios nos Setores Estruturais e adjacências (ZR4). Além da situação preexistente, foram analisados dois cenários alternativos de cálculo dos afastamentos, H/5 e H/6. Ambos os cenários apontaram melhorias ambientais nos interiores das edificações. Finalmente, a municipalidade optou pelo afastamento de H/6, por considerar o valor de H/5 excessivamente restritivo.

Campos (2005) estudou a influência da orientação das testadas – somente as de orientação Norte e Sul – sobre as tipologias edilícias e usos das edificações em um trecho do Setor Estrutural [Norte] (Rua Sete de Setembro). O trecho estudado se sobrepõe parcialmente a um dos setores do presente estudo. Suga (2005) estudou as condições de aproveitamento da luz do dia em ambientes do 1º andar de edifícios típicos do Plano Massa, em quatro trechos dos setores estruturais e [quatro] orientações diferentes. Para todas as orientações, a razão H/W com valor 2,00 se mostrou crítica. De seu trabalho, resultaram sugestões de variados valores para a razão H/W, adequados às diferentes orientações de vias para melhoria dos níveis de iluminação e períodos de insolação nos ambientes internos.

## 3 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é comparar as variáveis climáticas obtidas *in loco* em dois pontos de Curitiba com modelos de urbanização distintos (pontos na Av. de Sete de Setembro e no setor do Ecoville) em relação à estação meteorológica de referência (Instituto Nacional de Meteorologia, INMET) situada em terreno aberto.

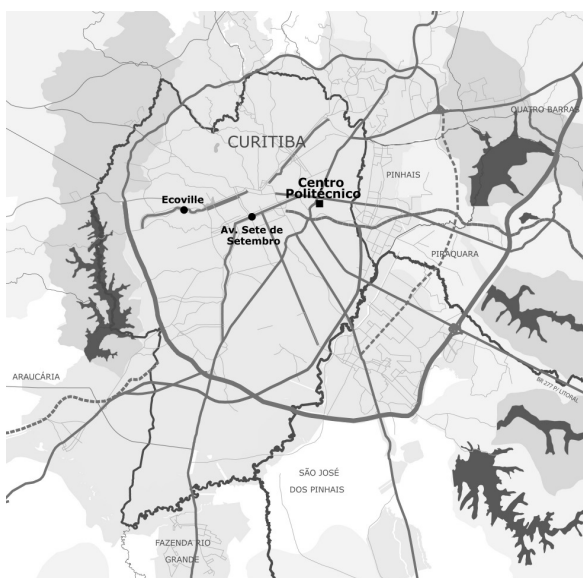
---

<sup>2</sup> LOBO, M. L. SCHEER, S. CAMPOS, R. F. **Sub-centro do Portão: estudo de caso com computação gráfica.** Curitiba: UFPR, 1988. Relatório de pesquisa.

## 4 ÁREA DE ESTUDO

Curitiba encontra-se na região sul do Brasil, latitude 25° 31' S, longitude 49° 11' W e altitude de 917m acima do nível do mar. Abrange uma área de 435 km² e possui uma população de aproximadamente 1.800.000 habitantes (IBGE, 2009). A cidade se situa 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), com invernos tipicamente secos (IPPUC, 2009). As precipitações são da ordem de 1600 mm anuais. 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.

Medições meteorológicas oficiais são realizadas pelo INMET em uma estação no Centro Politécnico da UFPR, na região leste da cidade, chamada neste artigo de estação de referência. A média das temperaturas máximas anuais é de 26°C e a média das mínimas é de 7,4°C. Os ventos dominantes sopram de leste, nordeste e sudeste, com médias entre 2 e 3 m/s (LAMBERTS; GOULART; FIRMINO, 1998). Na Figura 1, constam os pontos de interesse para este estudo. Para escolha do ponto no Ecoville (Figura 2a) e do ponto na Sete de Setembro (Figura 2b) procuraram-se áreas com características morfológicas representativas, e, portanto, áreas já consolidadas.



**Figura 1** – Mapa de Curitiba com a localização das áreas de interesse



**Figura 2** – (a) Trecho do Ecoville; (b) Trecho da Sete de Setembro  
**Fonte:** IPPUC (2009)

## 5 MÉTODOS E EQUIPAMENTOS

Este estudo é essencialmente descritivo, apoiado em trabalho de campo.

Os procedimentos e especificações para medição de dados climáticos, padronizados pela WMO, visam à obtenção de dados comparáveis, registrados em condições as mais semelhantes possível. Quando se estuda contextos urbanos, no entanto, as especificações-padrão da WMO – que se aplicam essencialmente a contextos rurais – podem não ser viáveis (OKE 2006).

Enquanto os padrões da WMO especificam a medição de vento a 10m de altura, tentativas de se atingir esta altura não se mostraram possíveis tecnicamente. Assim, optou-se por montar uma plataforma baseada em um veículo tipo picape, de maneira a aliar a mobilidade e rapidez de montagem à estabilidade do equipamento. Foram utilizados dois anemômetros de copo (montados a 3m e a 5m do

solo), dois sensores de temperatura e umidade relativa (montados a 3m e a 5m do solo) e um piranômetro de silício montado a 2m do solo. Os sensores, datalogger e demais elementos da estação foram acomodados em uma plataforma acoplada a uma picape (Figura 3).



**Figura 3** – Plataforma de medição meteorológica acoplada a uma picape

Combinaram-se componentes já adquiridos da estação meteorológica com elementos especialmente fabricados. Um assoalho em compensado e madeira foi produzido, com 1,10m de largura e 1,00m de comprimento. Furos foram feitos para a fixação de parafusos e um conjunto de porca e contra-porca permitem a fixação e nivelamento do tripé da estação meteorológica. Um conjunto de mastros em chapa de aço galvanizado foi confeccionado; furações nesses mastros permitem a montagem dos anemômetros em alturas diferentes, com intervalo de 1m. Um sistema de atirantamento (com mosquetões em alumínio e cordelete de náilon) proporciona maior estabilidade. Os demais componentes – datalogger, sensores de temperatura e umidade relativa e piranômetro – fixam-se diretamente aos mastros, sem necessidade de adaptações. Extensões foram confeccionadas para a conexão dos sensores ao datalogger, em cabo telefônico de 6 vias com conectores tipo RJ-11. Testes em laboratório mostraram que o comprimento adicional dos cabos não afetou os valores registrados no datalogger.

O monitoramento *in loco* na Sete de Setembro ocorreu no dia 21/04/2010 e, uma semana depois, no dia 28/04/2010, no Ecoville. Os dados foram coletados de 5 em 5 segundos, garantindo maior precisão dos resultados. Para a composição dos minutos foram feitas médias aritméticas e depois calculadas as médias horárias. Os dados da estação de referência foram obtidos na plataforma disponível *online* pelo INMET. Foram considerados os dados referentes à hora UTC. O INMET oferece os valores máximos, mínimos e instantâneos das variáveis climáticas. Para comparação com os dados coletados *in loco*, foram extraídas as médias entre esses extremos.

## 6 RESULTADOS

É apresentada a seguir uma análise estatística preliminar referente a dois pontos de medição em dias específicos e em um período diurno limitado. A Tabela 1 contém as médias horárias de temperatura (T), umidade relativa (UR) e velocidade do vento (v) obtidas em duas alturas, 5 e 3 m, além das médias horárias de radiação solar incidente (I) para o período das 10h00 até as 15h00, totalizando 6 horas de monitoramento por dia. Os valores médios do período completo de medição mostram que a diferença de altura entre os sensores posicionados a 5 e a 3 m pouco interfere no resultado final, com diferenças dentro da margem de erro dos instrumentos. Desta forma, para análise dos resultados, selecionaram-se os dados coletados a 3 m, por esta ser uma altura mais próxima da altura dos demais sensores adotados nos monitoramentos.

No dia 21/04/2010 a variável climática que apresentou maior correlação com a temperatura do ar foi a velocidade do vento ( $r=0,99$ ), seguida da umidade relativa do ar ( $r=-0,98$ ) e da radiação solar incidente ( $r=-0,95$ ). Os valores negativos das duas últimas correlações indicam a tendência de que à medida que os valores de temperatura aumentavam, os valores de umidade do ar e radiação solar diminuíssem (sombreamento localizado).

O comportamento das variáveis climáticas no Ecoville foi diferente daquele encontrado na Sete de Setembro. A umidade relativa apresentou alta correlação com a temperatura do ar, com  $r=-1,00$ . A correlação da T com a velocidade do vento foi de  $r=-0,76$ , sendo mais fraca com a radiação solar

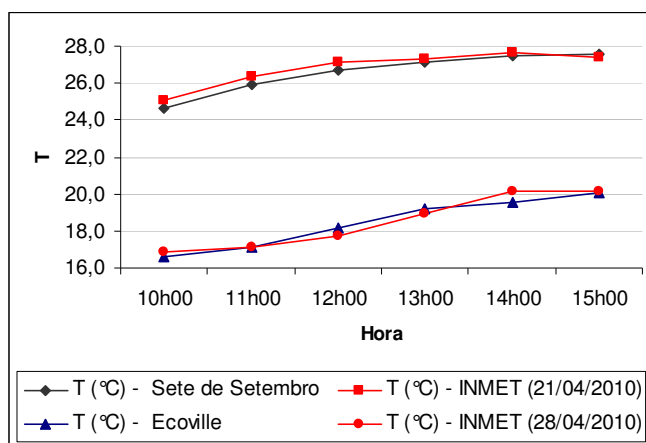


( $r=0,16$ ). Nota-se a relação inversa entre a temperatura do ar com a velocidade do vento e com a umidade. A baixa correlação da temperatura do ar com a radiação solar se deve, principalmente, às condições de céu daquele dia, classificado (qualitativamente) como encoberto até as 12h00 e parcialmente encoberto no restante do dia.

**Tabela 1** - Médias horárias de temperatura (T), umidade relativa (UR) e velocidade do vento (v) obtidas *in loco*

Altura dos instrumentos		5 m			3 m			2m
Data	Hora	T (°C)	UR (%)	v (m/s)	T (°C)	UR (%)	v (m/s)	I (W/m <sup>2</sup> )
21/04/2010	10h00	24,4	66	0,9	24,6	65	0,8	500
	11h00	25,8	59	1,0	25,9	58	1,0	254
	12h00	26,7	53	1,1	26,7	52	1,1	176
	13h00	27,1	53	1,3	27,1	52	1,3	186
	14h00	27,5	52	1,3	27,5	51	1,3	159
	15h00	27,5	50	1,3	27,6	49	1,3	161
Média do período		26,5	56	1,1	26,6	55	1,1	240
28/04/2010	10h00	16,6	83	1,6	16,6	83	1,4	179
	11h00	17,1	82	1,3	17,1	81	1,2	137
	12h00	18,1	79	1,4	18,2	78	1,3	429
	13h00	19,0	77	1,4	19,2	75	1,2	326
	14h00	19,5	75	1,3	19,5	74	1,2	179
	15h00	20,0	73	1,1	20,1	72	1,0	197
Média do período		18,4	78	1,4	18,4	77	1,2	241

O Gráfico 1 mostra as médias de T coletadas *in loco* em comparação com a estação de referência para os dois dias de monitoramento.



**Gráfico 1** – Valores médios de T coletadas *in loco* em comparação com a estação de referência para os dias de monitoramento

No ponto da Av. Sete de Setembro ocorreu a formação de uma ilha de frescor durante o período monitorado. Conforme Gráfico 1, percebe-se que a estação fixa controlada pelo INMET registrou temperaturas mais elevadas (média de 26,8°C) em relação à área urbana (média de 26,5°C), embora a diferença tenha sido pouco significativa. A ocorrência de ilha de frescor na área urbana é justificada pelo fato de que devido às obstruções locais, esta área está menos exposta à radiação solar do que a estação de referência, localizada em espaço aberto. Nota-se, também, a proximidade dos valores ao longo do período de monitoramento.

Variações maiores da diferença de temperatura do ar entre o ponto no Ecoville e no INMET ocorreram no dia 28/04. Verifica-se que no ponto do Ecoville ocorreu um ligeiro decréscimo da média de T no

período das 14h00, com conseqüente elevação na pressão atmosférica. Na estação fixa, este decréscimo é verificado às 12h00 e às 13h00, momentos nos quais houve a formação de uma ilha de calor urbana, ainda que as diferenças nos valores tenham sido pequenas.

Na estação fixa, de referência, os dados de vento são coletados a uma altura de 10 m. Assim, para que fosse possível a comparação desses dados com os dados de vento das áreas urbanas a uma altura de 3 m, foi necessária a aplicação de uma equação logarítmica (Equação 1) para 2 alturas conforme citada por Oke (2006, p. 25):

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

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.

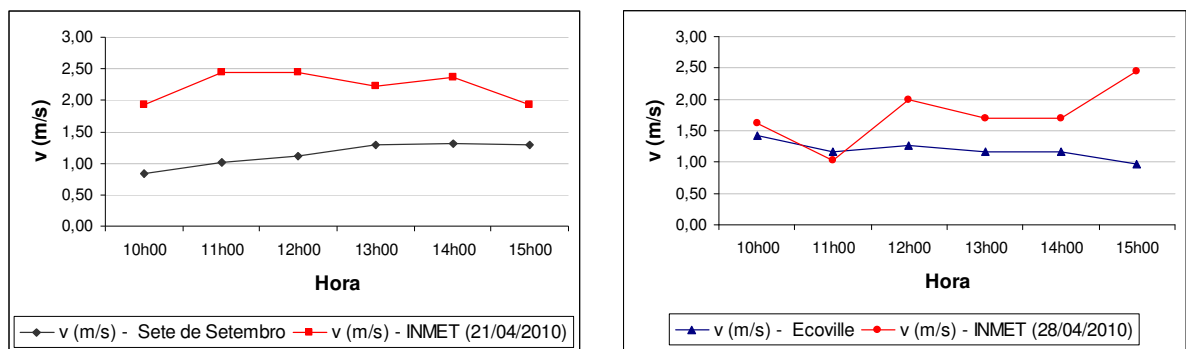
Para o coeficiente de rugosidade foi considerado o valor de 0,1, referente a espaço aberto com obstáculos ocasionais (OKE, 2006, p. 21). Faz-se a ressalva de que a Equação 1 negligencia a influência da estratificação térmica no perfil da velocidade do vento. A Tabela 2 é referente aos valores médios das variáveis climáticas coletadas pelo INMET, incluindo os valores corrigidos de velocidade do vento.

**Tabela 2** - Médias horárias de temperatura (T), umidade relativa (UR) e velocidade do vento (v) obtidas no INMET

Data	Hora	T (°C)	UR (%)	v (m/s) 10m	v (m/s) 3m
21/04/2010	10h00	25,1	61	2,6	1,9
	11h00	26,4	53	3,3	2,4
	12h00	27,2	50	3,3	2,4
	13h00	27,4	49	3,0	2,2
	14h00	27,7	47	3,2	2,4
	15h00	27,4	47	2,6	1,9
Média do período		26,8	51	3,0	2,2
28/04/2010	10h00	16,9	84	2,2	1,6
	11h00	17,1	81	1,4	1,0
	12h00	17,8	80	2,7	2,0
	13h00	18,9	77	2,3	1,7
	14h00	20,2	71	2,3	1,7
	15h00	20,2	71	3,3	2,4
Média do período		18,5	77	2,4	1,8

A velocidade média do vento no dia 21/04/2010 foi de 1,1 m/s, com rajadas de 1,2 m/s e predominância de ventos do quadrante Nor-Noroeste (NNO). Na estação de referência a velocidade média corrigida foi 2,2 m/s. No dia 28/04/2010, a velocidade do vento foi de 1,2 m/s e rajadas de 1,2 m/s, contra v=1,8 m/s na estação fixa. A direção do vento predominou no quadrante Noroeste (NO). Por meio do Gráfico 2, percebe-se a influência das estruturas urbanas para uma menor variação da velocidade do vento.

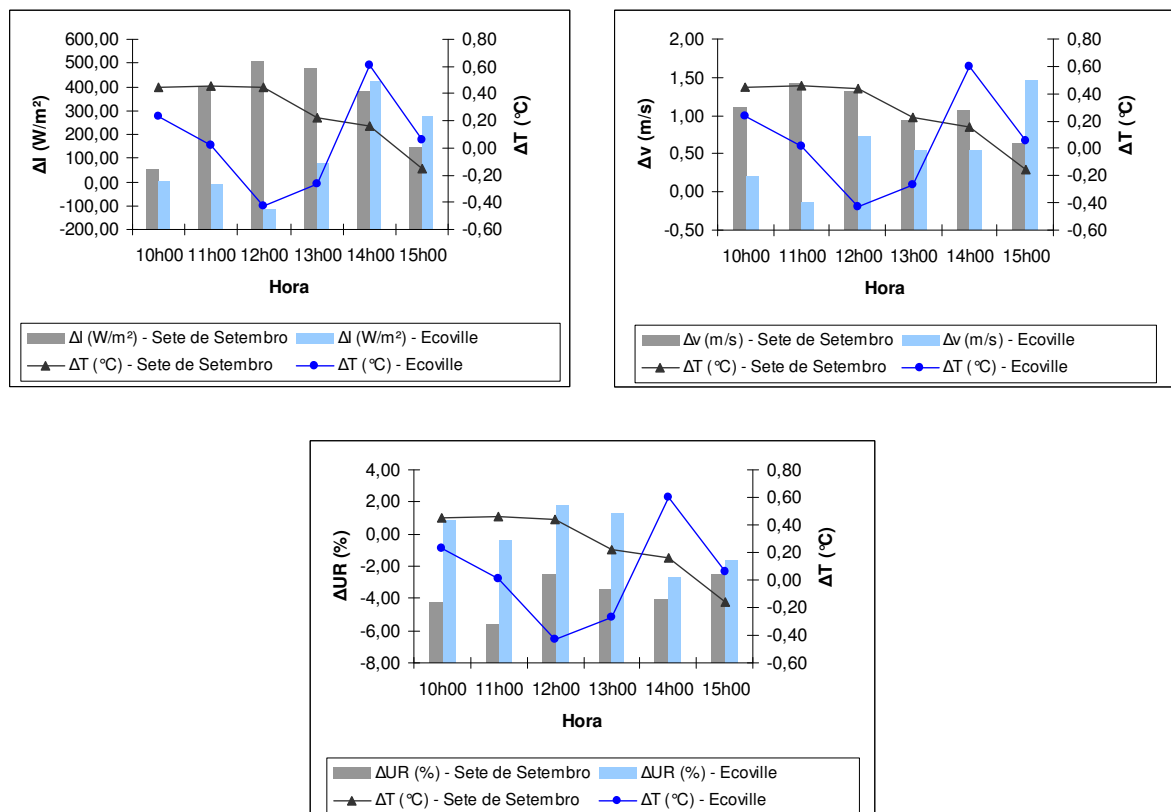




**Gráfico 2 –** Valore médios de  $v$  coletadas *in loco* em comparação com a estação de referência para os dias de monitoramento

Em dias com temperaturas relativamente baixas como os dias de monitoramento, pressupõe-se que velocidades de vento maiores podem auxiliar na diminuição da temperatura ambiente, reforçando a tendência de ilha de frescor. No dia 28/04/2010, como dito anteriormente, houve a formação de uma pequena ilha de calor às 12h00 e às 13h00. Neste período foi registrada maior velocidade do vento, com valores acima da média, no entanto o efeito da incidência solar parece ter exercido maior influência neste intervalo de tempo, embora a correlação entre as variáveis  $T$  e  $I$  tenha sido baixa.

Para que fosse possível uma análise conjunta dos dois conjuntos de dados, foram considerados os resultados da subtração ( $\Delta T$ ) dos dados do INMET com os dados coletados *in loco*, considerando as médias horárias. Os  $\Delta T$ 's foram usados como parâmetro para a comparação com os dados das diferenças de radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa do ar (Gráfico 3).



**Gráfico 3 –** Comparação entre as diferenças térmicas em relação aos dados das diferenças de radiação solar, velocidade do vento e higrométricas (dados do INMET - dados coletados *in loco*).

Nota-se por meio das diferenças térmicas do ponto no Ecoville com os dados do INMET, que o decréscimo verificado às 12h00 e o aumento da diferença de temperatura do ar às 14h00 refletem nos valores extremos das diferenças de intensidade da radiação solar. No Gráfico 3, pode ser visualizada uma tendência em relação aos valores de temperatura e da radiação solar incidente, denotando a influência desta para a determinação da temperatura ambiente, ainda que a correlação tenha sido baixa entre esses parâmetros. Essa similaridade no padrão de comportamento das diferenças das variáveis consideradas pode ser percebida também para o ponto na Sete de Setembro. No entanto, para este local, as diferenças das médias de velocidade do vento mostram um padrão mais próximo com as diferenças de temperatura ambiente. Considerando as diferenças de UR e T, percebe-se a tendência inversa entre as variáveis.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados apontam para a formação de uma pequena ilha de frescor nos dois pontos monitorados em um período diurno específico em relação à estação de referência. Esta situação decorre da época do ano em que as medições foram realizadas, isto é, o mês de abril, período no qual a temperatura é mais alta na estação de referência devido à localização em terreno aberto com características distintas do meio urbano.

No ponto da Av. Sete de Setembro, a velocidade do vento apresentou maior influência para a formação da ilha de frescor. A morfologia desta via caracterizada por uma menor largura da via e recuo frontal, podem contribuir para uma maior canalização dos ventos em comparação com a morfologia encontrada no setor do Ecoville, local no qual o vento exerceu (comparativamente) menor contribuição para a formação do campo térmico no dia de monitoramento. Em dias com temperaturas mais baixas, a situação atual da geometria urbana na Av. Sete de Setembro pode contribuir para um maior desconforto térmico, mas pode ser favorável para mitigar os efeitos negativos da ilha de calor no verão. No ponto do Ecoville a variável climática com maior influência foi a umidade relativa do ar. Uma questão a ser levada em conta é que além das condições de céu do dia de monitoramento, o setor compreende espaços com áreas gramadas e arborizadas, se diferenciando da quase completa impermeabilidade do solo no setor da Sete de Setembro. A condição de céu encoberto até as 12h00 neste dia também pode ter contribuído para uma correlação mais fraca da temperatura com a radiação solar.

Este estudo piloto faz parte de uma pesquisa de doutorado em andamento e envolverá outros pontos de medições. Além disso, serão realizadas simulações numéricas para uma melhor caracterização do campo térmico das áreas citadas. Traçar um panorama inicial destas duas morfologias distintas irá auxiliar nas etapas futuras de simulação.

## 8 REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de normas técnicas. **Projeto de norma 02:136.01.001** – Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 3, 2004.

CAMPOS, R. F. **Análise da influência da orientação da testada dos lotes na ocupação do Setor Estrutural de Curitiba**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível online em: <[www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0062.pdf](http://www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0062.pdf)>. Acesso em 03/03/2010.

CHAPMAN, L. Towards a tree-view factor. Why do urban climatologists dislike trees? **IAUC Newsletter**, v. 25, p. 4-6, 2007.

CHAPMAN, L.; THORNES, J. E.; BRADLEY, A. V. Rapid determination of canyon geometry parameters for use surface radiation budgets. **Theoretical Appl. Climatol.**, v. 69, n.1-2, p. 81-89, 2001.

CHOAY, F. **O Urbanismo: Utopias e Realidades. Uma Antologia.** São Paulo: Perspectiva, 1979.

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.

CURITIBA. **Lei ordinária nº 9800, 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.

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. In: MONTEIRO, C. A. F.;

MENDONÇA, F. **Clima Urbano.** São Paulo: Contexto, 2009 (1ª. reimpressão da 1ª edição).

DANNI-OLIVEIRA, I. 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.

IBGE. **Cidades.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em: 21 jun. 2009.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). **Website.** <<http://ippuc.org.br>>. Acesso em 11/ 2009.

LAMBERTS, R. GOULART, S. FIRMINO, S. **Dados Climáticos Para Projeto e Avaliação Energética de Edificações Para 14 Cidades Brasileiras.** Florianópolis: UFSC, 1998.

MOIN, U. M.; TSUTSUMI, J. Rapid Estimation of Sky View Factor and Its Application to Human Environment. **Journal of the Human-Environment System**, v.7, n.2, p.83-87, 2004.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates.** Londres: Metheun, 1978.

OKE, T. R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites.** Genebra: WMO, 2006.

RABINOVITCH, J. Innovative land use and public transport policy – The case of Curitiba, Brazil. In: **Land Use Policy**, v. 13, n. 1, p. 51-67, Elsevier, Grã-Bretanha, 1996.

RABINOVITCH, J. LEITMAN, J. Urban Planning in Curitiba. In: **Scientific American**, Estados Unidos, mar. 1996.

ROMERO, M. A. B. **A Arquitetura Bioclimática do Espaço Público.** Brasília: UnB, 2001.

SANTAMOURIS, M. (Org) et al. **Energy and climate in the urban built environment.** Londres: James and James Science Publishers, 2001.

SCHMID, A. L. “Daylighting and Insolation in High Density Urban Zones: how Simulation Supported a New Law”. In: Curitiba. **Building Simulation 2001**, p.1093-1100. Rio de Janeiro, IBPSA, 2001. Disponível em: <[http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2001/BS01\\_1093\\_1100.pdf](http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2001/BS01_1093_1100.pdf)>. Acesso em 05/03/2010.

SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S.; MENDES, J. 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.

SOUZA, N. R. Planejamento urbano em Curitiba: saber técnico, classificação dos cidadãos e partilha da cidade. In: **Rev. Sociol. Polít.**, Curitiba, n. 16, p. 107-122, jun. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsocp/n16/a07n16.pdf>>. Acesso em 08/03/2010.