

COMPARAÇÕES ENTRE TEMPERATURAS MEDIDAS E PREDITAS EM CÂNION URBANO – UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE MODELAGEM DE CLIMA URBANO “CAT”

E. L. Krüger

Prof. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Prof. Departamento de Construção Civil,
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) E-mail: ekruger@utfpr.edu.br

RESUMO

De forma a se poder testar a ferramenta de modelagem de clima urbano *Canyon Air Temperature* - CAT, comparou-se as previsões do modelo com dados medidos em um cânion urbano em Sede Boqer (latitude 30.8°N e altitude de 480m acima do nível do mar), Campus da Universidade de Ben-Gurion, localizado no Deserto do Negev, em Israel. O “cânion” medido consistiu de um espaçamento existente entre dois blocos de apartamentos, tendo o vão uma largura de aproximadamente 10 metros e uma altura de prédios de 6 metros ($H/W=0.6$). Na comparação final com os dados medidos, calibrou-se CAT para as condições de verão de Sede Boqer. O resultados mostraram ser possível obter valores preditos bastante próximos aos medidos, favorecendo o uso da ferramenta para estudos em clima urbano CAT para climas áridos.

ABSTRACT

In order to be able to test the use of the Canyon Air Temperature model (CAT) for simulations of different street canyons exposed to arid conditions, a comparison was made between predicted and measured temperatures at a street canyon in Sede Boqer (latitude 30.8°N and elevation 480 m above sea level), Campus of the Ben-Gurion University of the Negev, Israel. The “canyon” consisted of a space between building rows with a 10m wide street and 6m high buildings ($H/W=0.6$). In the final comparison, CAT was calibrated for summer conditions at Sede Boqer. It was found that predicted results were fairly close to measured data, allowing the use of CAT in urban climate studies in hot-arid climates.

1. INTRODUÇÃO

Embora diversos modelos e técnicas para simulação térmica e energética de edificações tenham sido desenvolvidos e aperfeiçoados nas últimas décadas, as simulações realizadas não costumam tratar de forma eficaz as conseqüências do microclima urbano. Geralmente o projetista considera a edificação como desintegrada do meio externo imediato, ignorando em suas simulações as conseqüências diretas advindas das características geométricas urbanas e fatores relacionados ao clima urbano no ambiente construído (RATTI et al., 2005).

Um aspecto relevante, simulações térmicas e energéticas de edificações tendem a desconsiderar dados climáticos locais, adotando aqueles coletados em estações meteorológicas, não necessariamente próximas ao local onde se pretende construir. Oke (1999) mostra a importância de se contar com diversas estações meteorológicas urbanas e a dificuldade que se apresenta certas vezes quanto à seleção de dados climáticos confiáveis, representativos do microclima urbano. Quanto a isso, um entendimento dos processos físicos que ocorrem na escala urbana tem grande importância na modelagem de clima urbano. A partir desses modelos, será então possível prever com certa confiança as características climáticas de determinada região, como fator resultante de aspectos urbanos e uso do solo.

O presente trabalho se insere numa pesquisa maior, desenvolvida como tema de projeto de pós-doutorado, realizado junto ao *Department of Man in the Desert, Ben-Gurion University of the Negev*, Israel. Esse projeto envolveu diversas etapas e teve como finalidade analisar os efeitos de alterações da configuração urbana no consumo de energia para condicionamento térmico de edificações. De forma a se poder testar uma ferramenta de modelagem de clima urbano para simulações de cânions urbanos diversos, sujeitos a condições desérticas (etapa posterior ao presente estudo), comparou-se nesta etapa as previsões do modelo com dados medidos em um cânion existente no Campus da Universidade de Ben-Gurion, localizado em Sede Boqer (latitude 30.8°N e altitude de 480m acima do nível do mar), Deserto do Negev, Israel. Apresenta-se neste artigo uma breve descrição do modelo e do monitoramento *in loco* realizado para fins dessa comparação.

2. DESCRIÇÃO DA FERRAMENTA CAT

A ferramenta de modelagem de clima urbano *Canyon Air Temperature model (CAT)* (ERELL & WILLIAMSON, 2004; ERELL & WILLIAMSON, 2006) é um programa em FORTRAN criado para prever a temperatura do ar em um cânion urbano com base em dados climáticos obtidos em estações meteorológicas convencionais e em características geométricas e físicas de ambas as localidades (cânion e estação meteorológica). Assumindo-se que ambos os locais estão sujeitos às mesmas condições mesoclimáticas, diferenças em termos de temperatura local devem-se exclusivamente a diferenças morfológicas e de superfície. Assume-se também que há uma distribuição homogênea das temperaturas no cânion.

A temperatura mesoclimática T_b é determinada a partir de cálculos do balanço energético para a localidade de referência (estação meteorológica) e, com base nessa temperatura T_b e na descrição do cânion urbano, prediz-se sua temperatura. As diferenças entre temperaturas locais devem-se a diferenças no **balanço energético de superfície** (acima da malha urbana) para cada local.

Para o balanço energético de superfície, a distribuição dos fluxos energéticos se dá segundo a equação básica:

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S \quad [\text{Eq.1}]$$

Na qual Q^* é a radiação líquida obtida para todos os comprimentos de onda, Q_F é o calor antropogênico, Q_H é calor sensível, Q_E é calor latente e ΔQ_S é o fluxo devido ao armazenamento de calor na malha urbana. Todos os termos são calculados em CAT a partir de dados disponíveis na estação meteorológica e a partir das características do cânion. A temperatura no cânion é computada como sendo a soma da temperatura do ar encontrada na estação meteorológica com a diferença líquida em termos de temperatura resultante das características de ambos os sítios, segundo procedimento detalhado em Erell & Williamson (2006).

A validação do modelo foi realizada a partir de medições de campo em Adelaide, Austrália, para diversos cânions urbanos. A calibração pode ser realizada alterando-se os coeficientes do modelo de histerese (CAMUFFO & BERNARDI, 1982), utilizado para determinação de ΔQ_s ; dados quanto à umidade do solo; e coeficientes que determinam a natureza do fluxo de ar que atravessa o cânion. Dentre diversas aplicações possíveis do modelo, os autores sugerem seu uso para o estudo do efeito de configurações urbanas no consumo energético em edificações.

Tabela 1: Dados requeridos pelo modelo CAT (ERELL, 2004)

<i>Dados climáticos (meteo_in.txt)</i>	<i>Características da localidade (met_site.txt e urb_site.txt)</i>
Ano	Albedo médio do solo
Mês	Albedo médio das paredes
Dia	Largura do cânion
Hora	Altura da parede 1 do cânion
TBS na estação meteorológica [°C]	Altura da parede 2 do cânion
Umidade relativa na estação meteorológica [%]	Distância de um prédio vizinho 1
Velocidade do vento na estação meteorológica [m s ⁻¹]	Altura do prédio vizinho 1
Direção do vento na estação meteorológica [graus, 360=norte]	Distância de um prédio vizinho 2
Nebulosidade na estação meteorológica [décimos]	Altura do prédio vizinho 2
Precipitação horária [mm]	Orientação do eixo do cânion [graus, 360=norte]
Radiação Global em plano horizontal [W m ⁻²]	Coefficiente de armazenamento de calor no solo (A1)
Radiação Difusa em plano horizontal [W m ⁻²]	Coefficiente de armazenamento de calor no solo (A2)
Altura Solar [graus acima do horizonte]	Coefficiente de armazenamento de calor no solo (A3)
Azimute Solar [graus, 360=norte]	Coefficiente de armazenamento de calor na parede 1 (A1)
TBS no cânion [°C] (quando disponível)	Coefficiente de armazenamento de calor na parede 1 (A2)
Umidade relativa no cânion [%] (quando disponível)	Coefficiente de armazenamento de calor na parede 1 (A3)
	Coefficiente de armazenamento de calor na parede 2 (A1)
	Coefficiente de armazenamento de calor na parede 2 (A2)
	Coefficiente de armazenamento de calor na parede 2 (A3)

3. METODOLOGIA

De modo a se poder usar a ferramenta CAT para condições climáticas do Deserto do Negev e se poder realizar simulações de cânions de diversas configurações, tomou-se medições externas entre dois blocos do complexo de apartamentos de estudantes no Campus de Sede Boqer da *Ben-Gurion University* (Figura 1). O local é pouco densificado e possui vegetação rasteira. O complexo de apartamentos consiste de várias fileiras de apartamentos individuais, com orientação leste-oeste. Os planejadores do complexo tomaram o cuidado em proporcionar ganhos solares aos apartamentos de forma a se ter um funcionamento passivo dos ambientes no inverno. Assim, o espaçamento entre prédios com fachada principal voltada ao sul (hemisfério norte) é significativo: a altura dos prédios é de aproximadamente 6m e o espaçamento entre os mesmos de 10m, o que nos dá uma relação $H/W=0.6$. O cânion assim formado tem um comprimento de 25m, sem presença de automóveis ou demasiado tráfego de pedestres. A estação meteorológica situa-se a cerca de 500m dali.

O monitoramento externo foi realizado entre duas fileiras de apartamentos para famílias, com orientação do eixo no sentido leste-oeste, em 3 alturas (1.5m, 2.5m e 5.5m) e ao centro do cânion, a cerca de 15m de sua extremidade oeste. A comparação entre dados medidos e resultados da ferramenta CAT envolveu permanente avaliação da magnitude e padrão das variações horárias da temperatura no cânion, relativamente aos dados coletados na estação meteorológica. O balizamento dessas variações deu-se por meio de comparações com a ilha de calor “esperada” no cânion, a partir de resultados gerados pela ferramenta CAT. Posteriormente, a consistência do padrão de variação das temperaturas no cânion, relativamente aos dados coletados na estação meteorológica, foi checada em relação a dados coletados num **modelo em escala de uma superfície urbana (OASUS)** (PEARLMUTTER et al., 2005). Nesse caso, elegeu-se uma fileira

no modelo em escala, de mesma orientação e relação H/W, analisando-se suas diferenças horárias quanto a um sensor externo ao modelo.

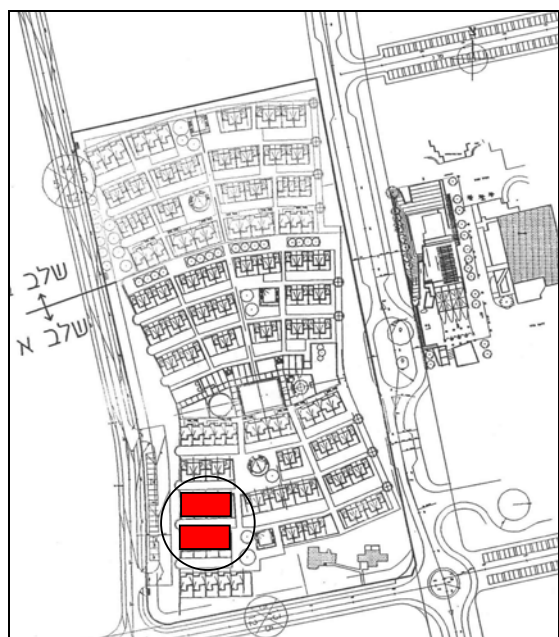


Figura 1_a: Complexo de apartamentos de estudantes, com a demarcação do cânião analisado



Figura 1_b: Foto aérea do complexo

3.1 Clima local

Sede Boqer situa-se na região alta do deserto do Negev, aproximadamente a 480 m acima do nível do mar. O clima é caracterizado por grande variação térmica diária e sazonal, ar seco e céu claro com radiação solar intensa. No verão, a média das temperaturas máximas situa-se em torno de 32°C com média diária de 17°C. A radiação global tem um valor médio diário de 7.7kWh/m² em junho e julho. O vento dominante vem consistentemente do noroeste e torna-se mais forte ao final da tarde e nas primeiras horas da noite (BITAN & RUBIN, 1991).

3.2 Monitoramento

Termopares do tipo cobre-constantan para registro da temperatura ambiente foram preparados, conectados a uma estação Campbell 21X e afixados a um mastro de monitoramento de aproximadamente 5.5m de altura, de modo a se coletar dados a três alturas distintas. O mastro foi posicionado inicialmente (início de janeiro de 2006) ao lado da parede norte de um dos apartamentos, a uma distância de 50cm. Embora os sensores tenham permanecido deste modo durante boa parte do inverno protegidos contra radiação solar, a partir de março havia radiação direta incidindo nos sensores. Em maio, alterou-se o tipo de sensor para termopares ultrafinos, de área de superfície de cerca de 0.5mm, praticamente insensíveis à radiação solar. Entretanto, em junho, verificou-se que a mudança de sensor não acarretou mudanças significativas no padrão de variação da temperatura local, relativamente à registrada na estação meteorológica.

Uma observação mais minuciosa do posicionamento dos sensores no mastro indicou que, embora os sensores não fossem afetados diretamente pela radiação solar, o próprio mastro, de coloração escura, afetava os sensores por meio de radiação de onda longa. A partir daí, protegeu-se os

sensores com tubos de papelão recobertos por folha de alumínio e orientados no eixo norte-sul, o que praticamente corresponde à direção do vento dominante.

Ao final do mês de junho, posicionou-se o mastro no centro do cânion, entre duas fileiras de apartamentos para famílias, até o final do mês de agosto.



Figura 2: Mastro com termopares cobre-constantan ultrafinos, protegidos contra radiação solar direta, posicionado ao centro do cânion

A diferença horária entre as temperaturas registradas no cânion e aquelas coletadas na estação meteorológica é representada no gráfico sob a forma do valor máximo diário da ilha de calor ΔT_{u-r} (diferença de temperatura entre estação “urbana” e “rural”). Nota-se, no gráfico que as maiores diferenças são observadas no início da primavera e próximo ao verão. Os picos no gráfico indicam possível incidência direta de radiação solar nos sensores. A partir de fins de junho, os valores máximos da ilha de calor tornam-se mais realistas e da ordem de dois graus.

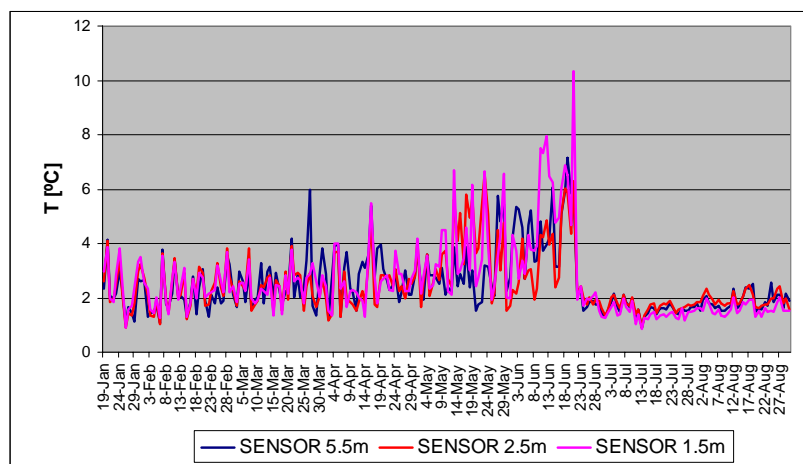


Figura 3: Máximo valor diário da ilha de calor (ΔT_{u-r}) para as três alturas

3.3 Comparações com dados coletados em modelo em escala

Uma análise mais refinada do padrão de relacionamento entre temperaturas registradas no cânion e aquelas coletadas na estação meteorológica mostrou um padrão diário bastante consistente: a máxima diferença ocorrendo por cerca das 19:00, enquanto que o cânion parecia mais frio as 6:00. Esse padrão não usual da ilha de calor indicou possível erro de monitoramento, resultante do uso de sensores distintos entre ambos os locais de medição.

De fato, um monitoramento simultâneo de temperaturas do ar em agosto no modelo em escala OASUS para condições semelhantes indicou um padrão horário da ilha de calor significativamente diferente do observado em escala real.

O modelo em escala de uma superfície urbana, denominado *Open-Air Scaled Urban Surface – OASUS* (PEARLMUTTER et al., 2005), amplia a possibilidade de análise em situações diversas encontráveis em uma malha urbana. O modelo consiste de uma malha de prédios e ruas, construída em espaço aberto. As fileiras de prédios são compostas por blocos de concreto vazados de $0.2 \times 0.2 \times 0.4$ m e apresentam características análogas aos materiais encontrados em construções da região do Negev. O sítio experimental está localizado igualmente no Campus da Universidade de Ben-Gurion, em Sede Boqer, a cerca de 500m do cânion em escala real.



Figura 4: O modelo reduzido (*Open-Air Scaled Urban Surface - OASUS*)

Na Figura 4 observa-se uma série de fileiras repetidas, na qual um mastro para monitoramento de diversas variáveis foi inserido a sotavento, seguido por uma disposição desordenada de fileiras, em diversas orientações. As fileiras repetidas são dispostas perpendicularmente ao vento dominante (noroeste), enquanto que as demais simulam situações diversas: cânions paralelos ao vento dominante e em disposição leste-oeste e norte-sul. O distanciamento entre as fileiras e sua altura também proporcionam resultados em termos de relações H/W (altura da fileira por largura entre fileiras).

Para as comparações em termos de ilha de calor, instalou-se dois termopares cobre-constantan ultrafinos conectados a uma estação Campbell em duas posições no modelo em escala: 1) fora da malha urbana, a barlavento (vento dominante noroeste) e 2) em uma fileira de orientação leste-oeste, com relação H/W de cerca de 0.6. As diferenças entre ambos os sensores mostra um valor máximo da ilha de calor ocorrendo próximo ao meio-dia.

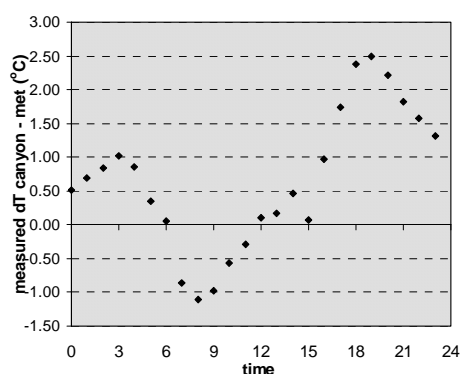


Figura 5_a: Escala real (9/Agosto)

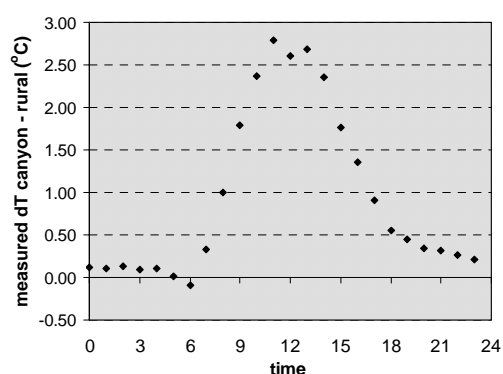


Figura 5_a: Escala reduzida (9/Agosto)

3.4 Correção Empírica de Dados Registrados na Estação Meteorológica

Em comparações entre diferentes proteções radiantes para pequenos sensores de temperatura, Erell et al. (2005) mostraram um bom desempenho dos tubos de papelão recobertos de papel alumínio. Esse tipo de proteção gera temperaturas semelhantes ao que se obtém com as denominadas *Stevenson-screens*. Além disso, deve-se atentar para a direção do eixo do tubo, preferencialmente na direção do vento dominante. Erell et al. (2005) sugerem também a adoção de sensores de pequena dimensão.

Considerando-se o padrão não usual verificado no relacionamento entre temperaturas registradas no cânion e aquelas coletadas na estação meteorológica, procedeu-se a uma comparação direta entre dados coletados no mastro de monitoramento e valores registrados na estação. Almejou-se um procedimento de correção, a ser aplicado aos dados da própria estação meteorológica, de modo a corrigir distorções. O período de monitoramento ocorreu durante o mês de setembro. A mesma estação Campbell foi empregada, com os sensores a diferentes alturas. O gráfico mostra as diferenças observadas para os três primeiros dias de monitoramento.



Figura 6: Comparação direta entre dados coletados no mastro de monitoramento e valores registrados na estação meteorológica

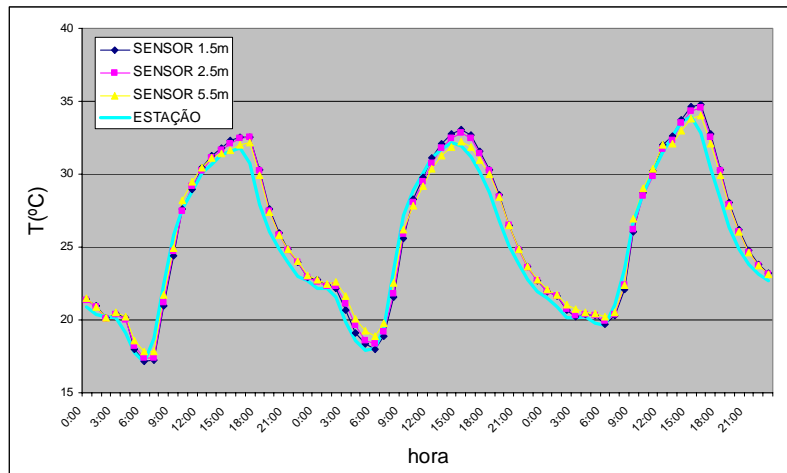


Figura 7: Diferenças entre temperaturas (primeiros três dias)

Embora as curvas apresentem padrão semelhante, observa-se uma pequena discrepância horária, fruto do emprego de diferentes proteções solares: tubos envoltos com papel alumínio versus armário de madeira. No último caso, a inércia térmica da caixa de madeira acarreta um comportamento diferenciado. A variação horária entre a média dos sensores a 1.5m e 2.5m ($AT \sim 2.0$, correspondente à altura de 1.8m do sensor na estação) e a temperatura de referência da estação meteorológica apresentou padrão semelhante ao do cânion, porém com o pico aparecendo cerca de 17:00 e diferenças negativas ocorrendo durante as primeiras horas de sol. O padrão se aproxima de uma senóide. Além disso, a discrepância horária e a dispersão verificada sugerem uma função de “loop”, ou um modelo de histerese, conforme utilizado para descrever a relação não-linear entre armazenagem de calor e radiação líquida (CAMUFFO & BERNARDI, 1982; GRIMMOND et al., 1991).

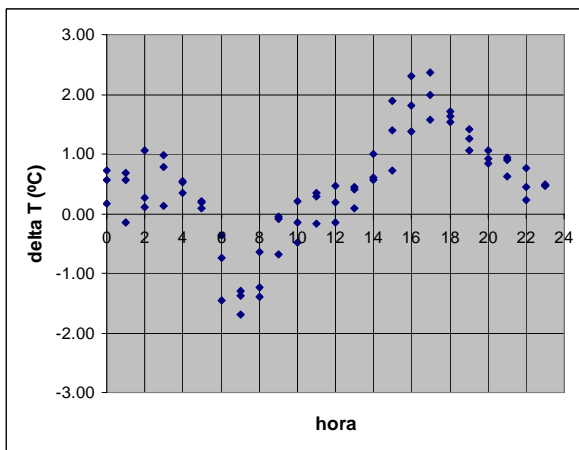


Figura 8_a: Diferença horária em °C

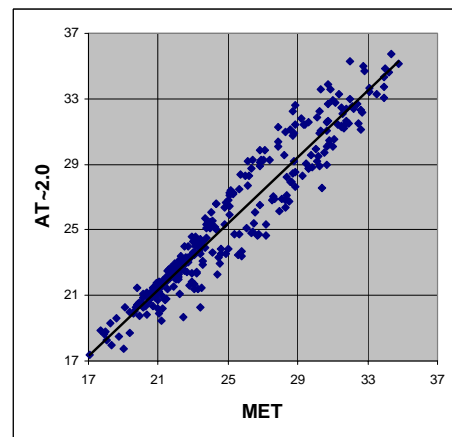


Figura 8_b: Temperaturas em °C para ambos os casos

Quatro modelos diferentes foram testados para ajuste das temperaturas da estação (MET) às temperaturas medidas nos abrigos compostos por tubos envoltos com papel alumínio ($AT \sim 2.0$). Um modelo linear não se aplica, dado que o “loop” é desconsiderado nesta relação. Um modelo senoidal combinado com modelo linear também não resolve, permanecendo as diferenças. Um

modelo de histerese combinado com o linear e a função senóide corrigiu distorções, mas verificou-se que a simples combinação de um modelo linear com a função “loop” (histerese) resolve o problema e basta como modelo corretivo:

$$MET^* = a_1 * MET + a_2 d(MET)/dt + a_3 \quad [Eq.2]$$

No qual MET^* é a temperatura corrigida para a estação, MET é a temperatura do ar registrada na estação e t a hora correspondente ($d(MET)/dt$ expressa assim a variação horária da temperatura registrada na estação). Os coeficientes a_1 e a_3 estão relacionados à linha de tendência linear do modelo linear e o coeficiente a_2 gera a função de “loop”. Obteve-se empiricamente $a_1 = 1.014$, $a_2 = -0.95$ e $a_3 = 0.0465$. O coeficiente de correlação (R^2) resultante foi de 0.9984, a diferença máxima encontrada de 0.67 graus e o desvio médio de 0.25. A Figura 9 mostra a curva de dispersão obtida após a correção.

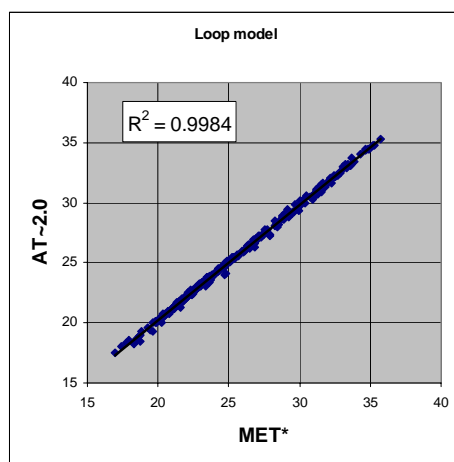


Figura 9: Diagrama de dispersão –função “loop” (temperaturas em °C)

4. EMPREGO DA FERRAMENTA CAT E COMPARAÇÕES COM MEDIÇÕES IN LOCO

Dados medidos após proteção dos sensores de temperatura e posicionamento do mastro no centro do cânion foram comparados com resultados da ferramenta CAT, após correção dos dados de temperatura coletados na estação meteorológica. As características de ambos os sítios são apresentadas na Tabela 2. Os coeficientes do modelo de histerese, que descrevem o potencial de armazenamento do solo e prédios definidores do cânion e ao redor da estação meteorológica foram obtidos de duas formas. Para a estação, adotou-se valores medidos, disponíveis em Grimmond and Oke (1999), para solo desértico nu. Para o cânion, esses coeficientes foram alterados por tentativa, de forma a ajustar os resultados aos dados medidos.

Para a comparação entre ambas as séries de dados, avaliou-se: o erro médio; o desvio padrão; o RMSE (*Root Mean Square Error*), uma medida da variação dos valores preditos ao redor dos valores medidos; o *Willmott index of agreement*, que define a similaridade de ambas as séries; o *Williamson confirmation factor*, que oferece uma indicação da fidedignidade do modelo, quanto à estimativa trivial, no caso, os dados não-alterados da estação meteorológica; e o coeficiente de correlação. A Figura 10 mostra a comparação gráfica entre dados medidos e predições de CAT para Julho (primeiros 10 dias). A Tabela 3 apresenta os parâmetros extraídos dessa comparação (mês completo).

Tabela 2: Características da estação meteorológica e do cânion (comparar com Tabela 1)

Parâmetros para a estação meteorológica	Parâmetros para o cânion
<i>Mean surface albedo of ground (ALBEDg): 0.45</i>	<i>Mean surface albedo of ground (ALBEDg): 0.25</i>
<i>Mean surface albedo of walls (ALBEDw): 0.40</i>	<i>Mean surface albedo of walls (ALBEDw): 0.35</i>
<i>Street canyon width (W): 30.00</i>	<i>Street canyon width (W): 10.00</i>
<i>Height of canyon wall 1 (H1): 3.00</i>	<i>Height of canyon wall 1 (H1): 6.00</i>
<i>Height of canyon wall 2 (H2): 3.00</i>	<i>Height of canyon wall 2 (H2): 6.00</i>
<i>Offset of adjacent building 1 (W1off): 50.00</i>	<i>Offset of adjacent building 1 (W1off): 10.00</i>
<i>Height of adjacent building 1 (H1off): 3.00</i>	<i>Height of adjacent building 1 (H1off): 6.00</i>
<i>Offset of adjacent building 2 (W2off): 50.00</i>	<i>Offset of adjacent building 2 (W2off): 10.00</i>
<i>Height of adjacent building 2 (H2off): 3.00</i>	<i>Height of adjacent building 2 (H2off): 6.00</i>
<i>Orientation of wall of met. canyon (ORIdeg): 0.0</i>	<i>Orientation of wall of urban canyon (ORIdeg): 270.0</i>
<i>Heat storage coefficient (A1) ground: 0.90</i>	<i>Heat storage coefficient (A1) ground: 0.72</i>
<i>Heat storage coefficient (A2) ground: 0.20</i>	<i>Heat storage coefficient (A2) ground: 0.07</i>
<i>Heat storage coefficient (A3) ground: -48.0</i>	<i>Heat storage coefficient (A3) ground: -25.0</i>
<i>Heat storage coefficient (A1) wall 1: 0.63</i>	<i>Heat storage coefficient (A1) wall 1: 0.85</i>
<i>Heat storage coefficient (A2) wall 1: 0.25</i>	<i>Heat storage coefficient (A2) wall 1: 0.03</i>
<i>Heat storage coefficient (A3) wall 1: -60.0</i>	<i>Heat storage coefficient (A3) wall 1: -35.0</i>
<i>Heat storage coefficient (A1) wall 2: 0.63</i>	<i>Heat storage coefficient (A1) wall 2: 0.85</i>
<i>Heat storage coefficient (A2) wall 2: 0.25</i>	<i>Heat storage coefficient (A2) wall 2: 0.03</i>
<i>Heat storage coefficient (A3) wall 2: -60.0</i>	<i>Heat storage coefficient (A3) wall 2: -35.0</i>

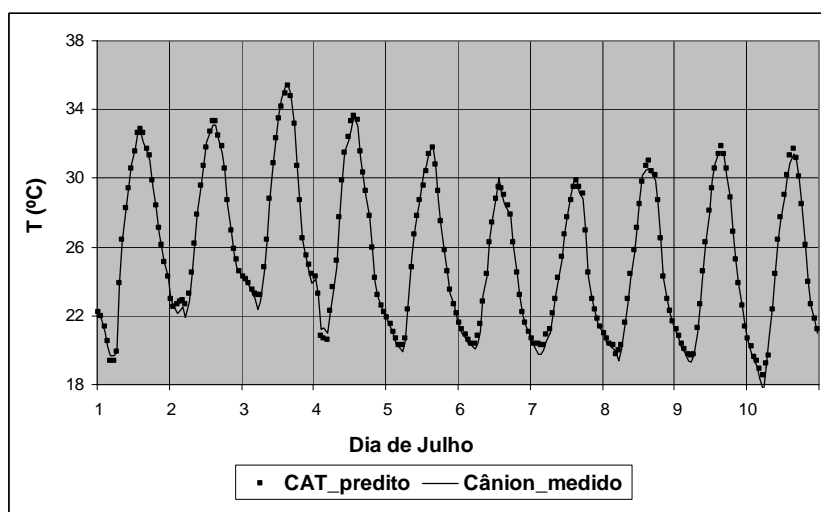


Figura 10: dados medidos e predições de CAT para Julho (primeiros 10 dias)

Tabela 3: Parâmetros de comparação (mês de Julho completo)

Erro médio (°C)	0.22
Desvio Padrão (°C)	0.17
RMSE	0.02
<i>Willmott index of agreement</i>	0.999
<i>Williamson confirmation factor</i>	0.284
Coeficiente de correlação	0.95

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora uma boa correspondência entre dados medidos e preditos seja verificada no gráfico, uma comparação simples entre temperaturas medidas no cânion e aquelas registradas na estação meteorológica também mostra boa correlação. Isso é refletido pelo *Williamson confirmation factor*, que teve valor relativamente baixo para o período de análise (a magnitude do índice é de -1 a $+1$), sugerindo que o modelo não apresenta vantagens substanciais além da estimativa trivial. Entretanto, considerando a magnitude da ilha de calor observada, bastante fraca (valor médio de 0.2 graus, com máximo de 2°C e um mínimo de -0.6°C), o modelo proporciona resultados razoáveis.

Diferenças encontradas podem estar relacionadas a vários fatores, como:

- Incertezas quanto aos coeficientes a_1 , a_2 e a_3 , que exigiriam um estudo mais apurado da relação entre calor armazenado em cada sítio e a radiação líquida existente para determinado período;
- Falta de informação específica quanto à direção do vento: a estação fornece apenas a velocidade média horária;
- Falta de dados relativos ao cobrimento da abóbada celeste;
- Atribuição de um regime fixo de distribuição de ar em ambos os sítios.

AGRADECIMENTOS

Ao técnico Wolfgang Motzafi-Haller pela ajuda prestada quando da instalação e programação dos equipamentos de medição e à CAPES pela bolsa pós-doutoral.

REFERÊNCIAS

- BITAN, A.; RUBIN, S. (1991). Climatic Atlas of Israel for Physical Planning and Design, Israel Meteorological Service and Ministry of Energy and Infrastructure.
- ERELL, E. CAT (Canyon Air Temperature) Version 1.2 - A User Manual. Ben-Gurion University of the Negev / University of Adelaide, 2006.
- ERELL, E.; LEAL, V.; MALDONADO, E. (2005). Measurement of air temperature in the presence of a large radiant flux: an assessment of passively ventilated thermometer screens. *Boundary-Layer Meteorology* 114: 205–231.
- ERELL, E.; WILLIAMSON, T. (2004). The CAT model: Predicting air temperature in city streets on the basis of measured reference data. In: Contexts of Architecture, Proceedings of the 38th Annual Conference of the Architectural Science Association ANZAScA and the International Building Performance Association, Australasia, Launceston, Australia, November 10-12, 2004.
- ERELL, E.; WILLIAMSON, T. (2006). Simulating air temperature in an urban street canyon in all weather conditions using measured data at a reference meteorological station. *International Journal of Climatology* 26: 1671-1694.
- OKE, T. R. (1999). Observing urban weather and climate using 'standard' stations. 15th International Congress of Biometeorology & International Conference on Urban Climatology (ICB-ICUC '99), Sydney, Australia, Macquarie University.

PEARLMUTTER, D., BERLINER, P. and SHAVIV, E. (2005). Evaluation of urban surface energy fluxes using an open-air scale model. *Journal of Applied Meteorology* 44(4):532–45.

RATTI, C., BAKER, N. et al. (2005). Energy consumption and urban texture. *Energy & Buildings* 37: 762-776.