

## **O FATOR DE VISÃO DO CÉU E SUA INFLUÊNCIA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS TÉRMICO-HIGROMÉTRICAS INTRAURBANAS EM PELOTAS/RS, BRASIL**

THE SKY VIEW FACTOR AND ITS INFLUENCE ON THE INTRA-URBAN THERMAL-  
HYGROMETRIC FEATURES IN PELOTAS CITY - RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL

**Erika Collischonn**

Universidade Federal de Pelotas  
Instituto de Ciências Humanas  
[ecollischonn@gmail.com](mailto:ecollischonn@gmail.com)

**Caio Vinícius de Oliveira Ferreira**

Universidade Federal de Pelotas  
Instituto de Ciências Humanas

### **RESUMO**

O clima urbano é resultado das ações de diversas variáveis, entre elas o fator de visão do céu (FVC). Este artigo apresenta inicialmente a metodologia utilizada para calcular o fator de visão do céu em dez postos de coleta de temperatura e umidade do ar na cidade de Pelotas-RS e, na sequência, um estudo comparativo do comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar entre estes mesmos dez locais. Os dados resultam de três períodos de registro no ano de 2014: o primeiro em agosto/setembro, o segundo em novembro, o terceiro em dezembro. Cada ponto de coleta consistiu num pequeno coletor eletrônico de dados de temperatura e umidade relativa do ar (ONSET - U23-001), disposto dentro de um abrigo fixo a um tripé distante 1,5 metros do chão, que registrou dados de 30 em 30 minutos. Os resultados mostram relação entre o microclima e o FVC. Nos levantamentos considerados os registros nos locais de maior obstrução foram em mais de 70% das vezes superiores à média. As áreas menos obstruídas também foram aquelas que apresentaram temperaturas mais baixas que a média. Os locais mais frios que a média também apresentaram umidade relativa do ar mais alta que a média.

**Palavras-chave:** Fator de visão do céu, temperatura e umidade do ar.

## ABSTRACT

Urban climate is the result from several variables, among them, there is the sky view factor (SVF). This article identifies the sky view factor (SVF) use in an urban climate study made in Pelotas, Brazil. The research compares the temperature and relative humidity behaviors in ten various sampling stations, based on data collected from them. The results were obtained from three recording periods held in 2014: the first from August/September, the second from November and the third from December. Each station was equipped with a temperature and humidity datalogging device (ONSET - U23 001). They were placed inside a radiation shield that was attached to a tripod 1.5m above the ground, where each device would register data every 30 minutes. The results unveiled relations between the SVF and the microclimate. From the samples that were taken in consideration, places with high obstruction were, 70% of the time, above the calculated average. The places with low obstruction were also where the biggest amount of below-average data was found. In addition, the places that were colder than average were the ones presenting higher than average relative humidity rates.

**Key-words:** sky view factor, air temperature, relative humidity.

## 1 - Introdução

A cidade é um excelente laboratório no qual se pode experimentar, de forma relativamente simples, os complexos mecanismos desencadeados pela ação humana sobre o clima, as modificações que se produzem como consequência destas ações e as influências que tais modificações podem ter sobre o homem. Atualmente, os centros urbanos tendem a crescer de forma nem sempre planejada e também distinta quanto as funções próprias de cada área da cidade. Tais diferenças estruturais e culturais juntamente com os atributos do sítio urbano, influenciam diretamente na possível ocorrência de microclimas dentro de um mesmo espaço intraurbano, gerando, portanto, “ilhas de calor” e “ilhas de frescor” e fazendo com que estudos sejam necessários para melhor avaliar e reconhecer o comportamento das variáveis do clima em determinado local ao longo do ano.

O clima urbano se define em termos da comparação com o seu entorno próximo e é sob esta ótica que pode ser generalizado a todas as cidades, qualquer que seja sua localização, ainda que cada uma delas conserve características climáticas específicas da região na qual se situa. Assim, os fatores que controlam os diferentes processos são, por um lado, os correspondentes ao clima regional, que impõe o ritmo e a distribuição temporal dos principais elementos climáticos e, por outro, os fatores urbanos que os modificam (GARCÍA, 1995, p. 255). Os efeitos da cidade sobre o clima podem ser avaliados em escalas verticais diferentes na atmosfera. A rugosidade criada por uma grande cidade, como demonstrou Oke (1987), pode ter efeitos muito além dos tetos dos mais altos edifícios. No presente estudo, porém, se avalia somente o efeito no dossel urbano, ou seja, no espaço compreendido entre o solo e os telhados dos edifícios. Nesta camada, o vento, a temperatura e a umidade do ar podem sofrer mudanças significativas mesmo em locais muito próximos, formando-se uma trama complexa de microclimas diferenciados devido ao traçado e largura da rede viária, e os usos do solo. Além disso, os materiais do pavimento e dos edifícios também são relevantes, bem como as diferentes alturas e orientações tanto das edificações como das vias.

Uma das análises mais difíceis em climatologia é a modelagem dos processos de transferência de energia no meio intraurbano. A ilha de calor urbana, anteriormente citada, é resultado das ações de diversas variáveis, dentre elas, a geometria das estruturas urbanas que modificam o horizonte visível e os fluxos de radiação recebidos. Segundo

Oke (1987), as construções urbanas, pela sua geometria, favorecem a maior absorção de ondas curtas e contribuem para a diminuição da perda líquida de radiação de onda longa, devido a redução do horizonte local. A avaliação da obstrução do horizonte à entrada de radiação pode ser obtida por estimativa ou conhecimento do Fator de Visão do Céu (FVC) (HÄMMERLE et. al, 2011). O valor do FVC varia de 0 (zero) a 1, sendo o valor 1 correspondente a uma área sem qualquer obstáculo que se interponha entre o ponto escolhido e o céu.

Diferentes FVCs significam diferentes balanços de radiação e, conseqüentemente, diferentes armazenamentos de energia. Um local com FVC igual a 1 (sem nenhuma obstrução) sob condições de céu claro, recebe radiação de onda curta durante o dia todo e emite radiação de onda longa à noite. Já um ambiente mais obstruído, normalmente, recebe menos radiação de onda curta diretamente, mas pode recebê-la por reflexão de paredes ou outras estruturas, além de estar suscetível a radiações adicionais de ondas longas provenientes destas superfícies. Assim pode se aquecer mais e, principalmente, prolongar o período de emissão à noite.

Os primeiros métodos analíticos para avaliar efeito da obstrução do horizonte basearam-se em modelos geométricos de cânions urbanos, considerando a razão entre a altura das edificações e a largura da via (H/W – Height/Width). A simplificação dos cânions urbanos, em geral, não condizia com a forma urbana real de algumas cidades, as quais apresentam edificações com perfis verticais diversificados. Nesse sentido, o FVC, representado pelo símbolo  $\Omega_s$ , pode ser considerado um parâmetro mais próximo da realidade.

Um estudo posto em prática nos anos 1980 em cidades de pequeno e médio porte próximas a Tóquio no Japão (35° 40' N) por Yamashita et. al (apud Minella et. al, 2011, p. 124), buscou relacionar as ilhas de calor com o tamanho das cidades, realizando medições em todas as épocas do ano, tanto no período diurno como no período noturno. Nas cinco cidades monitoradas verificou a existência de diferenças de temperatura do ar entre as áreas mais adensadas e o entorno, sendo o FVC considerado um indicador fundamental para expressar os efeitos da urbanização sobre a intensidade da ilha de calor.

Pelotas é uma cidade média de 333.120 habitantes (IBGE, 2010), localizada a 31° 48'S e 52°19'W, às margens do Canal São Gonçalo, curso que liga a Lagoa Mirim a Laguna

dos Patos no estado Rio Grande do Sul, Brasil. Como a altimetria na área de estudo varia entre dois metros, na margem do Canal São Gonçalo, a vinte metros topografia, o relevo não pode ser considerado um controle essencial na definição de diferenciações climáticas intraurbanas, porque não é relevante o efeito de orientação de vertentes, fundamental na maior ou menor recepção da radiação, nem o de canalização físico-natural de vento, porém, observam-se no contexto da cidade alguns baixios que podem se tornar áreas de acúmulo de ar frio, em dias sem vento no inverno.

Como cidade média, Pelotas oferece um leque bastante largo de comércios e serviços especializados, estando assim em interação constante com as áreas coloniais e cidades menores do espaço regional a ela ligado; também recebe constantemente migrantes de cidades menores ou da zona rural, que aí se fixam. Assim, o espaço intraurbano de Pelotas se caracteriza por um centro funcional bem individualizado e uma periferia dinâmica, evoluindo segundo um modelo bem parecido com o das grandes cidades, isto é, através da multiplicação de novos núcleos habitacionais periféricos, bastante dependentes do centro funcional. O Centro, durante o dia, concentra pessoas, veículos e usos intensos da terra. Ainda assim, Pelotas não apresenta crescimento vertical significativo, expandindo-se por aglomerações residenciais horizontalizadas que fazem o tecido urbano se dissolver para limites cada vez mais amplos. A partir do centro urbano tradicional (Praça Coronel Pedro Osório), a cidade se espraia por cerca de 7 km para o norte (bairro Três Vendas), 6 km para o oeste (bairro Fragata), 1,5 km para o sul (Porto), 4 km para leste (bairro Areal), sem considerar o Bairro Laranjal à beira da Lagoa dos Patos, que fica ainda 11 km mais distante. Assim o perímetro urbano de Pelotas apresenta uma ocupação horizontal extensa (192.65 km<sup>2</sup>), compacta próximo aos eixos viários principais e menos densa nos interstícios, onde ainda são frequentes os alagadiços e áreas de uso agrícola.

Em Pelotas, termo-higrômetros foram instalados em dez ambientes distintos na área urbana, desde a beira do canal de São Gonçalo até os bairros residenciais mais periféricos, passando pela área de uso mais intenso no centro da cidade. A Figura 1 apresenta a localização de cada um dos abrigos contendo o instrumento registrador de temperatura e umidade, a Figura 2 traz as fotografias do posicionamento de cada um deles, e a Figura 3 apresenta um quadro com a caracterização da área em que se encontram os abrigos conforme a numeração.

**Figura 1** - Localização dos pontos de coleta com termo-higrômetros na cidade de Pelotas/RS



FONTE: Google Earth, organizado pelos autores (2014).

**Figura 2** - Fotografias dos 10 mini-abrigos meteorológicos com numeração correspondente.



FONTE: Organizado pelos autores (2015).

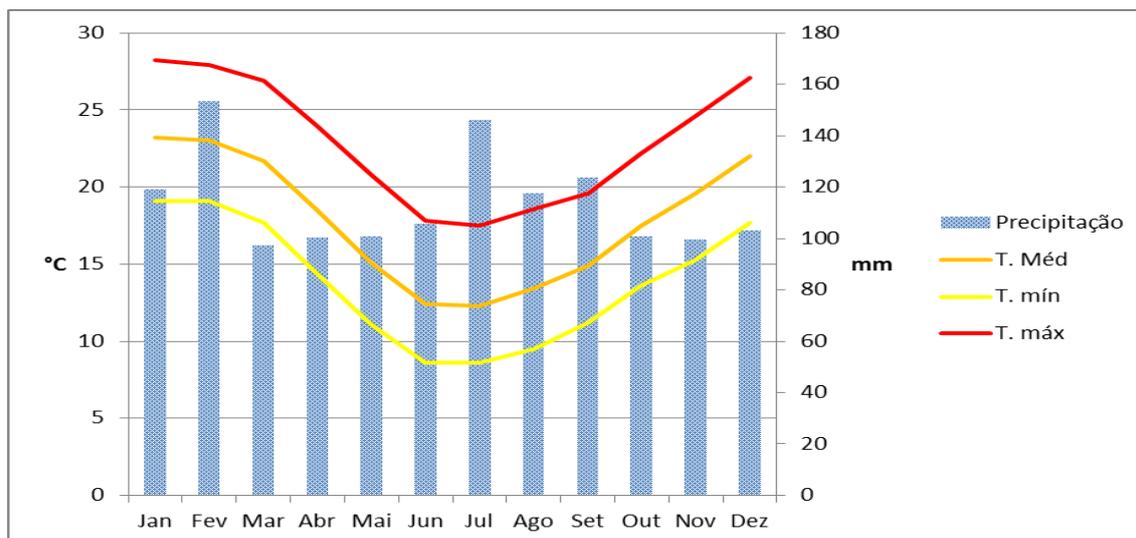
**Figura 3-** Quadro de caracterização dos pontos de coleta quanto ao uso e cobertura do solo e altitude.

<b>Ponto</b>	<b>Uso e cobertura do solo</b>	<b>Altitude</b>
<b>1</b>	Junto ao Canal de São Gonçalo (Portuária). Solo permeável, gramado. Área aberta.	3m
<b>2</b>	Horta em meio a Casas e sobrados (Residencial). Solo permeável	6m
<b>3</b>	Pequeno pátio entre prédios de 3 ou mais pavimentos (residencial e serviços). Solo impermeável, calçado.	9m
<b>4</b>	Pequeno pátio entre prédios de altitudes variadas no centro comercial da cidade. Solo impermeável, calçado.	13m
<b>5</b>	Pátio com piscina em área residência com casas e sobrados. Solo impermeável, calçado.	5m
<b>6</b>	Pequeno pátio em zona comercial e residencial (1 a 3 pavimentos). Solo permeável, gramado.	10m
<b>7</b>	Estacionamento em área industrial e de depósitos (1 a 2 pavimentos). Solo semipermeável, pavimento solto.	15m
<b>8</b>	Pátio residencial, junto à área verde (construções térreas). Permeável, gramado	14m
<b>9</b>	Pátio grande entre casas unifamiliares (construções térreas). Permeável, gramado	16m
<b>10</b>	Pátio pequeno entre casas multifamiliares em área de ocupação densa (1 ou dois pavimentos). Solo semipermeável, pavimento solto.	3,5m

FONTE: Organizado pelos autores (2015).

A cidade se encontra a menos de 50 km do Oceano Atlântico, o que define a regularidade dos ventos e a alta umidade do ar durante o ano todo. Em Pelotas, os verões são quentes (média de 22,9°C) e invernos frescos (média 13,2°C), como indica o diagrama climático (Figura 4), baseado nas normais da Estação Agroclimatológica de Pelotas. Estação esta, situada no Campus da Universidade Federal de Pelotas – UFPEL (31°52'S, 52°21'W, 13,2m).

**Figura 4** – Normais Climatológicas 1971/2000 - Estação Agroclimatológica: Capão do Leão – RS



FONTE: <http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/mensal.html>

Como já destacava Monteiro (1963), no sul do Brasil a passagem das frentes frias pode ocasionar bruscas mudanças no tempo atmosférico em qualquer estação do ano. Nos meses de outono, inverno e primavera, a frente, normalmente precedida por uma elevação de temperatura, é sucedida por ondas de frio das massas polares, com ocorrência de geada nas áreas menos urbanizadas em Pelotas (24 dias ao ano, segundo a normal). No verão, a incursão da massa polar é sentida pela mudança de direção dos ventos, que passam a soprar de sul, e por uma agradável redução das temperaturas depois de dias de calor intenso. Também é próprio do tempo sob a ação da massa polar, a ocorrência de dias de maior amplitude térmica diária e umidade do ar inferior a 50%; porém, por influência da proximidade da Laguna e do Oceano, a umidade relativa média é alta (75,5% em dezembro e 84,9% em julho), segundo as normais climatológicas (1971-2000).

Estas mesmas normais climatológicas indicam que a velocidade média anual do vento é de 3,5m/s, sendo a média diária decrescente a partir do início do ano, verão até atingir um mínimo no outono (2,7m/s), voltando a crescer até atingir um máximo na primavera (4,2m/s). O vento que predomina durante o ano é leste, que também prepondera na primavera e no verão, já no outono a direção mais frequente é sudoeste e, no inverno, nordeste.

No intuito de compreender melhor como a urbanização está interferindo na chegada e saída de energia de cada local de coleta de dados em Pelotas realizou-se procedimentos

baseados em materiais alternativos que serão descritos na sequência. O fator de visão do céu em cada um dos dez pontos de coleta, por sua vez, foi calculado através de programas disponíveis gratuitamente na rede. Por fim, avaliou-se a relação entre o fator de visão do céu de cada ponto de coleta e o comportamento termo-higrométrico apresentado pelo mesmo nos levantamentos previamente realizados.

## **2 - Metodologia**

Nesta seção apresentam-se, primeiramente, os passos para a obtenção da fotografia e a extração das informações, como o FVC da imagem. Segue a aplicação destes procedimentos metodológicos aos 10 diferentes pontos fixos de coleta. Com base nos resultados, classificou-se os pontos fixos de coleta quanto ao maior ou menor grau de obstrução do horizonte. Com auxílio de uma ferramenta online, a trajetória do sol no céu em diferentes épocas do ano foi sobreposta às imagens resultantes do levantamento de FVC. Desta maneira, identificou-se diferentes tipos de zonas urbanas onde estão inseridos os pontos de registro e o modo como seu FVC pode interferir nos dados registrados ao longo do dia.

Quanto aos registros de temperatura e umidade do ar, explicita-se também o modo como estão sendo realizados os levantamentos de dados em Pelotas.

O conjunto de procedimentos relatados nesta metodologia foi colocado em prática para cada um dos dez pontos de coleta, procurando identificar o possível efeito na temperatura e umidade do ar, ao longo do dia (nas diferentes estações do ano), decorrente das especificidades das obstruções em cada ponto.

### *2.1 A obtenção da fotografia*

Em um *iPad* posicionado sobre um tripé usado em levantamentos topográficos foi acoplada uma lente olho de peixe adaptável da marca Osino (Modelo OS-SF118) e com ângulo máximo de 235°. Nivelou-se o aparelho com o auxílio de aplicativos gratuitos de nível de bolha, disponibilizados para download na internet. Com auxílio de uma bússola de navegação marca Silva, orientou-se para norte um objeto fixado no local. Por fim, com a câmera apontada para o céu, tirou-se um conjunto de fotos (Figuras 5 A, B, C e D).

**Figura 5** – Etapas do processo de obtenção da imagem e cálculo do FVC.



FONTE: organizado pelos autores (2015).

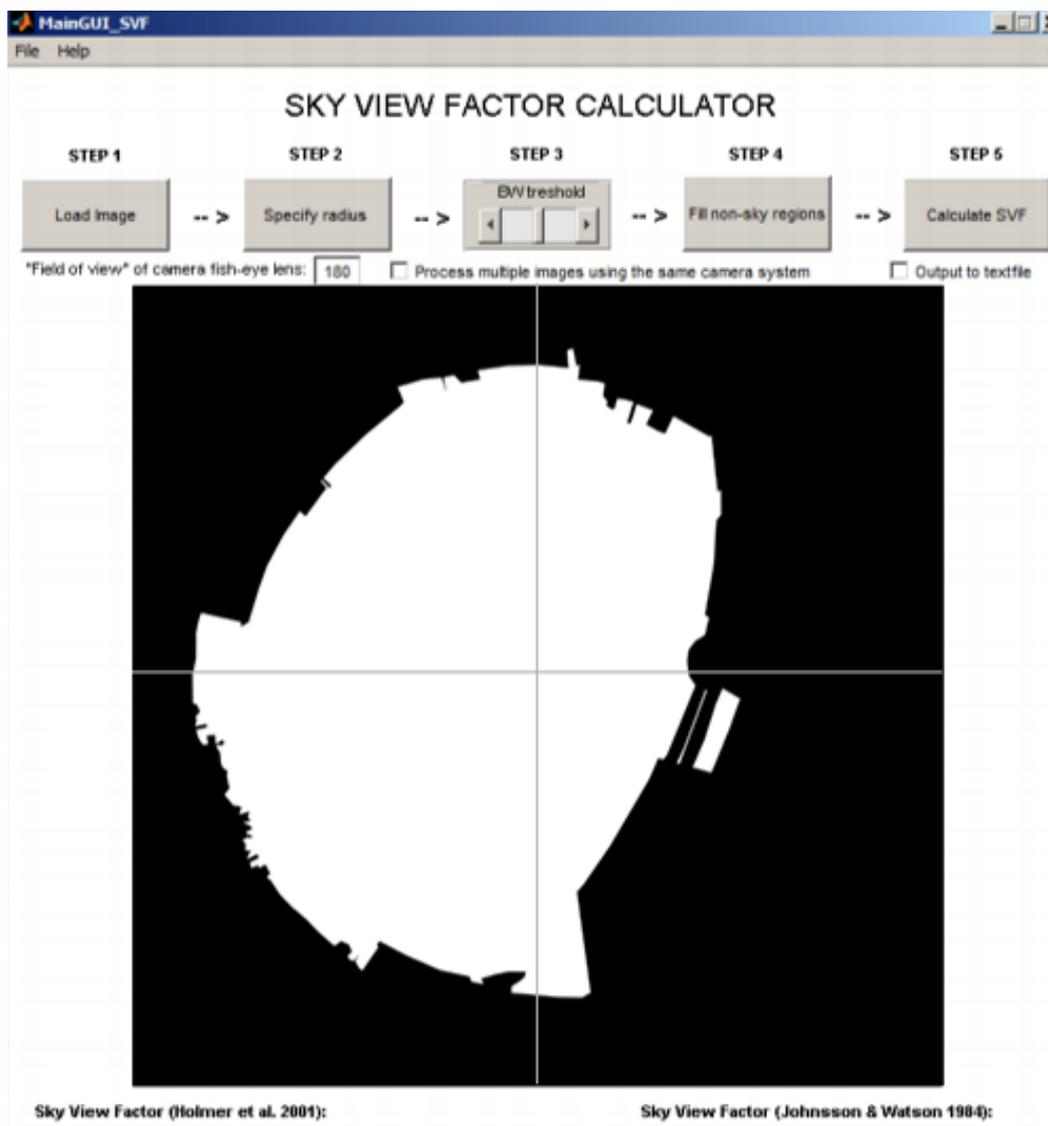
## 2.2 Procedimentos para extrair informações da foto

Posteriormente, num software de edição gráfica, criou-se uma máscara sobre as imagens originais a fim de recortar as fotografias olho de peixe. Este procedimento é necessário para manter a área visível da foto em  $180^\circ$ , uma vez que a lente utilizada registra um campo de visão (FOV) de  $235^\circ$ . Com o auxílio de uma ferramenta de seleção, fez-se a delimitação manual das construções, vegetação e quaisquer outras estruturas que viessem a contribuir para a obstrução da visão do céu. Esta forma delimitada, na cor sólida (preto) representa toda a silhueta das obstruções adjacentes, não sendo possível para o cálculo da obstrução, distinguir-se obstruções opacas daquelas mais translúcidas, como a vegetação.

Com um aplicativo específico disponibilizado pelo Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Gotemburgo foi possível calcular os FVC das imagens circulares contendo a silhueta das obstruções. A calculadora de fator de visão do céu (como é

chamada) é capaz de obter, a partir das imagens nela inseridas (Figura 6), os valores de obstruções seguindo dois métodos distintos. Dentre os métodos disponíveis na calculadora, optou-se por aquele, proposto por Holmer et al (2001), no qual a imagem obtida é analisada e o FVC calculado com base no número de pixels que compõe seu raio.

**Figura 6** – Calculadora de fator de visão do céu.



FONTE: LINDBERG, F. e HOLMER, B. Sky View Factor Calculator v 1.1, 2010.

### 2.3 Sobreposição da trajetória do sol no céu

Para ter-se uma ideia dos períodos do dia em que os abrigos ficavam à sombra nos diversos locais de coleta incorporou-se à imagem anterior um diagrama com a indicação

do curso do sol para a latitude de Pelotas (nos solstícios e equinócios) e os horários pela hora solar.

Hasenack (1995), na pesquisa que resultou em a sua dissertação de mestrado, elaborou manualmente um diagrama solar estereográfico para a latitude de Porto Alegre (30°S), plotando sobre ele o a trajetória diária do sol nos equinócios e solstícios e a obstrução do horizonte local, obtida anteriormente com clinômetro e bússola. Atualmente há softwares livres que permitem criar esse diagrama solar estereográfico com as trajetórias do sol no céu, com base nas coordenadas geográficas.

O programa SunEarthTools permitiu definir num diagrama a trajetória do sol no céu em diferentes épocas do ano para o horizonte de um observador em Pelotas (31,75°S). Este foi disponibilizado com transparência, o que permitiu a sua sobreposição ao diagrama de obstrução do horizonte local de todos os pontos de coleta da cidade.

#### *2.4 Registro dos dados de temperatura e umidade do ar*

A escolha dos locais de registro de temperatura e umidade do ar ao longo da cidade de Pelotas foi realizada com base naquilo que se assume perceptível através da simples observação cotidiana, isto é, estabeleceram-se as localidades em pontos dispersos, que permitissem expressar as especificidades existentes na cidade de Pelotas para a avaliação de seu efeito sobre as trocas térmicas. A caracterização do entorno dos mini-abrigos está sendo realizada levando em conta aspectos da paisagem como a cobertura da superfície (permeabilidade), estruturas, materiais, fator de visão do céu e atividade antrópica. A perspectiva é definir-se LCZ (*Local Climate Zone*), conforme propuseram Stewart e Oke (2012), necessárias para uma descrição e organização mais acurada dos locais onde são feitos os registros de parâmetros para estudos de clima urbano.

Estes postos de coleta, como os da Figura 2, consistem num tripé (a 1,5m do chão) sobre o qual são fixados mini-abrigos duráveis, leves, de pouca resistência térmica, no interior dos quais se suspende um pequeno coletor eletrônico de dados de temperatura e umidade relativa do ar (datalogger - Onset U23001). Este aparelho conhecido como termo-higrômetro, coleta dados de acordo com o intervalo de tempo determinado pelo pesquisador. Estes instrumentos registradores foram dispostos nos mini-abrigos (Figura 2) já programados para que os dados pudessem ser automaticamente armazenados a cada

30 minutos. Neste trabalho apresentam-se somente as estatísticas mais gerais (% dos registros maiores ou menores do que a média dos 10 valores para cada momento), referentes aos dados de três campanhas de levantamento.

### 3 - Resultados

Com o auxílio de um aplicativo específico disponibilizado pelo Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Gotemburgo, foi possível calcular os FVCs.

Com base nos resultados de FVC dos dez pontos de coleta na cidade de Pelotas definiram-se três classes de obstrução (Tabela 1), sendo estas: (1) locais com alta obstrução, apresentando FVC entre 0 e 0,400; (2) locais com obstrução moderada, que possuem FVC no intervalo entre 0,401 a 0,700; e, por fim, (3) locais de baixa obstrução aqueles com FVC na faixa de 0,701 a 1.

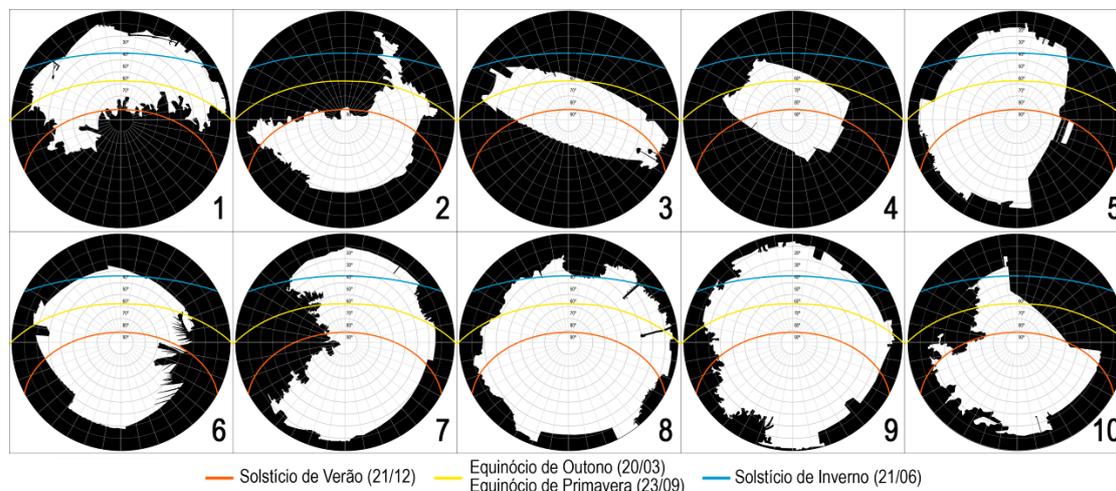
**Tabela 1** - Resultados calculados de fator de visão do céu de cada uma das estações de registro.

Estação	Obstrução Alta			Obstrução Moderada				Obstrução Baixa		
	4	3	1	2	10	7	5	6	8	9
FVC	0,339	0,385	0,399	0,433	0,562	0,659	0,678	0,682	0,842	0,864

FONTE: Organizado pelos autores (2015).

Para avaliar com mais propriedade esta quantificação apresentou-se também a silhueta de obstrução do horizonte dos pontos de coleta com a trajetória do sol no céu em diferentes épocas do ano (Figura 7). Na latitude 31,75°S já é fundamental considerar em que direção o horizonte está obstruído, porque os raios solares nesta latitude voltam-se mais para o horizonte norte e, no solstício de inverno, apresentam um ângulo de no máximo 34,75°. Assim um horizonte norte obstruído afeta muito mais a chegada de energia solar do que um horizonte sul obstruído.

**Figura 7** – Gráfico de obstrução dos pontos de coleta com a trajetória do sol no céu em diferentes épocas do ano.



FONTE: Organizado pelos autores (2015).

As estações 3 e 4, que na tabela 1 estão na classe alta obstrução, apresentam uma configuração similar na Figura 7. No inverno, os mini-abrigos destas estações estão à sombra durante todo o dia, na primavera e outono recebem insolação no final da manhã e à tarde e, no verão, a estação 3 já recebe radiação solar direta desde cedo, enquanto a 4 só vai recebê-la no meio da manhã. Já a estação 1, que também apresentou alta obstrução tem uma configuração diferente (Figura 7), que obstrui muito pouco a entrada de radiação no inverno e primavera e no verão obstrui nas primeiras horas da manhã. Além disso, deve-se considerar que contabiliza significativamente para esta obstrução uma árvore do lado sul, que é com certeza mais translúcida do que a obstrução por prédios.

Sabe-se que a obstrução por vegetação pode apresentar comportamentos diversos ao longo do ano. Este é o caso na estação 2, que apresentou média obstrução (tabela 1), causada principalmente por uma árvore que perde suas folhas no inverno. Assim, a obstrução muda ao longo do ano. Caso similar é o da estação 7, na qual também há uma árvore que causa significativa obstrução e que foi podada em um determinado período do ano. As estações 5 e 10 de obstrução moderada apresentaram uma configuração similar na silhueta da obstrução (Figura 7). Em 5, há um prédio com uma parede branca a E-SE que obstrui a chegada de radiação pela manhã, mas à tarde acaba refletindo para a superfície a radiação que sobre ele incide. Em 10 a direção do prédio é NE e ele não

apresenta cor clara, porém pode provocar um reflexo da radiação principalmente à tarde no verão.

Os pontos 8 e 9 são os menos obstruídos o que propicia a entrada e saída de radiação com mais facilidade.

Para avaliar se o fator de visão do céu sobre a temperatura e a umidade do ar tomou-se como referência três dos levantamentos de campo já realizados, de temperatura e umidade relativa do ar: um no inverno/primavera, outro na primavera e o último no início do verão em 2014. O levantamento de inverno/primavera ocorreu durante um período de 13 dias, totalizando 673 registros por instrumento entre a 0 hora do dia 27/08/2014 e as 24h do dia 10/09/2014.

A tabela 2 compara percentualmente os registros de temperatura e umidade relativa do ar de cada instrumento em relação à média dos registros no mesmo momento. Foram ao todo 673 registros por instrumento entre a 0 hora do dia 27/08/2014 e as 24h do dia 10/09/2014, portanto no inverno.

**Tabela 2-** Levantamento de inverno/primavera – Porcentagem dos valores em relação à média dos registros de cada meia hora para cada um dos abrigos meteorológicos

	Instrumentos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
T>Média	28	49	68	89	86	57	51	15	28	19	80-100%	60-79%
T<Média	72	51	32	11	14	43	49	85	72	81	80-100%	60-79%
UR>Média	74	44	33	5	14	49	40	90	60	95	80-100%	60-79%
UR< Média	26	56	67	95	86	51	60	10	40	5	80-100%	60-79%

FONTE: Organizado pelos autores (2015).

Os instrumentos 4 e 5, apresentaram mais de 85% dos valores de temperatura superiores à média. O instrumento 3 apresentou mais de 68% dos valores superiores à média, e os instrumentos 6 apresentaram ainda percentual ligeiramente acima da média. Os instrumentos 2 e 7 foram o que apresentaram os valores mais próximos a média. Os instrumentos 8 e 10 foram aqueles que apresentaram mais de 80% dos registros de temperatura inferiores à média, e ainda registraram índice superior à média os instrumentos 1 e 9, com 72% dos dados. O comportamento dos dados de umidade relativa acompanha de certa forma os dados de temperatura. Nos instrumentos 8 e 10, onde a temperatura registrada sempre esteve muito abaixo da média, a umidade também esteve

muito acima da média com mais de 90% dos valores superiores à média. Seguem ainda com altos percentuais de umidade acima da média, os instrumentos 1 e 9. Onde a temperatura foi sempre muito superior à média, os registros de umidade, também foram em 95% inferiores à média.

O levantamento de primavera ocorreu por um período de 17 dias, totalizando 720 registros por instrumento, entre a 0 hora do dia 02/11/2014 e as 23h 30min do dia 16/11/2014. A tabela 3, apresenta os resultados deste levantamento, num total de 720 registros, comparando percentualmente os registros de temperatura e umidade relativa do ar de cada instrumento em relação à média dos registros no mesmo momento.

**Tabela 3-** Levantamento de primavera – Porcentagem dos valores em relação à média dos registros de cada meia hora para cada um dos abrigos meteorológicos

	Instrumentos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
T>Média	40	21	89	92	77	63	33	18	13	30	80-100%	60-79%
T<Média	60	79	11	8	23	37	67	82	87	70	80-100%	60-79%
UR>Média	74	77	9	4	26	15	40	94	80	86	80-100%	60-79%
UR< Média	26	23	91	96	74	85	60	6	20	14	80-100%	60-79%

FONTE: Organizado pelos autores (2015).

Os instrumentos 3 e 4, apresentaram mais de 85% dos valores de temperatura superiores à média. O instrumento 5 apresentou 77% dos valores superiores à média, e o instrumento 6 apresentou também percentual ligeiramente acima da média. Os instrumentos 8 e 9 foram aqueles que apresentaram mais de 80% dos registros de temperatura inferiores à média, os instrumentos 2 e 10 tiveram entre 70 e 80% dos registros abaixo da média e ainda registraram maior incidência de temperaturas inferiores à média os instrumentos 1 e 7, entre 60% e 70% dos dados. O comportamento dos dados de umidade relativa acompanha de certa forma os dados de temperatura. Nos instrumentos 8 e 10, onde a temperatura registrada sempre esteve muito abaixo da média, a umidade também esteve muito acima da média com mais de 90% dos valores superior à média. Seguem ainda com altos percentuais de umidade acima da média, os instrumentos 1 e 9. Onde a temperatura foi sempre muito superior à média, os registros de umidade, também foram em 95% inferiores à média.

O levantamento de verão que ocorreu por um período de 15 dias, entre a 0 hora do dia 02/12/2014 e as 18h 00min do dia 16/12/2014. A tabela 3 apresenta os resultados globais desse período, num total de 709 registros por instrumento, comparando percentualmente os registros de temperatura e umidade relativa do ar de cada instrumento em relação à média dos registros no mesmo momento.

**Tabela 4-** Levantamento de verão (02/12/2014 a 16/12/2014) Porcentagem dos valores em relação à média dos registros de cada meia hora para cada um dos abrigos meteorológicos.

	Instrumentos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	80-100%	60-79%
T>Média	28	20	84	93	69	61	42	22	22	38	80-100%	60-79%
T<Média	72	80	16	7	31	39	58	78	78	62	80-100%	60-79%
UR>Média	79	83	14	6	17	32	44	89	68	72	80-100%	60-79%
UR< Média	21	17	86	94	83	68	56	11	32	28	80-100%	60-79%

FONTE: Organizado pelos autores (2015).

Os instrumentos 3 e 4, os de maior obstrução do horizonte, apresentaram mais de 84% dos valores de temperatura superiores à média. O instrumento 5 apresentou 69% dos valores superiores à média, e o instrumento 6 apresentou também percentual ligeiramente acima da média. O instrumento 2 foi aquele que apresentou 80% dos registros de temperatura inferiores à média, os instrumentos 8 e 9 tiveram 78% dos registros abaixo da média e, ainda, o instrumento 10, registrou maior incidência de temperatura inferior à média, com 62% dos dados. O comportamento dos dados de umidade relativa acompanha de certa forma os dados de temperatura. Nos instrumentos 2 e 8, onde a temperatura registrada sempre esteve muito abaixo da média, a umidade também esteve muito acima da média com mais de 83% dos valores superior à média. Seguem ainda com altos percentuais de umidade abaixo da média, os instrumentos 3 e 4. Nestes instrumentos nos quais a temperatura foi sempre muito superior à média, os registros de umidade, também foram em 94% inferiores à média.

#### 4. Conclusões e considerações finais

Nos levantamentos de dados realizados no inverno, primavera e verão de 2014 na cidade de Pelotas, os registros de temperatura na área central, mais intensamente urbanizada e de maior obstrução do horizonte, foram em mais de 70% das vezes superiores à média. O local que apresentou a maior percentagem de registros acima da média foi o pátio de uma

farmácia no centro da cidade (ponto 4) também o de menor FVC. As áreas menos aquecidas também se encontraram no interior da cidade, porém próximas a áreas verdes. Os pontos de coleta 8 e 9 que apresentaram um maior FVC, foram os que apresentaram os maiores percentuais de temperatura abaixo da média nos levantamentos de primavera. Os locais mais frios que a média também foram os de umidade relativa do ar mais alta que a média. O instrumento registrador junto ao canal de São Gonçalo apresentou temperaturas abaixo da média, em mais de 70% dos registros, porém não foi nem o mais frio, nem o mais úmido.

Assim a principal conclusão deste artigo pode ser resumida como segue: há uma relação significativa entre o FVC e a temperatura do ar que se verifica não somente nas noites calmas e claras, mas na média térmica do total de dados observados. Isso parece indicar que em Pelotas, assim como foi verificado em cidades de pequeno e médio porte em outros países, o FVC é um referente fundamental para expressar os efeitos da urbanização sobre a intensidade da ilha de calor.

Para compreender melhor os momentos em que as diferenças entre os registros dos 10 pontos de coleta são maiores ou menores será realizada, na continuidade do trabalho, uma avaliação considerando o período do dia e também o tipo de tempo relacionado à circulação atmosférica regional. Para isso, concomitantemente aos registros serão utilizados como base os demais dados horários da estação meteorológica de referência (pressão atmosférica, direção e velocidade do vento, temperatura, umidade relativa do ar e radiação) e, ainda, dados de cartas e análises sinóticas.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento do projeto “Identificação e caracterização de unidades termo-higrométricas na cidade de Pelotas/RS” (Processo CNPQ 404204/2013-9) e pela concessão de bolsa de iniciação científica.

### **REFERÊNCIAS**

GARCÍA, Felipe F. **Manual de Climatologia Aplicada- Clima, Medio Ambiente Y Planificacion**. Madrid: Editorial Síntesis, S.A., 1995. 285p.

HASENACK, H. **Influência de variáveis ambientais sobre a temperatura do ar na área urbana de Porto Alegre, RS**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências- Curso de Pós-Graduação em Ecologia, 1989.

HOLMER, B. P. U.; ERIKSSON, M. (2001) Sky view factors in forest canopies calculated with IDRISI. **Theoretical and Applied Climatology**. 68: 33–40, 2001.

HÄMMERLE, M.; GÁL, T; UNGER, J.; MATZARAKIS A. Comparison of models calculating the sky view factor used for urban climate investigations. **Theoretical and Applied Climatology**, October 2011, Volume 105, Issue 3-4, pp 521-527

LINDBERG, F., HOLMER, B.; **Sky View Factor Calculator** - User Manual - Version 1.1. Göteborg Urban Climate Group - Department of Earth Sciences - University of Gothenburg 2010.

MINELLA, F. C. O.; ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L. Análise do efeito diurno do fator de visão do céu no microclima e nos níveis de conforto térmico em ruas de pedestres em Curitiba. In: **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 123-143, jan./mar. 2011.

MONTEIRO, C. A. F. O clima da região Sul. In: CATALDO, D. M. (Org.). **Geografia do Brasil, Grande Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1963. p. 117169.

EMBRAPA/UFPEL/INMET Normais Climatológicas Período: 1971/2000 (Mensal/Anual). Estação Agroclimatológica: Capão do Leão - RS (Embrapa/ETB - Campus da UFPEL). <Disponível em <http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/normais.html>>. Acesso em 12 Mai 2014.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen, 1987.

STEWART, Ian D. & OKE, Timothy R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 93, p. 1879–1900, 2012.

**SunEarthTools**. Ferramentas para designers e consumidores de energia solar. Disponível em < [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=pt](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt)> Acesso em 12 mar 2015.