

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/277128600>

# A sombra de edifícios como índice de verticalização das cidades Buildings shade as cities verticalization index

Article · May 2015

CITATION

1

READS

602

3 authors, including:



**Demóstenes Silva Filho**  
University of São Paulo

88 PUBLICATIONS 485 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**António Saraiva Lopes**  
University of Lisbon

125 PUBLICATIONS 1,031 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



PLANEJAMENTO DE ESPAÇOS VERDES PARA MINIMIZAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DAS ÁGUAS PLUVIAIS [View project](#)



Urban Forests and Urban Project [View project](#)

# A sombra de edifícios como índice de verticalização das cidades

## Buildings shade as cities verticalization index

Flávio Henrique Mendes<sup>1</sup>  
Prof. Dr. Demóstenes Ferreira da Silva Filho<sup>1</sup>  
Prof. Dr. António Manuel Saraiva Lopes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ESALQ/USP, friquemendes@usp.br

<sup>2</sup> Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa

---

Submetido em 10/03/2015  
Aprovado em 08/04/2015

---

**Resumo:** Esta pesquisa teve como objetivo correlacionar a verticalização e a estreiteza das ruas de Lisboa/Portugal com a presença de sombras de elevados edifícios, por meio da classificação supervisionada de imagem de satélite de alta resolução (pancromática de 0,5 m e multiespectral de 2 m). Os resultados obtidos comprovaram esse efeito, mostrando o chamado “efeito chapéu”, com muitos edifícios altos na parte central e, à medida que se aproxima da periferia, as alturas tendem a diminuir. O valor encontrado para Lisboa, em imagem de 29 de junho de 2010 (verão no hemisfério norte), às 11h46, indicou 1,3% de sombra no perímetro urbano, sendo que a freguesia da Misericórdia teve mais sombras projetadas de edifícios (7,8%), enquanto Belém, pelo contrário, teve menos áreas sombreadas (0,5%). Assim, pode-se considerar a sombra como forte indicativo de verticalização, sendo de extrema importância para o planejamento urbano, que deve garantir acesso ao sol, ventilação e conforto a todos os habitantes.

**Palavras-chave:** centro urbano, efeito chapéu, classificação supervisionada, planejamento da cidade.

---

**Abstract:** This research aimed to correlate the verticalization of Lisbon/Portugal with the presence of shadows from high buildings or narrow streets, by means of a supervised classification within a high-resolution satellite image (0.5-m panchromatic and 2-m multispectral). The obtained results proved to be useful for this purpose, showing the hat effect, with a lot of buildings in a central part and a decreasing of vertical features to the periphery. From an image of June 29th 2010 (Summer in the Northern Hemisphere), from 11:46 a.m., the value found in Lisbon, was 1.3% of shadowing in the urban area, with the central city parish of Misericórdia, with more projected shadows of buildings (7.8%), while the Belém neighborhood, in the opposite, with only 0.5%. Therefore, we can consider the presence of shadows as a good indicator of verticalization, being a very important indicator for the urban planning, who needs to ensure the solar access, ventilation and comfort for all inhabitants.

**Keywords:** urban center, hat effect, supervised classification, urban planning.

---

## Introdução

A tecnologia computacional tem avançado muito ultimamente, sobretudo no desenvolvimento de *softwares*, os quais podem ser utilizados para o planejamento urbano das cidades, na qual se destacam, dentre os gratuitos e livres: (i) Google Earth, capaz de apresentar um modelo 3D da Terra, a partir de mosaico de imagens de satélite; (ii) ENVI-met (Bruse & Fler, 1998), capaz de realizar simulações microclimáticas da interação entre superfície – vegetação – atmosfera; (iii) MultiSpec (Landgrebe & Biehl, 2001), para tratamento de dados de imagens multiespectrais, com ênfase em treinamento de classes e classificação e (iv) Quantum GIS, lançado em 2002, pertencente ao grupo dos Sistemas de Informações Geográficas. As imagens de satélite, sobretudo de alta resolução, apesar de serem pagas, são peças fundamentais que permitem a checagem das atuais condições da área de estudo.

O geoprocessamento pode ser entendido como um conjunto de técnicas computacionais que atua sobre bases de dados georreferenciados, com larga aplicação em questões ambientais (Xavier-da-Silva & Zaidan, 2004), cujos produtos finais são mapas temáticos qualita/quantitativos sobre a distribuição espacial de uma determinada grandeza (Assad & Sano, 1998).

É certo que quando as edificações não atingem condições ideais de iluminação natural, isto se torna possível por meio de sistemas artificiais, contudo, demanda maior gasto energético. A insolação, a luz, os ventos, a temperatura externa e a umidade são recursos naturais muito influenciados pelo entorno que o circunda (Brandão, 2004). Akbari e Rosenfeld (1997), nas cidades da Califórnia, verificaram aumento no consumo de energia da ordem de 2 a 4% por grau de aumento na temperatura, ao passo que Santamouris (1997), no verão de Atenas, concluiu que o consumo para refrigeração do ar da periferia para o centro chega a dobrar.

Segundo a norma alemã DIN 5034 (1979), que determina níveis de iluminância requeridos para os ambientes construídos, a luz natural possui

qualidade muito superior à artificial: aquela requer apenas 60% de iluminância perante esta. Ademais, cabe à variabilidade da luz natural a regulação dos processos biológicos, representando, assim, motivo primordial para sua valorização (Hopkinson, Petherbridge & Longmore, 1975).

Como critério de adensamento e verticalização, é comum o uso do conceito de envelope solar, que surgiu em 1980, com Knowles e Berry, correspondente ao maior volume que uma edificação pode ocupar num determinado terreno sem que esta prejudique o acesso ao sol e à luz natural na vizinhança. A ventilação também pode ser modificada devido à verticalização, ao alterar as direções dos ventos e a turbulência, podendo, inclusive, criar zonas de aceleração de vento em *canyons* urbanos.

Para analisar o comportamento térmico do *design* urbano, a relação entre altura do prédio e distância entre eles (H/W) é muito utilizada. Quanto menor o valor, mais “aberta” é a área. Oke (2007) estratificou esses valores, onde, por exemplo, se  $H/W > 2$ , corresponde a altas construções, representadas pelas torres do centro comercial, com aproximadamente 90% de solo impermeável.

Vista a relevância do planejamento das cidades, o objetivo da pesquisa foi mapear a quantidade de sombras promovidas pelas diferentes alturas dos edifícios, podendo inferir áreas de maior urbanização a partir de imagem de satélite.

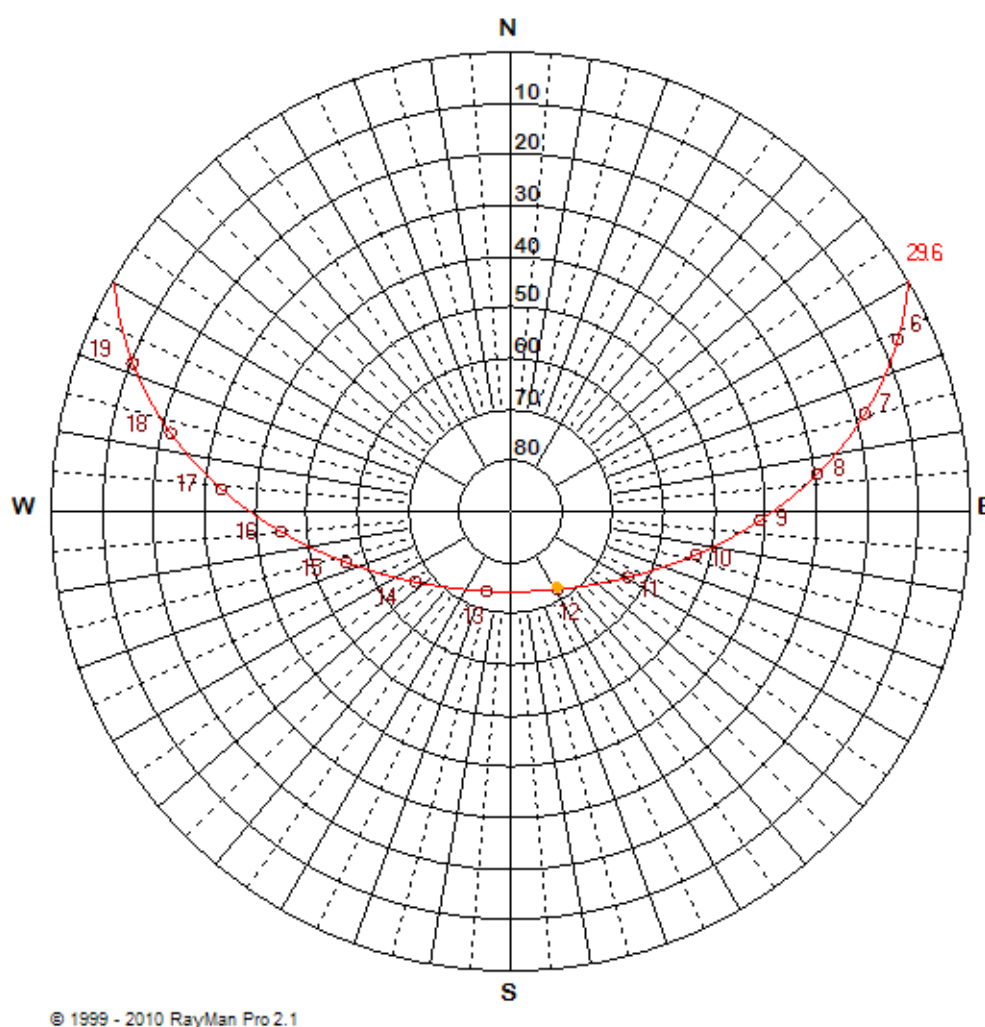
## Material e Métodos

A área de estudo foi Lisboa, capital lusitana, situada nas coordenadas geográficas 38°43' norte e 9°09' oeste, cujo clima é o tipo mediterrânico (Csa, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger), com inverno chuvoso e verão quente e seco; a precipitação anual média é de 726 mm (IPMA, 2012) e a população estimada é de 547.733 habitantes (INE, 2011), embora a designada “Grande Lisboa” (AML – Área Metropolitana de Lisboa) exceda os 2 milhões de habitantes.

A imagem utilizada foi de alta resolução, pertencente ao satélite WorldView-2, lançado em 2008 pela DigitalGlobe, possuindo 50 cm de resolução

espacial (pancromática) e 2 m (multiespectral), composto por 8 bandas multiespectrais, pertencente ao dia 29 de junho de 2010 (verão no hemisfério norte – Figura 01), tirada às 11h46, cujos limites geográficos adotados foram provenientes do CAOP 2014 (Carta Administrativa Oficial de Portugal), desconsiderando os limites que avançavam sobre o rio Tejo (“água”), uma vez que os limites oficiais extrapolavam em direção ao rio.

**Figura 01:** Diagrama solar correspondente ao dia da imagem utilizada (29 de Junho de 2010).



Elaborado com recurso do *software* Rayman (Matzarakis, 2007).

Desenvolvido na Universidade de Purdue, Indiana (EUA), por David Landgrebe e Larry Biehl da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computadores, ITaP (Information Technology at Purdue) e LARS (Laboratory for Applications of Remote Sensing), o MultiSpec foi o programa utilizado na análise de dados de imagens multiespectrais. Ele é portátil (não precisa de instalação), pequeno (5,76 MB), com interface agradável, processa bem em sistemas Windows 64 bits (ele é 32 bits) e também existem versões para MAC, tendo sido desenvolvido originalmente para esse sistema.

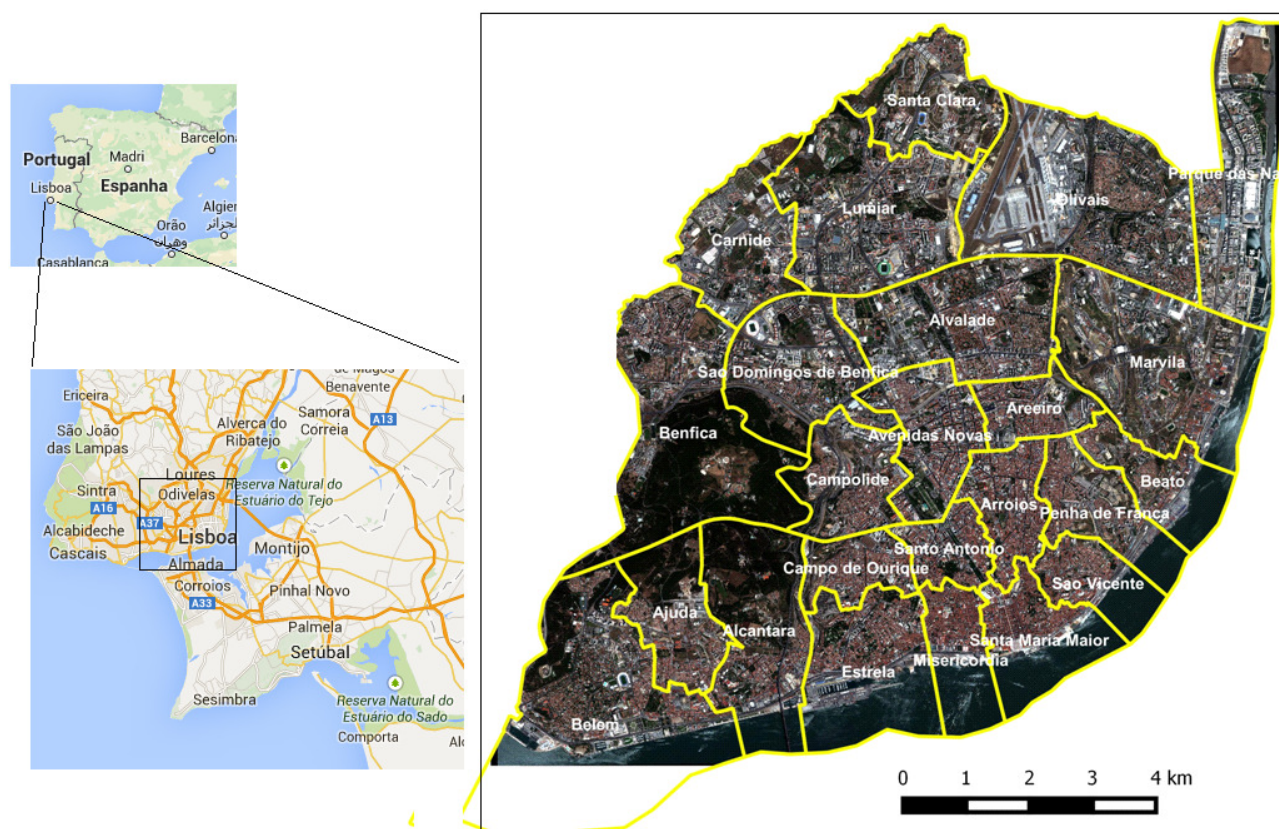
Para iniciar a classificação supervisionada, foi necessário criar um novo projeto e em seguida, criadas classes de uso do solo e as delimitações dos campos de teste e de treinamento. Foram consideradas oito classes, a saber: copa de árvore, relvado, asfalto, sombra, telha cerâmica, telha clara, concreto/pedra portuguesa e solo exposto/vegetação rala. A classe piscina, por ser extremamente rara e não aparecer na maioria das freguesias (correspondente ao termo “bairros”, no Brasil) foi omitida. Por comparação, o *software* estimou a quantidade e a porcentagem de cada classe, seguida da estatística do índice kappa. Fez-se a classificação supervisionada para cada uma das 24 freguesias do perímetro urbano da cidade de Lisboa, com o algoritmo *ECHO Classifier* e, posteriormente, para a cidade toda, originando uma tabela com a quantidade das respectivas classes e um mapa temático.

Em sequência, os valores obtidos da classificação supervisionada foram inseridos na tabela de atributos do Quantum GIS v. 2.6 (Brighton), de modo a elaborar, em escala de cinza, um mapa graduado de porcentagens de sombra oriundas da verticalização da cidade.

## Resultados e Discussão

A Figura 2 mostra os limites territoriais de Lisboa e a nova divisão das freguesias de Lisboa (CAOP, 2014).

**Figura 02:** Lisboa no contexto da Península Ibérica e na AML (área de Lisboa: 100,05 km<sup>2</sup>).



**Fontes:** Google Maps, imagem de alta resolução do satélite WorldView-2 e CAOP (Carta Administrativa Oficial de Portugal, 2014).

Por meio do Quantum Gis, uma vez o *shapefile* das freguesias sobreposto na imagem de alta resolução, fez-se um recorte para cada localidade e, com auxílio de programa MultiSpec, quantificou-se porcentagem de sombra projetada dos edifícios, baseado nas classes de uso do solo (Tabela 01).

**Tabela 01:** Quantificação de sombras projetadas para cada freguesia em Lisboa/Portugal.

Freguesia	Sombra (%)
Misericórdia	7,8
Arroios	5,2
Santa Maria Maior	4,0
Santo António	4,0
Avenidas Novas	3,7
São Domingos de Benfica	3,0
Areeiro	2,4
São Vicente	1,8
Campo de Ourique	1,8
Penha de França	1,8
Beato	1,7
Estrela	1,6
Alcântara	1,6
Campolide	1,5
Santa Clara	1,5
Parque das Nações	1,4
Alvalade	1,1
Carnide	1,1
Benfica	0,9
Marvila	0,9
Olivais	0,7
Ajuda	0,6
Lumiar	0,6
Belém	0,5
Lisboa (cidade)	1,3

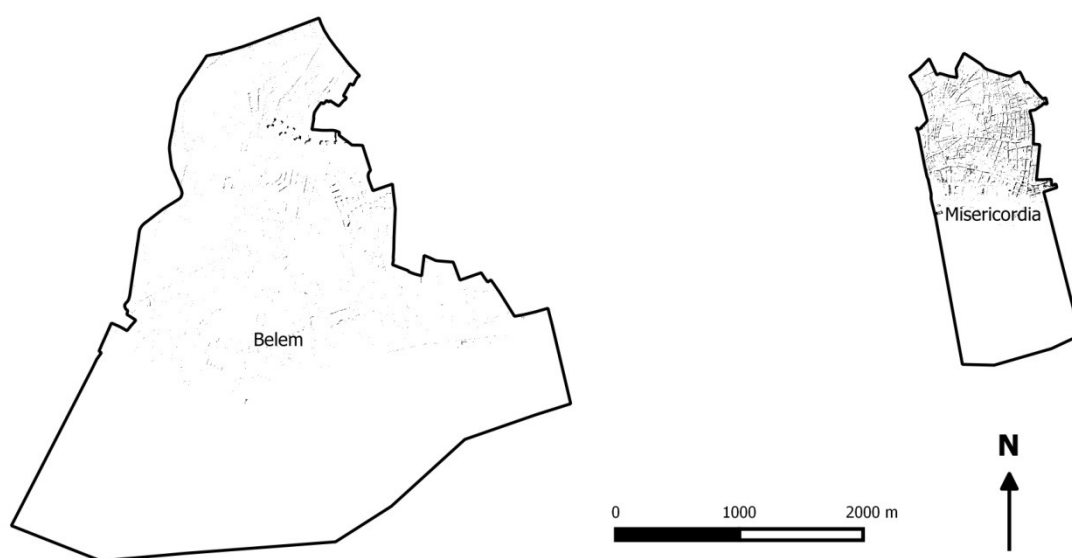
O índice kappa, capaz de avaliar a acurácia da classificação supervisionada, variou de 98,5% a 99,9%, indicando ótima classificação, onde é desejável valor acima de 80%.

É importante destacar que a sombra para Lisboa foi realizada através dos limites urbanos da cidade e não simplesmente fazendo-se a média entre os valores



das freguesias, visto que as elas diferem entre si quanto ao tamanho de suas áreas. Desse modo, obteve-se 1,3% de áreas com sombra para esta altura do ano. Individualmente, a maior porcentagem foi verificada na freguesia da Misericórdia, com 7,8% e a menor, em Belém, com 0,5% (Figura 03).

**Figura 03:** sombras nas freguesias com menor (Belém) e maior (Misericórdia) verticalização, nessa ordem.

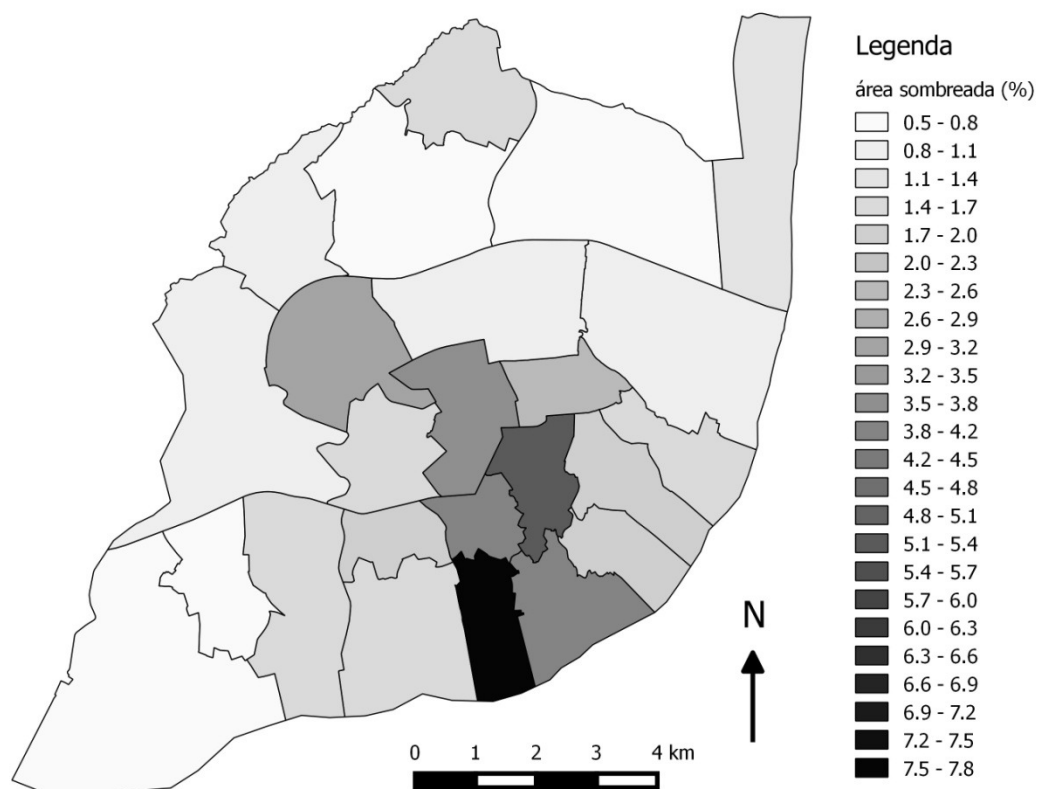


Elaborado pelos autores.

Deve-se frisar que a parte sul das freguesias encontra-se em branco devido à presença do rio Tejo, cujos limites do CAOP extrapolavam em direção ao rio. Para os cálculos das porcentagens, essa classe foi excluída (sempre que presente) e os cálculos, refeitos.

A Figura 04, elaborada com o *software* Quantum GIS, mostra a classificação dos sombreamentos numa escala graduada de níveis de cinza das freguesias com maior porcentagem.

**Figura 04:** Mapa temático da quantidade de sombra de edifícios, em porcentagens, em cada uma das 24 freguesias de Lisboa.



Elaborado com *software* Quantum GIS

Conforme se nota no mapa temático acima, pôde-se pressupor o grau de urbanização da cidade, baseado na quantidade de edifícios presentes no local, os quais produziram mais sombra na imagem de satélite, refletindo o “efeito chapéu”, ou seja, tem-se um centro comercial/residencial com muitos prédios altos e, à medida que se afasta em direção à periferia, as alturas médias tendem a diminuir.

## Conclusão

As freguesias da Misericórdia (7,8%), Arroios (5,2%), Santa Maria Maior (4,0%), Santo Antônio (4,0%) e Avenidas Novas (3,7%) foram as que mais apresentaram sombra de edificações, estando localizados na parte dos grandes centros comerciais de Lisboa, enquanto que Belém (0,5%), Ajuda (0,6%), Lumiar

(0,6%), Olivais (0,7%), Benfica (0,9%) e Marvila (0,9%), situados predominantemente nas periferias, tiveram os menores valores.

Os mapas graduados em escalas de cinza foram bem representativos quanto à localização espacial da verticalização. Essas informações são de extrema importância para o planejamento urbano, a fim de mapear zonas de elevado grau de adensamento e poder, assim, planejar infraestrutura adequada.

Quanto maior a latitude da área de estudo, mais fácil tende a ser a verificação das sombras das zonas mais urbanizadas, na qual o horário em que a imagem foi tirada também influencia. Em locais próximos à linha do Equador, cujas imagens retiradas ao meio-dia, em virtude da posição do sol a pino, é mais complicada a verificação das projeções de sombra dos edifícios.

Recomenda-se que futuras pesquisas comparem imagens de locais de diferentes latitudes e épocas do ano, como verão e inverno. Aqui foi estudada uma imagem do solstício de verão no hemisfério norte. Em imagens de inverno são esperados dias mais curtos devido à maior inclinação do sol e, conseqüentemente, a projeção das sombras dos edifícios será mais acentuada.

## Referências

- AKBARI, H.; ROSENFELD, A. H. Cool buildings and cool communities, In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUILDINGS AND THE ENVIRONMENT, 2, 1997, Paris. **Proceedings...** Paris: CSTB, 1997, v. 2, p. 301-308.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1998. 434 p.
- BRANDÃO, R. S. **Acesso ao sol e à luz natural: avaliação do impacto de novas edificações no desempenho térmico, luminoso e energético do seu entorno**. 2004. 156f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- BRUSE, M; FLEER, H. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. **Environmental Modelling & Software**, v. 13, p. 373-384, 1998.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, DIN 5034: Daylight in interiors, Part 1-2. Berlin, 1979.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação Natural**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975. 776 p.

INE. INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. **Censos 2011**. Disponível em: <<http://www.cm-lisboa.pt/municipio/demografia>>. Acesso em: 3 mar. 2015.

IPMA. INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA. Disponível em: <<http://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml>>. Acesso em: 3 mar. 2015.

KNOWLES, R. L.; BERRY, R. D. **Solar envelope concepts**: moderate density building applications: final report. Golden: Solar Energy Information Data Bank, 1980. 135 p.

LANDGREBE, D.; BIEHL, L. **MultiSpec Manual**. 2001. Disponível em: <[https://engineering.purdue.edu/~biehl/Wetlands/MultiSpec\\_Tutorial.pdf](https://engineering.purdue.edu/~biehl/Wetlands/MultiSpec_Tutorial.pdf)>. Acesso em: 11 dez. 2014.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. Modeling radiation fluxes in simple and complex environments-application of the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, v. 51, n. 4, p. 323–334, 2007.

OKE, T. R. Siting and Exposure of Meteorological Instruments at Urban Sites. In: BORREGO, C.; NORMAN, A. L. (Ed.). **Air Pollution Modeling and its Application XVII**. Springer, 2007. p. 615 – 631.

SANTAMOURIS, M. Energy and indoor climate in urban environments: recent trends. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4, 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: ENCAC, 1997, p. 15-24.

XAVIER-DA-SILVA, J.; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento & Análise Ambiental**: Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 115 p.