



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

METODOLOGIA PARA ANÁLISE E QUANTIFICAÇÃO DE SOMBREAMENTO PROVENIENTE DE EDIFICAÇÕES DE ENTORNO SOBRE ESPAÇOS PÚBLICOS ABERTOS

Jeanne Moro (1); Eduardo Krüger (2); Silvana Camboim (3);

- (1) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, arquiteta, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 – Ecoville, CEP 81280-340, Curitiba/PR, jeannemoro@gmail.com
- (2) Dr., Professor do Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 – Ecoville, CEP 81280-340, Curitiba/PR, ekruger@utfpr.br
- (3) Dr^a., Professora do Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Centro Politécnico – Jardim das Américas, Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba/PR, silvanacamboim@gmail.com

RESUMO

Este artigo faz parte de um estudo mais amplo, e tem por objetivo apresentar a metodologia desenvolvida para realizar a estimativa de sombreamento proveniente de edificações de entorno imediato através de ferramentas livres de Sensoriamento Remoto e SIG. Para validação foi feito um estudo na Praça do Japão, localizada num setor de grande densidade urbana e edificações de grande altura na cidade de Curitiba/PR. Foram feitas simulações nas datas do solstício de verão, do equinócio de primavera e do solstício de inverno, todos num mesmo intervalo de horas. Foram gerados mapas de visualização e quantificação para a realização das análises. A metodologia proposta mostrou-se confiável e replicável, e como que integra simulações que podem ser executadas em parte de forma automatizada, permite que os planejadores urbanos possam aplicá-lo no desenvolvimento de planos diretores ou análises urbanas de zoneamento.

Palavras-chave: sombreamento, sensoriamento remoto, planejamento urbano.

ABSTRACT

This article is part of a larger study, aimed at presenting a methodology to perform the estimation of shading from surrounding buildings by freely available Remote Sensing and GIS tools. For the validation, a study was conducted in Japan Square, located in an area of high urban density and high-rise buildings. In the city of Curitiba/PR. Simulations were performed during the summer solstice, the spring equinox and the winter solstice, all within a same range of hours. Visualization and quantification maps were generated for the analysis. The proposed method proved to be reliable and replicable, and due to its simplicity and integrated simulation nature, the method can be used in an automated way, allowing urban planners to apply the method in the development of master plans or urban zoning analyzes.

Keywords: shadow, remote sensing, urban planning.

1. INTRODUÇÃO

A luz solar, um dos fatores que podem influenciar no uso dos espaços abertos, pode estimular atividades ao ar livre e melhorar as características arquitetônicas do espaço público. Por outro lado, sombreamentos indesejados podem afetar, além do fator de uso do espaço, o ciclo de crescimento das plantas, e o significado arquitetônico dos recursos construídos (USA, 2014).

Alguns autores identificaram que o sombreamento é um fator impactante no uso dos espaços. Oke (1988) afirma que o acesso solar é importante para proporcionar luz diurna suficiente para contribuir no conforto ambiental e atitude psicológica dos pedestres. Segundo Waldron e Salazar (2013) o uso dos espaços públicos é extremamente condicionado pela disponibilidade de radiação solar e pode ser prejudicado por anteparos edificados. Também Huang *et al.* (2015) afirmam que dentre os vários atributos ambientais dos espaços abertos, o sombreamento pode bloquear a radiação solar e influenciar o ambiente térmico. Outro exemplo é o estudo de Lin *et al.* (2013), realizado em um parque público urbano na cidade de Chiayi City, Taiwan, no qual foi observado que, em estações frias do ano, em as áreas permanentemente com acesso solar, sem sombras, o número de visitantes aumentou seguindo o aumento nas condições térmicas, enquanto que o número de visitantes diminui durante as estações quentes.

O estudo do sombreamento pode auxiliar e fornecer subsídios ainda durante a etapa de planejamento urbano, como por exemplo na definição dos zoneamentos, e no planejamento dos espaços públicos abertos, contribuindo para a análise da distribuição dos subespaços e dos elementos componentes. Além disso pode atuar como ferramenta de avaliação do impacto de novas edificações de entorno com o objetivo de maximizar o uso/apropriação dos espaços nas diferentes estações do ano. Dados abertos e softwares específicos ou ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica livres podem ser utilizados para a geração de mapas de visualização do sombreamento no local e também permitir diferentes tipos de análises de sombra, espaciais e quantitativas, em diferentes períodos do ano.

Os estudos que têm foco na estimativa de sombreamento em espaços públicos abertos, tema deste estudo, não são muito numerosos. Dentre eles pode-se citar Yezioro e Shaviv (1994) que foram precursores ao desenvolver um método e ferramenta para visualizar e analisar sombreamento entre edificações, o método permite o cálculo da relação entre área de superfície insolada e área total de qualquer objeto examinado que esteja sombreado por outros elementos irregulares e não planares, onde o acesso solar é definido de acordo com o azimute e a altitude do sol no momento específico do exame. Já Leveratto (2002) analisou potenciais modificações hipotéticas na forma urbana para permitir maior acesso solar no inverno através de ferramentas de simulação no Autocad®, como resultado a autora estipulou que a diminuição de 10% da altura das edificações das áreas analisadas poderia beneficiar muitos residentes, e melhorar as condições microclimáticas em áreas de espaços públicos, pois permitiria um maior acesso solar nestes espaços no período de inverno. Yezioro *et al.* (2006) apresentaram um estudo sistemático de projetos de construção no entorno de praças, considerando-as na latitude 32° Norte, para determinar como as diferentes proporções de praças e alturas dos edifícios de entorno influenciam a insolação da praça no inverno, a partir do método desenvolvido por Yezioro e Shaviv (1994). Ribeiro *et al.* (2010) apresentaram uma metodologia para obtenção de mapas de insolação e análise do sombreamento provocado pelas edificações, utilizando-se de um *software* SIG e do *software* Google SketchUp®. Waldron e Salazar (2013) utilizaram-se de ferramentas no Autocad® para calcular as áreas de radiação solar em espaços abertos através de simulações. Piaskowy e Krüger (2015) analisaram o impacto das altas edificações em três áreas de estudo localizadas em eixos estruturais na cidade de Curitiba através do *software* Google SketchUp®. Miranda *et al.* (2017) desenvolveram um algoritmo para a visualização do acúmulo de sombras na cidade de Nova Iorque (Figura 1). Dentre os autores citados, somente Ribeiro *et al.* (2010) e Miranda *et al.* (2017) utilizam-se de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica – SIG e/ou Sensoriamento Remoto para realizar seus estudos, os demais foram realizados com outras ferramentas de *softwares* proprietários.

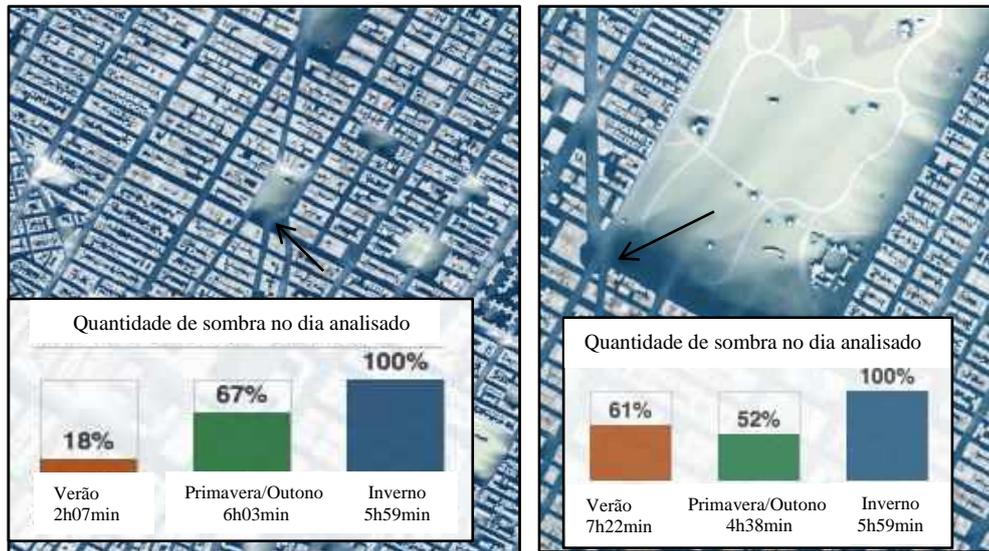


Figura 01 - Mapa de acúmulo de sombras para Nova Iorque (Bui, White 2017).

2. OBJETIVO

Este artigo parte de um estudo mais amplo que tem como foco a classificação do nível de sombreamento de alguns espaços públicos de lazer na cidade de Curitiba/PR. Tem por objetivo apresentar a metodologia desenvolvida para realizar a estimativa de sombreamento proveniente de edificações de entorno imediato através de ferramentas de Sensoriamento Remoto e de *software* livre SIG, e alguns dos resultados preliminares obtidos através das análises em um dos espaços. Tem o intuito de ser replicável, sendo que os estudos similares internacionais se utilizam somente de ferramentas/*softwares* proprietários. Por ser um método que integra simulações que podem ser executadas em parte de forma automatizada, torna o processo menos laborioso, e permite que os planejadores urbanos ou órgãos públicos interessados possam aplicar o método no desenvolvimento de planos diretores ou análises urbanas de zoneamento, de forma que obtenham uma resposta rápida para análises desejadas.

3. MÉTODO

Para a verificação do impacto causado pelas projeções das sombras provenientes das edificações sobre os espaços urbanos, se faz necessária a realização de simulações computacionais.

3.1. Local de Estudo

O estudo foi realizado para Curitiba/PR, capital do estado do Paraná, ocupa uma área de 435,036 km² (IBGE, 2017). Localiza-se no Primeiro Planalto do Paraná com uma altitude média de 908 metros acima do nível do mar com relevo levemente ondulado. Situa-se aproximadamente a 25° 25' 48" de latitude sul e 49° 16' 15" de longitude oeste, fuso horário igual ao da cidade de Brasília, UTC-3. Segundo a classificação de Köppen, a cidade de Curitiba localiza-se em região climática do tipo Cfb, com clima subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes e ocasionais precipitações de neve. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (Brasil, 2018), Curitiba apresenta temperatura média de 22,5°C no verão e 15,5°C no inverno, pluviosidade anual de 1650 mm/ano.

Com áreas verdes idealizadas ainda no primeiro Plano Diretor da cidade desenvolvido em 1943 pelo urbanista francês Alfred-Donat Agache, executado para organização formal do espaço urbano (SANTOS, 2015). A cidade é conhecida nacionalmente pelo número e qualidade de suas áreas verdes urbanas. De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMMA, Curitiba possui 453 praças, totalizando uma área de 2.705.038 m² (IPPUC, 2010). Além disto, a cidade possui inúmeros jardins, jardins ambientais, parques, bosques e largos. O IPPUC disponibiliza vários dados em meio digital, dentre eles os referentes às praças e aos bairros de Curitiba (IPPUC, 2010; IPPUC, 2015).

Os resultados apresentados neste estudo relacionam-se à Praça do Japão, localizada no Setor Especial Estrutural, na região do bairro Água Verde, com uma área total de 8.420,00 m². Localizada entre os corredores estruturais da Av. Sete de Setembro e da Av. República Argentina, a praça possui uma morfologia urbana de entorno densa e com grandes alturas (Figura 3), o que gera grande sombreamento sobre a praça.



Figura 02 - Praça do Japão e edificações de entorno (Google Earth Pro, 2017).

3.2. Metodologia das simulações

Para a realização de simulações de sombreamento de edificações de entorno sobre espaços públicos abertos foram utilizados os softwares QGIS versão 2.14.3-Essen, e o Package Shadow do software de estatística R versão 3.3.3.

O sistema R é um software livre para computação estatística e gráficos. De acordo com Bivand *et al.* (2008), a sua capacidade de analisar e visualizar dados torna o software R uma boa escolha para a análise de dados espacial. Para alguns projetos de análise espacial, usar apenas R pode ser suficiente, mas em muitos casos o software R é usado em conjunto com um software de SIG, assim como com uma base de dados SIG. Nele são disponibilizados os chamados pacotes (*packages*) que são bibliotecas contendo funções e dados utilizados para finalidades específicas. Segundo os autores, desde a década de 1990 o software R possui um número crescente de pacotes que contribuem para manipulação e análise de dados espaciais.

Dentre eles, o pacote “Shadow” de análise de sombreamento em meio urbano desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Ben-Gurion University of the Negev. Segundo os desenvolvedores Dorman *et al.* (2017), esses tipos de cálculos geralmente são restritos a *softwares* proprietários que lidam com modelos 3D, onde o foco é a visualização em vez de análise quantitativa. O pacote “Shadow” possui diversas funções, sendo as principais “shadowHeight”, “shadowFootprint” e “Sky ViewFactor- SVF”. A primeira função, “shadowHeight”, calcula a altura da sombra em determinados pontos ou a grade completa, levando em consideração: esboços de obstáculos, dados por uma camada poligonal com um atributo de altura e a posição do sol, dada pelo azimute e ângulos de elevação (Figura 2).

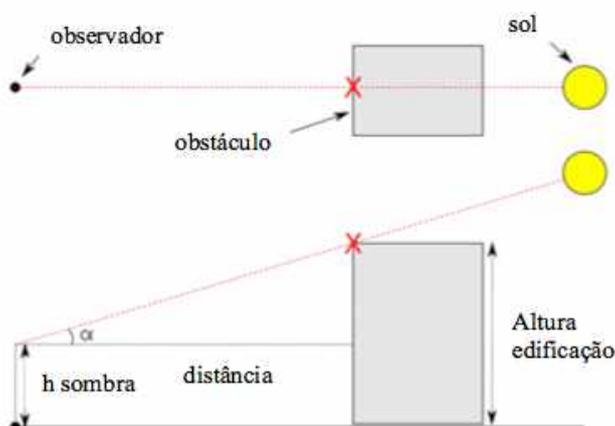


Figura 03 – Método de obtenção da altura da sombra (Dorman et al., 2017).

Ainda de acordo com Dorman *et al.* (2017), o Pacote de Sombra opera em uma camada vetorial de contornos de construção juntamente com suas alturas. Portanto, as estimativas da sombra resultantes correspondem ao ambiente urbano, como edifícios ou fachadas individuais. Deve-se notar que a abordagem assume um terreno plano e sem obstáculos (por exemplo, árvores) exceto os edifícios, o que pode ser inadequado em certas situações de análise.

O método de simulação a partir do Package Shadow no software R foi validado através de simulação feita sobre a imagem de satélites de alta resolução da cidade de São Paulo, disponibilizadas como amostras pela Digital Globe. Após a geração da referida sombra o arquivo foi transferido para o software QGIS e sobreposto à imagem raster da Digital Globe (2017), empresa de imagens de satélite, informações geoespaciais e inteligência baseada em localização. Na imagem o polígono de uma edificação à oeste na figura aparece ligeiramente deslocado, pois na imagem de satélite a edificação aparece distorcida (Figura 4).



Figura 04 - Sobreposição da sombra simulada sobre a imagem raster de São Paulo.

Os dados necessários para as análises foram obtidos através de bancos de dados disponibilizado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC (2003; 2019) sendo: um arquivo tipo raster contendo a ortofoto da área de estudo, e um arquivo em formato *shapefile* do arruamento das quadras da cidade de Curitiba.

Tendo como base os arquivos dos dados cadastrais disponibilizados, foi elaborado no *software* QGIS um arquivo formato *shapefile* dos polígonos da morfologia urbana imediata ao redor do espaço objeto de estudo. Todas as camadas foram adicionadas no Sistema de Referência de Coordenadas Planas SIRGAS 2000/ UTM ZONE 22S, código EPSG:31982. As edificações foram desenhadas com base nas ortofotos, porém alternativamente, dados abertos disponíveis no OpenStreetMap podem ser usados para a localização das edificações. Para cada polígono foi atribuída a altura obtida através da ferramenta de medição do Google Earth Pro, recurso este validado por meio de comparação através de medição *in loco* da altura do edifício Administrativo do Centro Politécnico da UFPR, com Estação Total Leica TPS407, versus altura obtida através do plug-in do Google Earth Pro. O resultado com diferenças mínimas entre as medições demonstra ser viável a utilização da ferramenta virtual (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados de medição *in loco* versus *Google Earth Pro 3D*[®]

Data da imagem	Altura obtida medição <i>in loco</i> (m)	Altura obtida medição <i>Google 3d</i> [®] (m)	Diferença entre a altura da medição <i>in loco</i> e medição <i>Google 3d</i> [®] (m)	Diferença Entre Medições (%)
31/08/12	27,875	27,25	0,625	2,2

Na sequência, tendo como base o arquivo formato *shapefile* dos polígonos das edificações de entorno gerado, foi executada a simulação da trajetória das sombras das edificações de entorno imediato, com a utilização do plug-in “Package Shadow” desenvolvido por Dorman *et. al* (2017), no software de estatística R. Foram feitas simulações escolhendo-se diferentes épocas do ano, mais especificamente na data do solstício de inverno, na data do solstício de verão e na data do equinócio de primavera. Simuladas a cada 15 minutos, no período das 8h às 16h, totalizando 33 arquivos no formato *shapefile* para cada data. Para cada simulação, foram aplicadas as etapas de geração do sombreado de acordo com o código aberto disponibilizado pelos autores.

Posteriormente, no software QGIS, os arquivos das sombras gerados no software R foram transformados em arquivos formato raster. Todos os arquivos formato raster, com resolução de 50 centímetros, possuem a mesma extensão, tendo sido para isto criado o polígono envolvente com as dimensões das coordenadas E e N mínimas (canto inferior esquerdo) e máximas (canto superior direito). A partir da Álgebra de Mapas foram gerados os Mapas de Acúmulos de Sombra, que representam visualmente a quantidade de sombra acumulada no período analisado a partir de um degrade de cores, e os Mapas de

Zoneamento das Sombras, que dividem o espaço em zonas de acordo com o período de horas atingido pelo sombreamento, sendo estes divididos entre até 03 horas, de 03 a 05 horas e com mais de 05 horas (Figura 5).

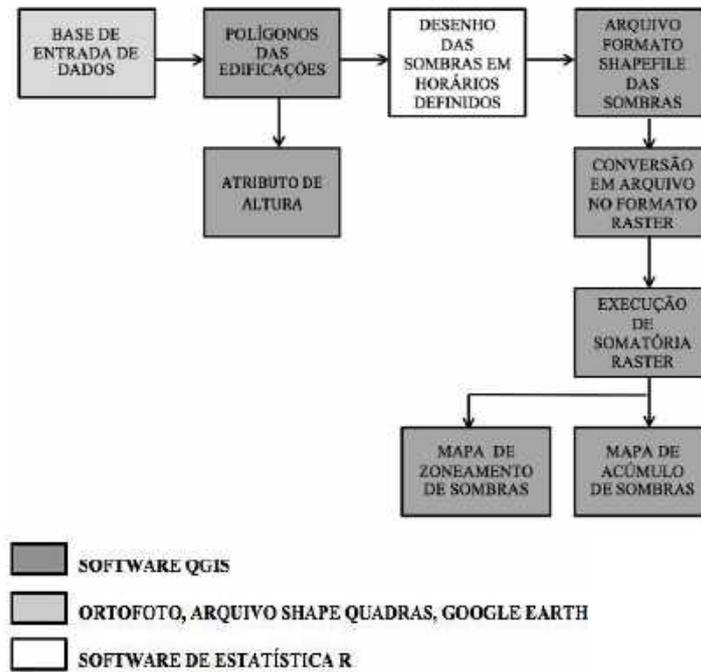


Figura 5 - Fluxograma etapas simulação sombreamento.

3.3. Etapas de desenvolvimento das simulações

A partir da ortofoto da região da praça do Japão disponibilizada pelo banco de dados do IPPUC foram desenhados os polígonos dos edifícios de entorno imediato da praça com potencial de sombreamento da praça, num total de 17 (Figura 6), e atribuídas suas respectivas alturas obtidas através do recurso do Google Earth Pro 3D.

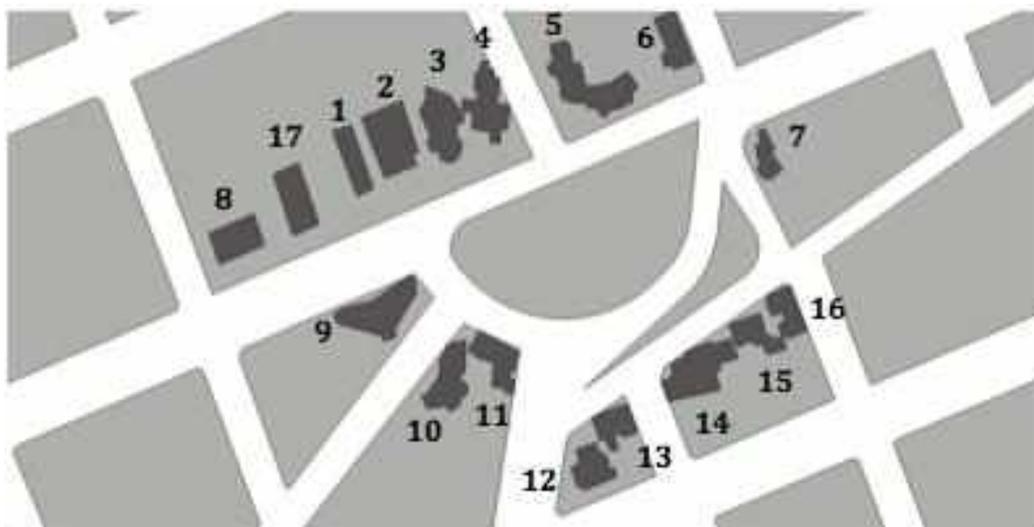


Figura 6 - Polígonos dos edifícios de entorno da Praça do Japão-Software QGIS.

A partir da função “shadowFootprint” no software R as simulações das sombras foram executadas, a princípio, nas datas de solstício de verão, equinócio de primavera e solstício de inverno (Figura 7A). Todos os arquivos tipo *shapefile* das simulações realizadas a cada 15 minutos, num total de 33 arquivos, executadas no *software R* através do plug-in “Shadow, foram inseridos no QGIS (Figura 7B).

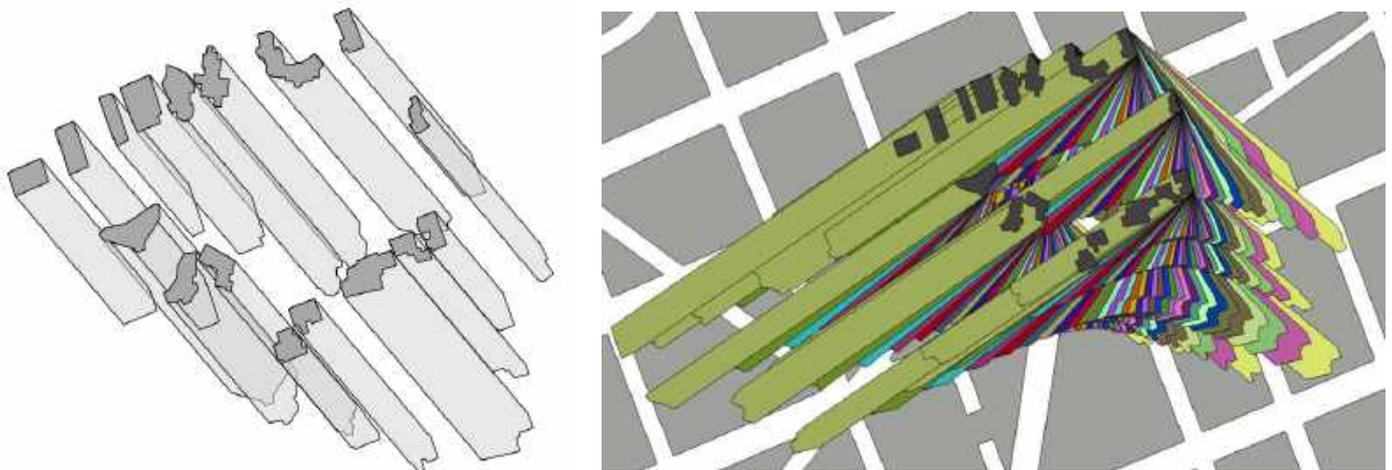


Figura 7 - (A) Simulação de sombreamento dos edifícios de entorno da Praça do Japão no horário das 15:00 horas no solstício de inverno (21/06/2016)– Package Shadow - Software R; (B) Arquivo no formato shapefile de sombreamento dos edifícios de entorno da Praça do Japão das 8h as 16h no solstício de inverno (21/06/2016)– Software QGIS.

A seguir, foi criado um polígono nos dois horários extremos, camadas das 8h e 16h, a partir da ferramenta de extensão de camada existente no software QGIS. Posteriormente, todos os arquivos no formato *shapefile* individualmente foram convertidos em raster com resolução de 50 centímetros.

Para finalizar, os arquivos no formato raster foram somados, gerando o mapa acúmulo das sombras em cada uma das datas escolhidas para a realização do estudo.

Costa (2018) automatizou o processo descrito anteriormente, com o intuito de facilitar e agilizar o processo de geração das sombras. A partir da programação de linguagem Python, um script que dialoga com o software R, foi gerado um plug-in que roda no software QGIS, na plataforma Linux. Nele são inseridos pelo usuário os dados de entrada, que são: o arquivo shapefile dos polígonos das edificações de entorno com o atributo das alturas das edificações, a nomenclatura aplicada do atributo mencionado, as datas e faixas de horário das simulações, além do local onde o arquivo de saída deve ser salvo. Como resultado é gerado o arquivo no formato raster da somatória das sombras (Figura 8).

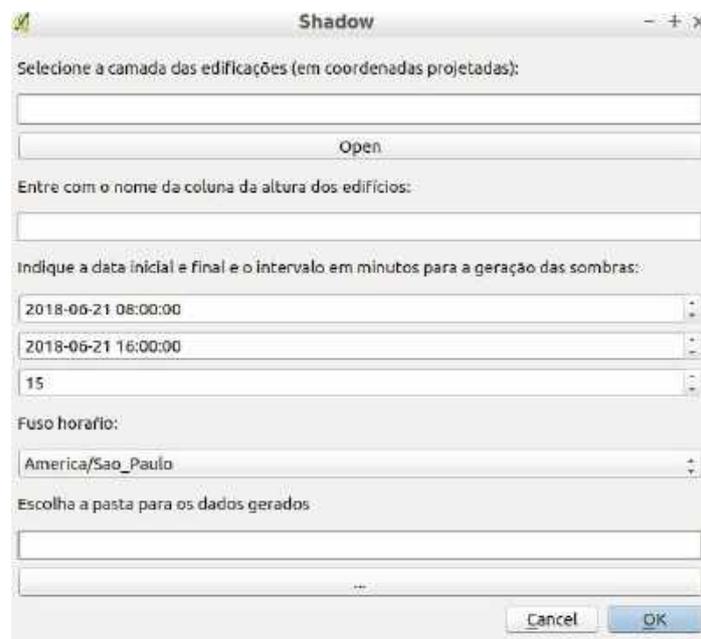


Figura 8 - Layout do plug-in de automação processo de geração de sombras (COSTA, 2018)

O tipo de renderização adotada foi banda simples falsa cor, em modo contínuo, com 9 classes de valores correspondentes de sombreamento que variam de 0.1 a 33. Foram considerados 4 arquivos para cada hora de sombreamento. Foram adotadas as paletas de cores: azul para inverno, laranja para verão e lilás para primavera.

4. RESULTADOS

A área analisada da praça estudada engloba aproximadamente 7.500 m². Foram analisados e elaborados os mapas de acúmulo de sombras no espaço, e de zoneamento destas sombras em três datas: solstício de verão, equinócio de primavera e solstício de inverno. É importante salientar que não foi considerado o sombreamento proveniente da arborização.

Comparando-se os Mapas de Acúmulo de Sombras nas diferentes datas analisadas, foi possível observar que, no solstício de inverno, grande parte da área da Praça do Japão fica sombreada, o que pode influenciar na queda da quantidade de usuários que frequentam o local quando há baixas temperaturas. Durante o solstício de verão, dia de melhor situação de acesso solar no ano, pôde-se observar que o sombreamento das edificações atinge uma menor parte da praça. No equinócio de Primavera, o sombreamento pareceu ficar similar ao do solstício de verão. Já no solstício de inverno grande parte da área parece ser atingida pelo sombreamento proveniente das edificações de entorno no intervalo horário analisado (Figura 9).

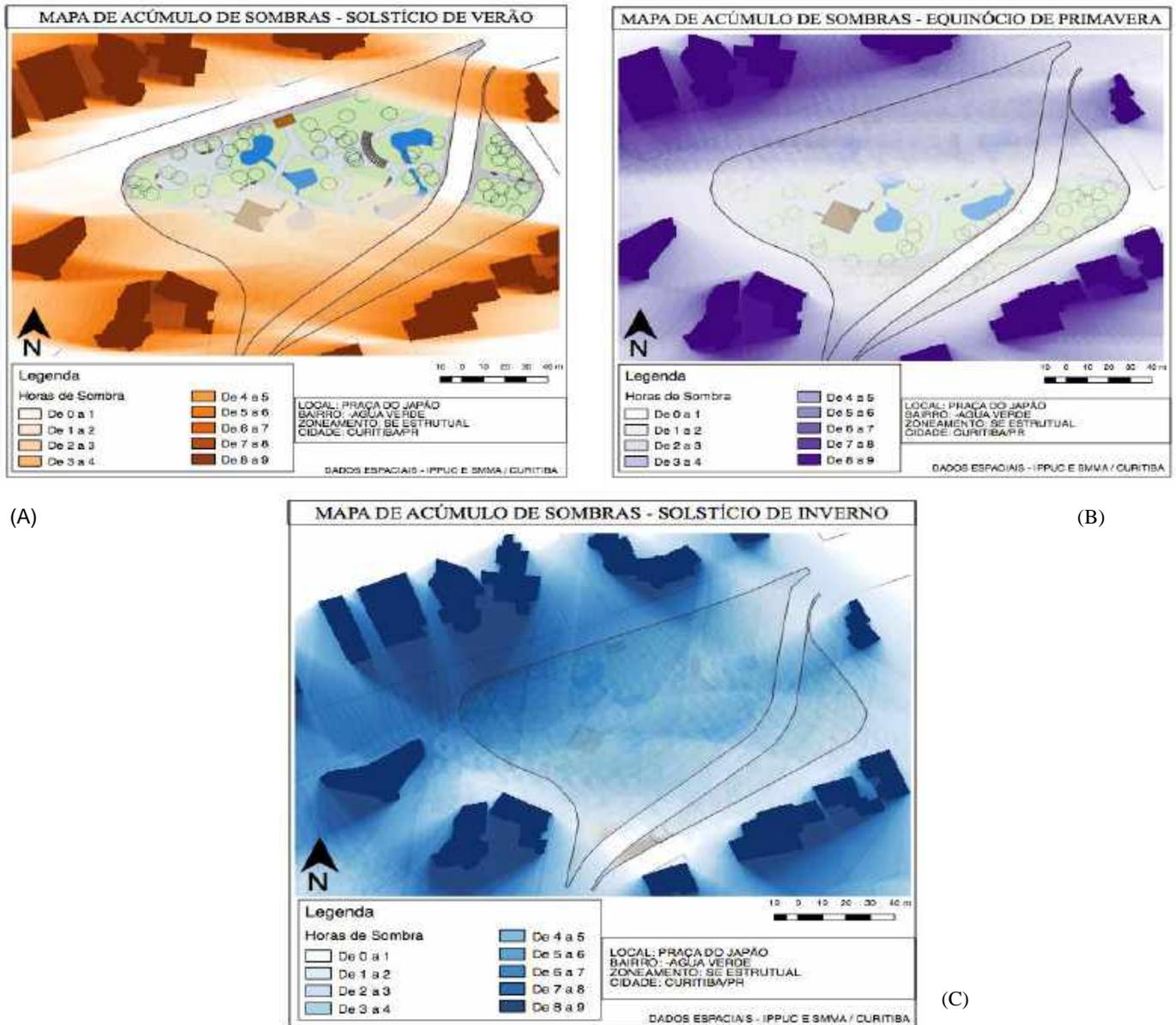


Figura 9 - Mapas de Acúmulo de sombras na Praça do Japão – (A) Solstício de verão, (B) Equinócio de Primavera e (C) Solstício de inverno.

Já através das análises quantitativas pôde-se observar, em números, as diferenças entre as áreas atingidas pelo sombreamento nos diferentes intervalos de horários (Tabela 2).

Tabela 10 - Resumo de áreas da praça atingidas pelo sombreamento das edificações no solstício de verão, equinócio de primavera e solstício de inverno.

Horas de sombra	Área solstício de Verão (m ²)	%	Área equinócio de Primavera (m ²)	%	Área solstício de Inverno (m ²)	%
Até 3 horas	7.302	97%	5.300	70%	445	6%
De 3 a 5 horas	218	3%	2.220	30%	4.872	65%
Mais de 5 horas	-	-	-	-	2.203	30%

Nos Mapas de Zoneamento de Sombras pôde-se observar as áreas atingidas nos intervalos de horários analisados. Foi possível também observar que a análise de sombreamento proveniente das edificações pode ser interessante quando aplicada na etapa de planejamento e concepção dos espaços públicos abertos a fim de ajudar a setorizar as atividades e setores, dependendo do grau de acesso solar necessário para cada uma delas, de acordo com o entorno existente (Figura 10).

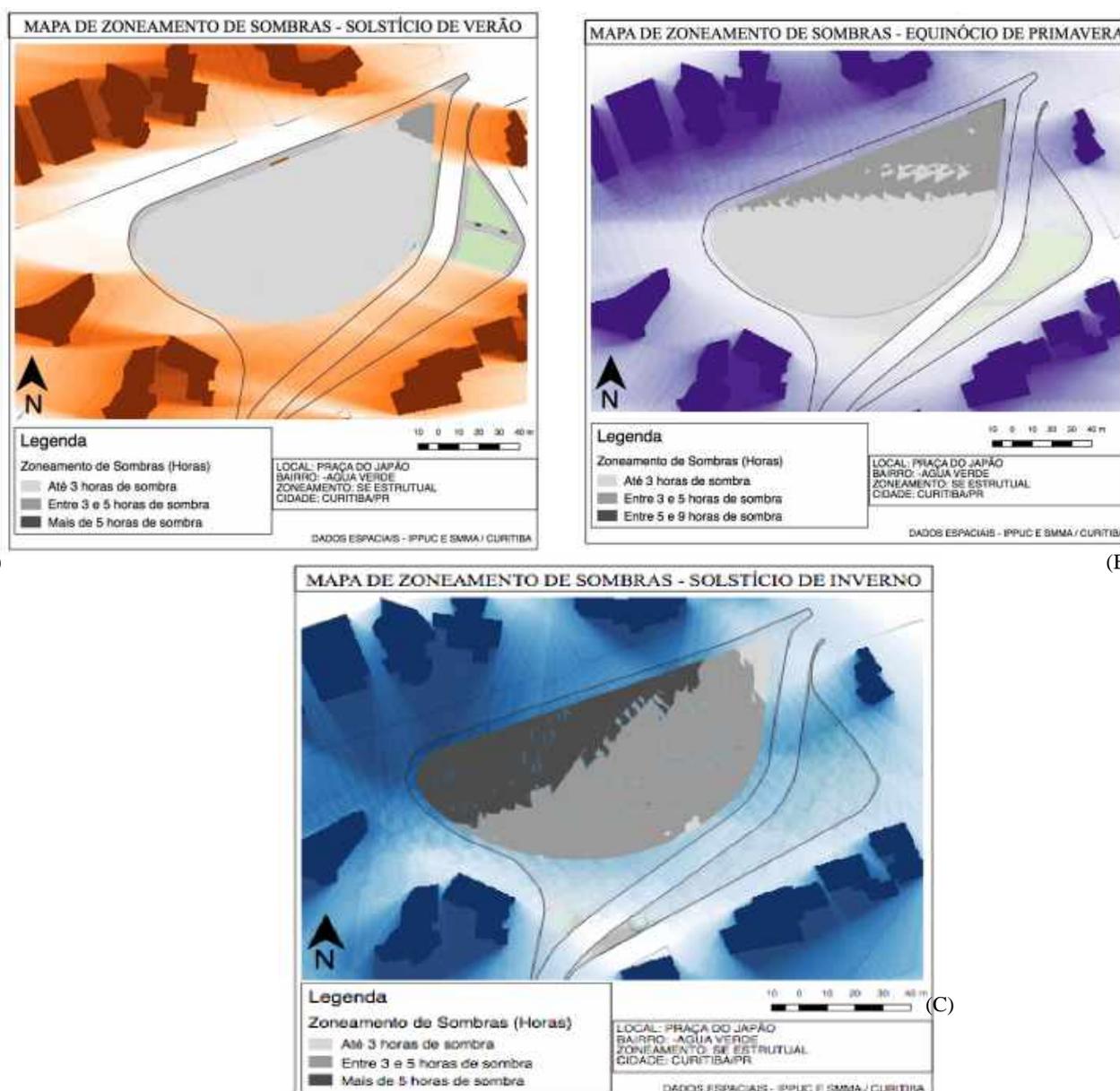


Figura 11 - Mapas de zoneamento de sombras na Praça do Japão – (A) Solstício de verão, (B) Equinócio de Primavera (b), Solstício de inverno (c)

5. CONCLUSÕES

Quanto ao método proposto neste trabalho a partir de imagens de satélite e utilizando-se de ferramentas

aplicadas a softwares livres de SIG, com o objetivo de analisar a influência do sombreamento sobre os espaços públicos abertos, este mostrou-se confiável e replicável, podendo ser útil desde as etapas iniciais do planejamento destes espaços ou do planejamento urbano, como também para readequações de espaços existentes atuando como ferramenta de análise do impacto do sombreamento.

Aplicado sobre a Praça do Japão, em Curitiba, foi possível quantificar as horas de sol/sombra proveniente das edificações de entorno e visualizar os resultados através dos mapas gerados em algumas datas específicas, pôde-se averiguar e quantificar o impacto do sombreamento proveniente das edificações de entorno imediato ao local. Devido às grandes alturas das edificações permitidas pelo zoneamento urbano na região, resultou em uma grande área de sombreamento, principalmente durante o solstício de inverno, o que poderá influenciar negativamente na quantidade de usuários que frequentam o local no período de inverno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIVAND, R. S. ; PEBESMA, E. J. ; GÓMEZ-RUBIO V. **Use R! Applied Spatial Data Analysis with R.** (Vol. 747248717). New York: Springer. (2008).
- BRASIL, Instituto Nacional De Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil. Período de 1981-2010.** (2018),
- BUI, Q. WHITE, J. **The Struggle for Light and Air in America's Largest City.** The New York Times. (2017),
- COSTA, H. da. **Criação de ferramenta para projeção do sombreamento de edifícios.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Paraná. (2018)
- DIGITAL GLOBE. **Product Samples.** Website. 2017. Disponível em: <https://www.digitalglobe.com/samples>
- DORMAN, M.; VULKAN, A.; ERELL, E.; KLOOG, I. **Introduction to package shadow.** (2017).
- EMAASIT, D. **Applied Spatial Data Science with R.** Disponível em: <https://blog.dominodatalab.com/applied-spatial-data-science-with-r/>. (2016).
- HUANG, K., LIN, T., LIEN, H. **Investigating Thermal Comfort and User Behaviors in Outdoor Spaces : A Seasonal and Spatial Perspective.** Hindawi Publishing Corporation. *Advances in Meteorology*. Volume 2015, Article ID 423508. (2015)
- IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Curitiba-Paraná, Infográficos – Dados gerais do município.** (2017).
- IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Curitiba em Dados –Praças por Bairro, Regional e Localização em Curitiba.** (2010).
- IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Nossos Bairros.** (2015).
- IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Geodownloads – Dados Geográficos.** Disponível em: <http://ippuc.org.br/geodownloads/geo.htm>. 2019. Acessado em: Abril/2019.
- IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Geodownloads – Imagens - Ortofotos.** Disponível em: <http://ippuc.org.br/geodownloads/geo.htm>. 2003. Acessado em: Agosto/2017.
- LEVERATTO, M. J. **Urban planning instruments to improve winter solar access in open public spaces.** *Environmental Management and Health*, Vol. 13 Issue: 4, pp.366-372. (2002).
- LIN, T., TSAI, K. T., LIAO, C. C., HUANG, Y. C. **Effects of thermal comfort and adaptation on park attendance regarding different shading levels and activity types.** *Building and Environment* 59, 599e611. (2013).
- MIRANDA, F.; DORAISWAMY, H.; LAGE, F.; WILSON, L.; HSIEH, M.; SILVA, C. T. **Shadow Accrual Maps: Efficient Accumulation of City-Scale Shadows over Time.** Submitted to *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. XX, no X. (2017).
- OKE, T. R. **Street Design and Urban Canopy Layer Climate.** *Energy and Buildings*, 11, 103 – 113. (1988).
- PARANÁ, Curitiba. **Leis Municipais.** Disponível em: <http://leismunicipa.is/jlkpa>. (2017).
- PIASKOWY, N. A.; KRÜGER, E. **Análise do impacto na incidência solar pelos setores estruturais nas quadras adjacentes em Curitiba – Paraná.** XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. (2015).
- RIBEIRO, C. A. MATOS DE CARVALHO, H. SANTOS, M. **Metodologia para análise do sombreamento em centros urbanos.** III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife/PE. (2010).
- SANTOS, J. C. M. O. CMC - Câmara Municipal de Curitiba. **Conheça a História dos Planos Diretores de Curitiba – Parte 1.** 09/11/2015. Disponível em: http://www.cmc.pr.gov.br/ass_det.php?not=25680#&panel1-1
- USA, City of New York. **The SEQR Technical Manual Changes.** March 2014 Edition .Office of Environmental Coordination. (2014).
- WALDRON, J. A.; SALAZAR, J. H. **Calculation of areas of permanence in public spaces, according to solar radiation simulated conditions.** A. Marcus (Ed.): *DUXU/HCI 2013, Part III, LNCS 8014*, pp. 215–223. Springer. (2013).
- YEZIORO, A.; SHAVIV, E. **Shading: A design tool for analyzing mutual shading between buildings.** *Solar Energy* Vol. 52, No. 1, pp. 27-37. (1994)
- YEZIORO, A.; CAPELUTO, I.G.; SHAVIV, E. **Design guidelines for appropriate insolation of urban squares.** *Renewable Energy* 31. Elsevier. (2006).